



МОЛОДАЯ МЫСЛЬ: НАУКА, ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ



**Материалы IX(XV) Всероссийской научно-технической
конференции студентов, магистрантов, аспирантов и
молодых ученых
20-24 марта 2017 года**

Братск 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Молодая мысль:
наука,
ТЕХНОЛОГИИ,
ИННОВАЦИИ**

**Материалы IX(XV) Всероссийской
научно-технической конференции
студентов, магистрантов, аспирантов
и молодых ученых
20-24 марта 2017 года**

**Братск
Издательство Братского государственного университета
2017**

УДК 72:624

Молодая мысль: наука, технологии, инновации: материалы IX (XV) Всероссийской научно-технической конференции. – Братск: Изд-во БрГУ, 2017. - 476 с.

Доклады и сообщения отражают основные результаты научно-исследовательской деятельности научно-педагогических работников, студентов, магистрантов, аспирантов Братского государственного университета и других вузов России по широкому кругу вопросов.

Редакционная коллегия:

Люблинский В.А., канд. техн. наук, профессор

Рунова Е.М., д-р с.-х. наук, профессор

Никифорова В.А., д-р биолог. наук, профессор

Черутова М.И., канд., экон. наук, профессор

Янюшкин А.С., д-р техн. наук, профессор

Федяев А.А., д-р техн. наук, профессор

Игнатъев И.В., канд. техн. наук, профессор

Иванов В.А., д-р техн. наук, профессор

Видищева Е.А., канд. техн. наук, доцент

Глебушкина Л.В., ответственный секретарь

Орлова Ю.В., технический секретарь

Научно-техническая конференция зарегистрирована в Министерстве образования и науки РФ

© ФГБОУ ВО «БрГУ», 2017

© Факультет магистерской подготовки, 2017

Строительство и архитектура

УДК 624.074.2

Анализ методов расчета железобетонных купольных покрытий

Г.В. Коваленко, А.Д. Аёв

Братский Государственный Университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: купол, купольные покрытия, пространственные оболочки, безмоментная теория, метод предельного равновесия, метод конечных элементов.

Цель статьи заключается в анализе методов оценки напряженно-деформированного состояния и выборе наиболее оптимального метода расчета купольных покрытий. В данной статье отражены основные положения расчета по безмоментной теории, методу предельного равновесия и методу конечных элементов, условия, при которых расчет по выбранному методу будет справедлив, а также требования к самим методикам расчета. Одним из важнейших критериев выбора является успешная реализация метода на ЭВМ, так как это значительно оптимизирует процесс расчета конструкции и позволяет избежать ошибок в ходе расчета. Наиболее целесообразным при расчете купольных конструкций является метод конечных элементов.

Развитие современного строительства возможно только на основе экономически эффективных, надежных, технологичных конструкций. Одним из направлений обогащения архитектуры и повышения эффективности строительного производства является использование пространственных конструкций разнообразной формы.

Купольные конструкции являются одной из наиболее выгодных конструктивных форм, в которой материал работает главным образом на сжатие (или на растяжение в опорном кольце), а область влияния изгибающих моментов невелика. Расчет купола, как тонкостенной пространственной конструкции представляет собой достаточно сложную и трудоемкую задачу. [1,2].

В практике проектирования к методу статического расчета пространственных конструкций предъявляют следующие требования [3]:

– универсальность расчетного аппарата, т.е. возможность учета таких геометрических и конструктивных особенностей, как форма поверхности и произвольная конфигурация плана, фактические граничные условия, включая податливость контура, наличие ребер, отверстий, переменная толщина оболочки;

– сходимость метода, соответствие результатов расчета действительной работе конструкции;

– возможность использования современных программно-вычислительных комплексов [4].

Купольные покрытия могут быть рассчитаны с применением следующих методик:

- 1) расчета по безмоментной теории с учетом краевого эффекта;
- 2) метода предельного равновесия;
- 3) метода конечных элементов.

Метод расчета куполов по безмоментной теории основан на том, что оболочка работает как тонкая мембрана и находится под воздействием только нормальных сил. На практике это положение можно принять в отношении всего купола, кроме участков, прилегающих к опорному кольцу. Отсюда задача статического расчета сводится к нахождению меридиональных и кольцевых усилий, краевого эффекта в приопорной зоне.

Рассмотрим купол произвольного очертания, двоякая кривизна которого в каждой точке определяется двумя радиусами кривизны R_1 и R_2 .

В общем случае элемент оболочки купола, ограниченный двумя меридиональными и двумя кольцевыми сечениями, находится под воздействием нормальных усилий — меридионального N_1 и кольцевого N_2 , а также касательного усилия S , отнесенных к единице длины сечения (см. рис. 1а).

При загрузке купола осесимметричной нагрузкой (собственный вес, снег на всей поверхности) усилие $S = 0$, а усилия N_1 и N_2 определяют из условий статики как функции только угловой координаты φ (широты) [1,2].

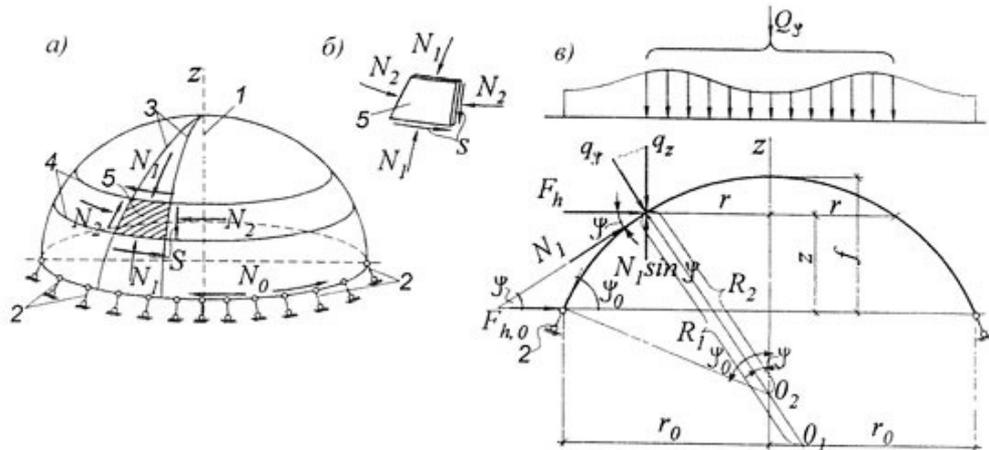


Рис. 1. Схема купола с шарнирно-подвижным опиранием по контуру:
 а - общий вид; б - единичный элемент купола с действующими на него внутренними усилиями; в - часть купола, отделенная плоскостью, параллельной основанию;
 1 - ось вращения; 2 - шарнирно-подвижные опоры по периметру;
 3 - меридиональное сечение; 4 – кольцевое сечение; 5 - единичный элемент (1x1 м)

Напряженное состояние купола при осесимметричной нагрузке характеризуется следующим уравнением равновесия:

$$\frac{N_1}{R_1} + \frac{N_2}{R_2} = q_\varphi \quad (1)$$

где q_φ — нормальная к поверхности купола составляющая внешней нагрузки q (на 1 м^2 поверхности купола).

Для определения меридионального усилия N_1 кольцевым горизонтальным сечением отсекается верхняя часть купола и рассматривается ее равновесие (см. рис. 1в).

На отсеченный сегмент действует сжимающая сила Q_φ , которая представляет собой сумму всех нагрузок, приложенных выше рассматриваемого сечения. Исходя из условия $\Sigma Z=0$, она должна уравниваться меридиональными усилиями N_1 по периметру кольцевого сечения радиуса r :

$$Q_\varphi - N_1 \sin \varphi 2\pi r = 0, \quad (2)$$

где (φ —текущая угловая координата (отсчитывается от оси вращения);

$$r = R_2 \sin \varphi.$$

Следовательно,

$$N_1 = \frac{Q_\varphi}{2\pi r \sin \varphi} = \frac{Q_\varphi}{2\pi R_2 \sin^2 \varphi} \quad (3)$$

Кольцевое усилие N_2 находят из уравнения (1):

$$N_2 = R_2 \left(q_\varphi - \frac{N_1}{R_1} \right) \quad (4)$$

Распор купола определяется как горизонтальная проекция меридионального усилия N_1

$$F_h = N_1 \cos \varphi = \frac{Q_\varphi}{2\pi r} \operatorname{ctg} \varphi \quad (5)$$

Распор в уровне опорного кольца ($\varphi = \varphi_0$):

$$F_{h,0} = N_{1,0} \cos \varphi_0 = \frac{Q_{\varphi,0}}{2\pi r_0} \operatorname{ctg} \varphi_0 \quad (6)$$

где $N_{1,0}$ — меридиональное усилие в уровне опорного кольца;

φ_0 — половина центрального угла дуги оболочки в меридиональном направлении;

где;

r_0 — радиус опорного кольца;

$Q_{\varphi,0}$ — нагрузка, действующая на купол.

Распор F_h действует на опорное кольцо в радиальном направлении, поэтому растягивающее усилие в опорном кольце:

$$N_0 = F_{h,0} r_0 = N_{1,0} \cos \varphi_0 r_0 = \frac{Q_{\varphi,0}}{2\pi} \operatorname{ctg} \varphi_0 \quad (7)$$

Сжимающее усилие в верхнем кольце от нагрузки q при соответствующей текущей координате φ определяется аналогично (7).

Волнистые и складчатые купола составляют особую группу. С архитектурной точки зрения они весьма эффектны, обладают богатой пластикой и немалыми конструктивными достоинствами, связанными с жесткостью формы. Будучи сплошнотенчатыми (гладкими) или решетчатыми, они могут быть отнесены, соответственно, к тонкостенным или ребристым куполам. В железобетоне выполняют волнистые и складчатые купола, а из клееной древесины — чаще складчатые.

Другим наиболее распространенным методом расчета оболочек является метод предельного равновесия, учитывающий неупругие свойства материалов и нагрузку, соответствующую тому предельному моменту, когда конструкция еще находится в состоянии равновесия. Напряженное состояние всех элементов конструкции в такой стадии называется состоянием предельного равновесия.

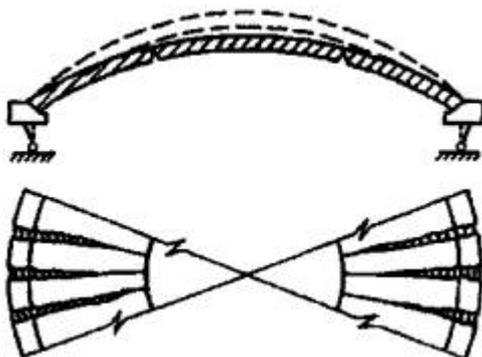


Рис. 2. Схема разрушения

Метод расчета по предельному равновесию, учитывая пластические свойства материала и характер разрушения конструкции (рис.2), позволяет более точно оценить истинные её запасы прочности и выявить резервы снижения материалоемкости [4].

Таким образом, этот метод расчета по сравнению с упругим, основанным на безмоментной теории, является более точным методом при оценке напряженно-деформированного состояния купольных покрытий.

Анализ развития численных методов расчета показал, что расчет оболочек практически более точно может быть решен только с применением эффективных вычислительных алгоритмов на основе метода конечных элементов (МКЭ), позволяющий наиболее полно оценить поведение конструкции под нагрузкой.

Метод конечных элементов использует расчетную модель, допускающую применение методов, аналогичных классическим методам строительной механики стержневых систем, прежде всего метода перемещений.

Сущность расчета методом конечных элементов континуальных двумерных конструкций заключается в следующем [5]:

1) Исследуемая область делится воображаемой сеткой дискретизации (рис. 3) на некоторое число конечных элементов, которые предполагаются взаимосвязанными в конечном числе узловых точек, расположенных на границах элементов. Обобщенные перемещения этих точек (их число непрерывно связано с принятым числом степеней свободы каждой узловой точки) представляют собой основные неизвестные параметры решаемой задачи, по аналогии с классическим методом перемещений;

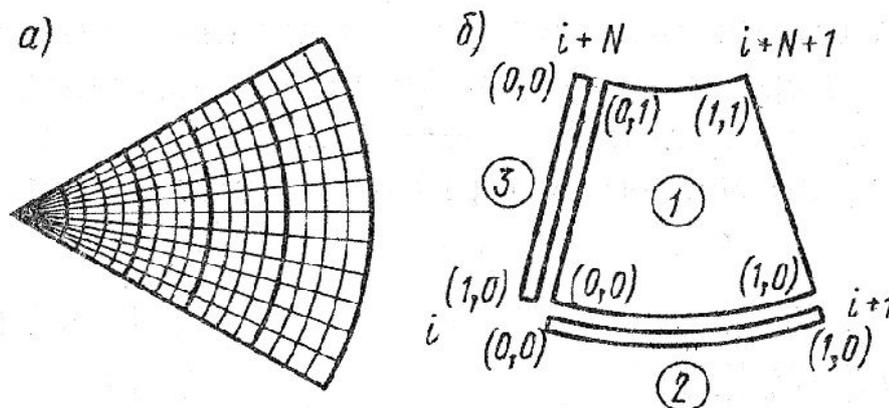


Рис. 3. Аппроксимация оболочки конечными элементами и учет совместной работы составляющих оболочек и ребер:

а) пример разбиения оболочки на конечные элементы;

б) конечные элементы оболочки и ребер

2) Вводятся какие-либо функции обобщенных перемещений, определяющие распределение внутри каждого элемента через узловые обобщенные перемещения. Указанные функции однозначно определяют теперь поле деформаций и усилия внутри элемента, в том числе и на границах;

3) На основании принципа возможных перемещений строится так называемая матрица жесткости элемента, уравнивающая распределенные нагрузки и усилия на его границах, которые выражаются через обобщенные узловые перемещения;

4) Матрицы жесткости отдельных элементов позволяют сформировать матрицу жесткости конструкции в целом, в результате чего задача сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных узловых перемещений, определяющих вместе с выбранными функциями перемещений отдельных элементов напряженно-деформированное состояние всей конструкции [5].

Преимущества МКЭ в отношении реализации на ЭВМ заключаются в стандартности при выборе основной системы, однотипности всех вычислительных операций при формировании матрицы канонических уравнений, возможности полной автоматизации расчетов [3,4].

Указанные качества позволяют использовать метод перемещений для расчета пространственных конструкций, рассматриваемых как набор двух- или трехмерных конечных элементов. Разработано и эксплуатируется значительное число программ, реализующих метод конечных элементов, таких как ЛИРА, МОНОМАХ, SCAD. Наиболее распространенным вычислительным комплексом на основе метода конечных элементов в настоящее время является SCAD [4].

Технические и графические возможности программного комплекса SCAD позволяют произвести моделирование расчетных схем оболочек с целью выявления наиболее оптимальной схемы с точки зрения напряженно-деформированного состояния.

Таким образом, в ходе анализа методов расчета купольных покрытий более оптимальным является метод конечных элементов с использованием программных вычислительных комплексов.

Литература

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Общий курс: Учеб. Для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1991. – 767 с.: ил.
2. СП 52-117-2008. Железобетонные пространственные конструкции покрытий и перекрытий. – Введ. 2008-01-08 – М.: ГУН «НИИЖБ» Госстроя России, 2008. – 95 с.
3. Тур В.И. Купольные конструкции: формообразование, расчет, конструирование, повышение эффективности: Учебное пособие. - М.: Издательство ЛСВ, 2009. – 435 с.
4. Коваленко Г.В., Балдова М.С. Оценка надежности пространственных конструкций покрытий по внешним признакам / Труды Братского Государственного Университета: Сер.: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: в 2 т. – Братск. Издательство БрГУ, 2012. – Т.2 – С. 162-165.
5. Дыховичный, Ю.А. Современные пространственные конструкции (железобетон, металл, дерево, пластмассы): Справочник / Ю.А. Дыховичный, Э.З. Жуковский, В.В. Ермолов; Под ред. Ю.А. Дыховичного, Э.З.Жуковского. – М.: Высш.шк., 1991. – 543 с.

УДК 691.544

Повышение эффективности композиционных цементов с использованием местных сырьевых ресурсов

А.А. Зиновьев, У.Н. Амридинов

Братский Государственный Университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: композиционный цемент, зола уноса, микрокремнезем, вяжущие, цемент.

Проведен анализ исследований по изготовлению композиционного цемента с использованием местных сырьевых ресурсов – зола уноса и микро кремнезем. Рассмотрены пути повышения эффективности композиционных цементов с использованием местных сырьевых ресурсов, связанные с оптимизацией технологических параметров их изготовления.

Строительная отрасль была и остается одной из наиболее материалоемких отраслей промышленного сектора. В связи с этим вопросы снижения себестоимости строительных материалов и изделий, при сохранении требуемых качественных характеристиках объектов строительства были и остаются актуальными.

В любом виде современного строительства практически невозможно обойтись без использования бетона. Он требуется при устройстве фундаментов, цоколей, возведении стен, отливке перекрытий, стяжек, лестничных маршей, а также конструктивных сооружений различного назначения. В строительном процессе на бетонирование отводится до 50 % от общего объема [1].

Столь широкое применение бетонных и железобетонных изделий и конструкций предопределяет необходимость проведения исследовательских работ направленных на разработку методов, технологий и рецептур, способствующих повышению эффективности применения бетона при строительстве зданий и сооружений.

Снижению стоимости бетона способствуют такие мероприятия как: подбор оптимального состава; использование различных добавок;

- оптимизация технологии его изготовления и укладки;
- рациональное использование вяжущего вещества;
- использование местного сырья и попутных продуктов промышленности;
- переход к использованию более жестких бетонных смесей и др.

Анализируя сырьевой рынок отходов и промежуточных продуктов производственных предприятий нашего региона, установлено, что зола-уноса ТЭЦ-7 и микрокремнезем Братского завода ферросплавов по своему составу и свойствам могут являться компонентами комплексных вяжущих. Поскольку эти материалы являются местными сырьевыми компонентами, то затраты на их поставку на территорию заводов строительной индустрии будут минимальными, тем самым способствуя снижению себестоимости конечной продукции. Кроме того использование вторичного сырья будет способствовать улучшению экологической ситуации в регионе поскольку создание и содержание отвалов требует значительных средств. Согласно экспертной оценке специалистов Всероссийского теплотехнического института (ВТИ), стоимость производства и хранения 1 тонны ЗШО для ТЭС составляет от 400 до 700 рублей. Выход ЗШО на ТЭС – от 100 тысяч тонн до более чем 1 млн. тонн. Стоимость нового золошлакоотвала – от 2 до 4 млрд. рублей [7].

Анализ литературных источников показывает, что учеными Братского государственного университета ведутся научно-исследовательские работы направленные на использование попутных продуктов местных производств в технологии бетонов. В качестве таких компонентов рассматриваются такие материалы как золошлаковые отходы, микрокремнезем, поверхностно-активные вещества из отходов химической переработки древесины и др. [2 - 4]. Проведенные исследования показывают, что применение попутных продуктов в качестве добавок и компонентов бетонных смесей способствует не только снижению себестоимости строительства но и повышению качественных показателей и долговечности бетонных конструкций. Одним из наиболее высоких экономических эффектов за счет использования местного сырья обладает технология получения и применения композиционного цемента на основе золы уноса ТЭЦ, микрокремнезема Братского завода ферросплавов и суперпластификатора С-3. Композиционные вяжущие изготавливались путем помола в шаровой мельнице сырьевой смеси состоящей из цемента Ангарского завода марки – 500, золы уноса ТЭЦ-6, микрокремнезема Братского завода ферросплавов и суперпластификатора С-3.

В ходе эксперимента было рассмотрено влияние выбранных факторов на такие свойства смешанного вяжущего как: удельная поверхность, активность, прочностные характеристики и нормальная густота цементного теста.

Для того что бы проанализировать как зола-унос ТЭЦ-7, микрокремнезема Братского завода ферросплавов и суперпластификатора С-3 влияют на свойства цементного теста и приготовленных на основе смешанного вяжущего растворов, был проведен совместный помол в барабанной мельнице МБЛ, трех составляющих: цемент М500 Д0, зола-унос I поля, микрокремнезем пластификатор С-3.

Помол составляющих осуществляли в течение 1 часа. Эксперимент проводился по математическому плану, включающему 9 опытов. В качестве варьируемых факторов рассматривались расходы золы в количестве 20; 30; 40% и микрокремнезема в количестве 5; 10; 15% от массы цемента. Добавка С-3 вводилась в количестве 1,2%.

Для проведения сравнительного анализа, параллельно с испытаниями полученных комплексных вяжущих, были испытаны исходный цемент и цемент подвергнутый помолу в течение 1 часа. После помола в течение одного часа, удельная поверхность цемента увеличивалась с 3407 см²/г до 4598 см²/г. У составов комплексных вяжущих этот показатель варьируется от 4780 до 5673 см²/г. Большая удельная поверхность комплексных вяжущих объясняется наличием в их составе микрокремнезема удельная поверхность которого составляет 45900 см²/г.

Несмотря на значительное увеличение удельной поверхности, нормальная густота цементно – песчаных растворов приготовленных как на молотом цементе так и на комплексных вяжущих снизилась по сравнению с исходным цементом с 50 до значений 34 – 36%. Снижение показателя нормальной густоты объясняется наличием в составах пластификатора С-3. Невысокая разница этого показателя, у составов на молотом цементе так и на комплексных вяжущих, свидетельствует о том, что микрокремнезем и зола – уноса в используемых диапазонах не вызывают существенного изменения водопотребности.

Прочностные показатели цементно-песчаных растворов приготовленных с использованием комплексных вяжущих превышают аналогичные показатели раствора на исходном цементе на 22 – 70%.

Проведенные эксперименты [2, 4] показали, что при использовании данных компонентов могут быть получены композиционные цементы расход клинкерной составляющей в которых снижен на 25 – 35%.

Бетоны и растворы, приготовленные на этих цементах, в сравнении с аналогичными материалами приготовленными на обычном клинкерном цементе отличаются повышенными до 95% прочностными показателями при равных других свойствах.

Подобные исследования, проводимые другими учеными [5, 6] показывают, что эффективность композиционных цементов зависит как от вида и количества компонентов использованных для их приготовления, так и от технологических параметров производства, таких как длительность помола, порядок загрузки, удельная поверхность полученного композиционного цемента и др.

Проведенный анализ показывает, что на основе местного сырья из отходов промышленных предприятий могут быть получены композиционные цементы, применение которых будет способствовать снижению себестоимости производства бетонных и железобетонных изделий.

Для повышения эффективности применения данных материалов необходимо провести исследования направленные на оптимизацию технологических параметров их изготовления.

Литература

1. Портал о цементе, бетоне и сухих смесях [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://stroitel-list.ru/beton/cena-provedeniya-betonnyx-rabot.html>, свободный.

2. А.А. Зиновьев, А.А. Бурашников Высокопрочные бетоны на основе композиционного цемента из местных сырьевых ресурсов / Естественные и инженерные науки - развитию регионов Сибири: материалы XV (XXXVII) Всероссийской научно-технической конференции. – Братск: Изд-во БрГУ, 2016. С. 66-67.

3. Зиновьев А.А., Кудяков А.И., Дворянинова Н.В. Кладочные растворы повышенной высоко- морозостойкости с добавками микрокремнезема и омыленного талового пека: монография. – Братск: Изд-во БрГУ, 2011. – 159 с.

4. Борбат В.Ф. Золошлаковые отходы углей- перспективное сырье для различных отраслей промышленности / Иновационные технологии-2001: материалы международного научного семинара. Красноярск, 2001. С 136-138.

5. Волженский А.В., Подов Л.Н. Смешанные портландцемент повторного помола и бетоны на их основе. М, Гостройиздат, 1981 ,с.107.

6. Хозин, В.Г. Карбонатные цементы низкой водопотребности - зеленая альтернатива цементной индустрии России / В. Г. Хозин, О.В. Хохряков, И.Р. Сибгатуллин. – с.76-83.

7. Национальная ассоциация производителей и потребителей золошлаковых материалов [Электронный ресурс]: Эффективные подходы к золошлаковым отходам/ Шлаками дорожка!- Режим доступа: <http://zoloshlaki.ru/news/effektivnye-podxody-k-zoloshlakovym-otxodam-shlakami-dorozhka/>, свободный.

УДК 691.3.691.33

Золошлаковые отходы для малоэтажного строительства

Т.А.Лебедева, А.А.Антипина, Т.А. Бурбо

Братский государственный университет, г. Братск, Россия

Ключевые слова: золошлаковые отходы, отходы промышленности, многотоннажные отходы вторичное производство.

В статье приводятся сведения по использованию золошлаковых отходов для производства строительных материалов. Проведен анализ научных работ сотрудников кафедры СМиТ направленных на получение различного научного материала с использованием золы.

Целью настоящей статьи является обобщение научных сведений об использовании золошлаковых отходов Восточно-Сибирского региона для получения строительных материалов.

Тема работы актуальна, поскольку отвалы золошлаковых материалов постоянно пополняются, и в связи с этим возникает необходимость мероприятий по утилизации и использованию этого вида отходов в качестве сырья для производства строительных материалов.

Как показывает опыт, использование отходов промышленности в производстве строительных материалов позволяет покрыть потребность в сырьевых ресурсах, сократить затраты на изготовление материалов и снизить техногенные нагрузки на окружающую среду. В городе Братске и регионе в результате работы промышленных предприятий образуется ряд многотоннажных отходов, физические свойства и химический состав которых позволяют рассматривать их как сырье высокой степени готовности для производства строительных материалов. Замена природного сырья многотоннажными отходами промышленности позволит наладить производство строительных материалов на месте использования [2].

В Восточно-Сибирском регионе есть отходы предприятий, представленные золами и шлаками. Зола-унос является отходом от сжигания топлива, который выносится дымовыми газами из топки котла и улавливается золоуловителями. Ежегодное образование золы-уноса на Иркутской ТЭС-7 г. Братска от сжигания углей Ирша-Бородинского месторождения достигает 24 тыс. т. В настоящее время в отвалах накоплено более 800 тыс. т. зольных отходов. На ТЭЦ уже действуют установки сухого отбора золы мощностью 220 тысяч тонн. При этом имеются разработки по использованию золы для получения стеновых блоков и кирпича. Это способствует утилизации не менее 20% отхода, и освобождению полезных площадей, занимаемых под отвалы, которые можно использовать в градостроительных целях [3].

Предпосылки использования золошлаковых отходов Восточно-Сибирского региона для получения строительных материалов доказаны работами Русиной В.В. Ее исследованиями показана возможность получения материалов на основе золощелочного вяжущего. Вяжущее включает алюмосиликатный компонент золу-унос, полученную от сжигания бурого Канско-Ачинского угля на ТЭЦ-7 г. Братска Иркутской области, и щелочной компонент жидкое стекло, изготовленное из многотоннажного отхода производства ферросилиция Братского ферросплавного завода – микрокремнезема [9]. При этом автору удалось повысить прочностные характеристики вяжущего при одновременном сохранении требуемых сроков схватывания.

Белых С.А., Буянов А.Э., Черниговская М.Н. получили зернистый утеплитель с использованием золы, технология которого описана в работе [6]. Этими исследованиями ус-

тановлено, что применение тонкодисперсного техногенного отхода - золы-уноса, прошедшего тепловую обработку позволяет достичь следующих результатов. Во-первых, значительно снизить расход цемента, при этом зола-унос играет роль микронаполнителя и проявляет некоторые вяжущие свойства. Во-вторых, в работе доказано повышение водонепроницаемости способности зернистого утеплителя, что важно для кладки на пористые основания [1].

Результаты исследований под руководством Лоховой Н.А. показали возможность изготовления рядовых керамических стеновых материалов с относительно низкой средней плотностью и морозостойкостью (15-35 циклов) на основе шихты, включающей высококальциевую золу-унос от сжигания бурых углей Ирша-Бородинского месторождения и микрокремнезем Братского завода ферросплавов. Для изготовления лицевого золокерамических изделий разработан способ повышения их морозостойкости. В результате использования золошлаковых остатков, происходит значительная экономия сырья для производства конечных материалов [4].

Авторы Косых А.В., Макарова И.А., Лохова Н.А. провели исследование, которое относится к производству ячеистой керамики, результат может быть использован при изготовлении строительных материалов. В сырьевую смесь в качестве компонентов используют золу измельченную, измельченный отвальный шлак, опилки, гранулированный доменный шлак. Таким образом, вовлечение техногенного сырья в производство строительных материалов способствует снижению средней плотности и коэффициента конструктивного качества, улучшению теплотехнических характеристик [7].

Анализ химических свойств золы, свидетельствует об эффективности использования ее и в качестве основного компонента строительного материала, и в качестве минеральной добавки. Так, другими разработками кафедры СМиТ показана возможность использования золы-унос ТЭЦ-7 в качестве наполнителя при производстве асфальтобетона, золобетона, ячеистого и жароупорного бетонов, газосиликата для плиточных утеплителей кровли, для изготовления стеновых панелей, а также в качестве активной минеральной добавки при производстве портландцемента с целью улучшения его качества.

Следует также отметить, что на сегодняшний день химический состав золошлаковых отходов, применяемых для производства различных видов бетонов и строительных растворов регламентирован ГОСТ 25818-91, ГОСТ 25592-91. Нормируется содержание оксидов – CaO, MgO, SO₃, Na₂O и K₂O:

- оксида кальция CaO -10% , чтобы обеспечить равномерность изменения объема при твердении, свободного CaO -5%;
- оксида магния MgO – не более 5%;
- верхний предел сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO₃ по требованиям сульфатостойкости -3,6% (в зависимости от исходного топлива);
- суммарное содержание щелочных оксидов Na₂O и K₂O – 1,5-3% (в зависимости от вида сжигаемого топлива) во избежание деформаций при их реакции с заполнителем. А так же зависят от состава минеральной части топлива, его теплотворной способности, режима сжигания, способа улавливания и удаления, места отбора золошлаков в улавливающих установках или в золоотвале.

Зола-унос имеет серый или светло-серый цвет, близкий к цвету цемента, и постоянный химический и фазовый состав. В основном ее химический состав представлен оксидами кремния, алюминия, железа и кальция, а также примесями в виде оксидов магния, серы, натрия и калия. Фазовый состав золы-уноса включает главным образом алюмосиликатное стекло, а также кварц, оксиды железа и незначительное количество несгоревшего углерода. Частицы золы-уноса имеют в основном сферическую форму и размеры от одного до 150 мкм (средний размер частицы меньше 20 мкм).

Золошлаки по виду сжигаемого угля подразделяют на:

- антрацитовые, образующиеся при сжигании антрацита, полуантрацита и тощего каменного угля;
- каменноугольные, образующиеся при сжигании каменного, кроме тощего угля;
- бурогоугольные, образующиеся при сжигании бурого угля [3].

Проведенный аналитический обзор позволил обобщить направления использования золошлаковых отходов для производства строительных материалов (таблица 1).

Таблица 1

Использование золы в производстве строительных материалов

Свойства золы	Использование золошлаковых отходов для производства строительного материала
Бетоны и растворы	1. В качестве компонента пластифицирующей добавки в бетонные растворы; 2. В качестве мелкого заполнителя для бетона; 3. В качестве микрозаполнителя в асфальтобетон
Пористые заполнители	1. В качестве добавки, вводимой в глину (10-30 %), а также как компонент сырьевой смеси (50% и более), при получении глинозольного керамзита; 2. В качестве добавки для получения безобжигового зольного гравия; 3. В качестве исходного сырья, для получения зольного гравия.
Стеновые изделия	В качестве смеси для получения ячеистого бетона.
Вяжущие вещества	В качестве добавки при помоле цементного клинкера.

В заключении можно отметить, что по своим свойствам золошлаковые материалы являются уникальным ресурсом, который можно использовать при производстве строительных материалов различного назначения, в том числе стеновых для малоэтажного строительства. При этом следует учитывать физические и химические свойства золошлаков и их влияние на характеристики строительных композитов. Это в свою очередь требует продолжения исследований по использованию рассматриваемых отходов в технологии получения строительных материалов. Вовлечение отхода в производство позволит строительной отрасли могут быть использованы в качестве сырья для выпуска полезной продукции.

Литература

1. Белых С.А., Буянова Э.Э., Черниговская М.Н. Подбор и оптимизация кладочных растворов пониженной теплопроводности с использованием золы-уносы и пенополистирола // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. - 2012. - Т. 3. С. 179-183;
2. Белых С.А. Экспериментальное определение параметров технологических операция производства безобжигового зольного гравия/ Э.Э. Буянова, М.Н. Черниговская, А.О. Брылякова // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 9. С. 98-102
3. Государственный дорожный научно-исследовательский институт ФГУП [Электронный ресурс] «союздорнии» И.Путилин, В.С. Цветков//Применение зол уноса // режим доступа:http://znaytovar.ru/gost/2/Obzornaya_informaciyaPrimeneni.html, свободный
4. Пат. РФ № 2086517 МКИ С04 В 35/14, 35/16 Сырьевая смесь для изготовления стеновых керамических изделий//Л.Н. Тацки, Н.А. Лохова, Г.Л. Гершанович, Е.Б. Сеничак//БИ. 1997. № 22.
5. Пат. РФ №245887 МПК С04В12/04 Вяжущее/ В.В. Русина, С.А. Львова, Корда, Корина М.В., А.В. Петрова, О.Ю. Шипунова // 2012

6. Белых С.А., Буянова Э.Э., Брылякова А.О., Черниговская М.Н. Экспериментальное определение параметров технологических операций производства облегченного безобжигового зольного гравия // Системы. Методы. Технологии. 2011. №1 (9). С.106-111.

7. Пат. РФ №2234478 МПК 7С 04В 33/00А, 7С 04В 38/02В Сырьевая смесь и способ изготовления ячеистой керамики // А.В. Косых, Н.А. Лохова, И.А. Макарова

УДК 691.618.3

Пути использования стеклобоя в технологии строительных материалов

С.А.Белых, П.Н. Артюхова, А.И.Казыева, В.И. Сивкова

Братский государственный университет, г. Братск, Россия

Ключевые слова: малоэнергоёмкая технология, стеклобой, пеностекло, вторичное производство, отходы промышленности.

На рынке теплоизоляционных материалов в последнее время произошло заметное увеличение объемов потребления. В первую очередь это связано с реализацией большого числа строительных проектов. Кроме того, жилые и коммерческие здания стали строиться с учетом возросших требований энергосбережения. Основной задачей текущего момента и на перспективу является вовлечение в сферу производства максимально возможных объемов побочных продуктов других отраслей, промышленных отходов и даже бытовых отходов, образующихся в весьма большом количестве. Решение этой проблемы кроме значительного технико-экономического эффекта имеет важное экологическое и экономическое значение наряду с уже известными и используемыми отходами особый интерес вызывает утилизация несортированного боя искусственных (техногенных) стекол, или просто - стеклобоя. Образующийся во время производства брак или бой стекла в большинстве случаев используется этими заводами повторно. В работе изложены результаты исследований использования бытового стеклобоя в производстве строительных материалов. Установлено, что наиболее перспективным неорганическим материалом является пеностекло из стеклобоя.

Целью настоящей статьи является обобщение научных и практических знаний об использовании стеклобоя в строительных материалах.

В настоящее время многие исследовательские и научные учреждения, в том числе БрГУ [10] и МГСУ [4], создают энергосберегающие, безавтоклавные экологически чистые технологии производства новых видов строительных материалов, в том числе на основе боя искусственных стекол. Выявлены широкие гаммы материалов самого разнообразного назначения с разной степенью переработки стеклобоя: строительные растворы, мелкозернистые бетоны и поризованные теплоизоляционные материалы, гранулированные и зернистые утеплители.

Исследования авторами Румянцева Б.М., Зайцева Е.И боя искусственного стекла привели к выводу, что ценится сырье для получения вяжущего материала из-за содержания в нем кремнезема и щелочных оксидов, а также Al_2O_3 и CaO . Особый интерес представляет бой барийсиликатных стекол. Материалы на его основе применяются при отделке рентгеновских кабинетов и других помещений, требующих специальных покрытий. Бой свинцовых стекол идет в строительные материалы, используемые при строительстве и отделке объектов атомной промышленности. После сортировки, дробления, помола и отсеивания на фракции стекло можно считать полностью подготовленным для получения строительных материалов. Наиболее простым и доступным вариантом утилизации стеклобоя является традиционная технология изготовления мелкозернистого бетона, где стек-

любой выступает в качестве заполнителя [9].

Из стеклобоя, как и из молотого стеклянного порошка, получают два вида ячеистого стекла [7]:

- пеностекло, из твердого тонкоизмельченного стекла в составе специально приготовленной шихты;
- поризованные изделия на основе жидкого стекла, получаемые с использованием жидкого натриевого стекла, тонкомолотых наполнителей и специальных добавок.

В данной исследовательской работе речь идет о пеностекле из стеклобоя.

Пеностекло – это пористый легкий материал, внешне похожий на застывшую пену с ячейками, разделенными тонкими перегородками. Пеностекло легко поддается механической обработке: пилится, сверлится, шлифуется, в него можно забивать гвозди. Оно обладает высокой биостойкостью. Пеностекло имеет невысокую теплопроводность (0,055–0,085 Вт/(м·°С)), что обеспечивается высокой степенью поризованности, малыми размерами пор и стеклообразным состоянием каркаса. Коэффициент звукопоглощения для пеностекла с сообщающейся пористостью 0,5–0,65 в интервале частот 600–1200 Гц, что отвечает требованиям нормативных документов к акустическим материалам. Морозостойкость достаточно высокая при условии защиты поверхности пеностекла от увлажнения. В противном случае материал разрушается по поверхности при попадании и замерзании влаги в поверхностных открытых порах. Термостойкость пеностекла высокая вплоть до температуры размягчения используемого для производства материала стекла.

Известно несколько способов получения ячеистой структуры пеностекла из стеклобоя и стеклянного порошка:

- холодный – получение при обычной температуре пеностекла «сырой» массы, включающей молотое стекло и пенообразователь, с последующей фиксацией структуры спеканием частиц стекла при высокой температуре;
- введением в состав шихты веществ, образующих при варке стекла обильную пену;
- использованием вакуума для вспенивания размягченного стекла;
- порошковый – спеканием порошкообразной смеси стекла с газообразователем.

Наибольшее широкое распространение получил порошковый способ, позволяющий регулировать физико-механические свойства пеностекла в широких пределах за счет изменения вида газообразователя, химического состава стекла, температурного режима обработки. Промышленность производит по этому способу несколько видов пеностекла: монтажное, строительно-изоляционное, звукоизолирующее, фильтрующее, специальное температуростойкое.

Пеностекло из стеклобоя применяют в качестве утеплителя стен и покрытий гражданских и промышленных зданий, для изоляции холодильных установок и тепловой изоляции промышленного оборудования и трубопроводов с температурой изолируемой поверхности не более 400 °С.

Егоров В.В., Родин С.Б., Родин С.С. изобрели гранулированную шихту для получения пеностекла и способ ее получения. Технический результат изобретения заключается в рентабельности утилизации различных стекольных отходов и возможности производства пеностекла из нестандартного стекла переменного состава при сохранении высокого качества получаемой продукции. При производстве шихты экспериментально определяют пропорции компонентов при максимальной и минимально допустимой плотности молотого стекла с учетом плотности жидкого стекла, а также среднюю плотность смеси шихты после перемешивания и добавления минимального значения воды, необходимого для получения сырых гранул. Далее регулируют размер гранул и качество шихты, увеличивая подачу воды в определенных пределах и контролируя плотность шихты в процессе ее получения [1].

Кетов А.А., Кетов Ю.А., Толмачев А.В. предлагают способ получения пеностеклянных изделий, включающий изготовление композиции из порошков стекла, вяжущего, силиката натрия и воды, формование заготовок из полученной композиции методом прессования, или экструзии, или литья, предварительный нагрев заготовок при температуре 50-100 градусов до твердения композиции и последующую термообработку. Технический результат изобретения заключается в повышении прочности и однородности крупногабаритного пеностекла, снижении брака и сведении к минимуму процесса механической обработки пеностекла [2].

Казанцева Л.К., Железнов Д.В. предлагают способ изготовления пеностекла, включающий измельчение цеолитсодержащей породы, приготовление сырьевой смеси смешиванием измельченной породы с водным раствором NaOH, вспенивание и отжиг. Технический результат достигается расширением диапазона плотности пеностекла от 150 до 600 кг/м³ и воссозданием способа производства пеностекла, безопасного для печного оборудования и для окружающей среды [3].

После проведения аналитического обзора составлена классификация строительных материалов из стеклобоя на рисунке 1.

Данный вопрос в настоящее время, касательно пеностекла, является актуальным, так как спрос на продукцию из пеностекла постоянно растет и удовлетворяется в основном за счет импорта, и частично за счет российских опытно-производственных предприятий, которые не способны удовлетворить растущую потребность в данной продукции.

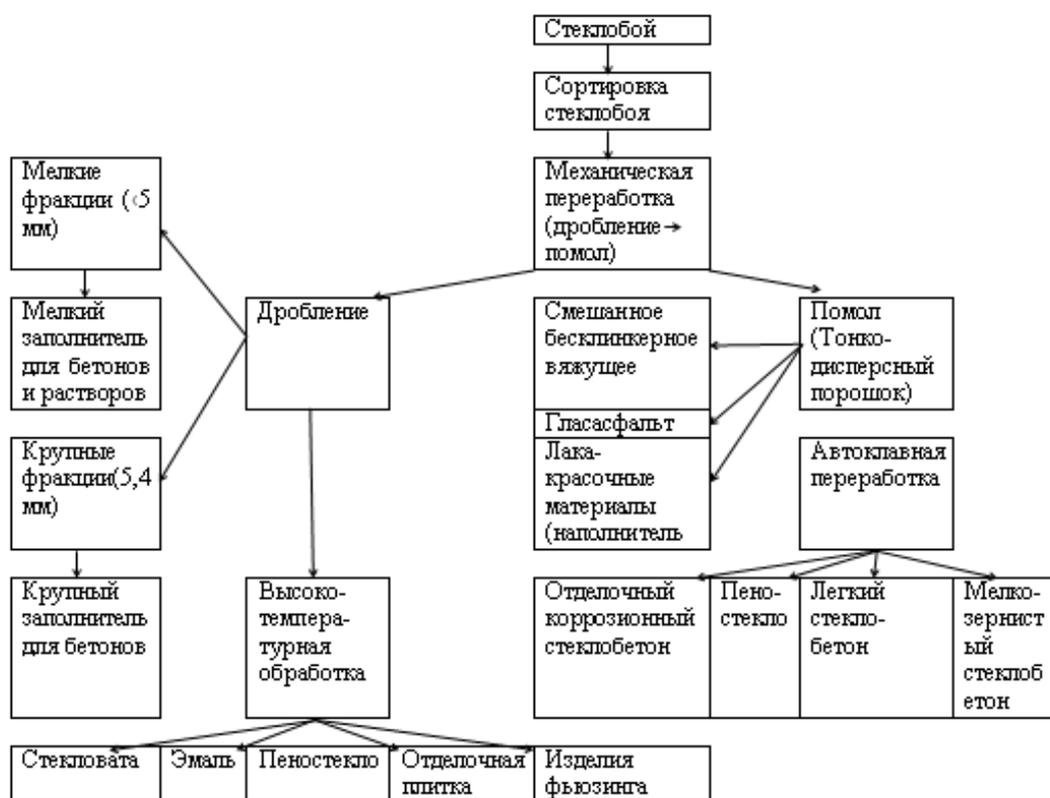


Рис. 1. Пути использования стеклобоя в технологии строительных материалов

Большая роль в энергосберегающих решениях отводится эффективной теплоизоляции, теплоемкости ограждающих конструкций для уменьшения теплопотерь и накоплению тепла, т. е. повышению теплоустойчивости здания. Например, ежегодное удельное теплопотребление здания EKONO-house в Финляндии составило 124 кВт·ч/м² [7].

Для условий Сибири актуальна проблема разработки эффективных теплоизоляционных материалов, в том числе легких зернистых, применение которых решает вопросы

снижения плотности ограждающих конструкций из бетонов и их утеплителей, из местных отходов ТЭЦ [8].

В полной мере проблема негативного воздействия на окружающую среду относится к такому компоненту ТБО как стеклобой. Наряду с совершенствованием технологий переработки ТБО, необходимо отметить, что стеклобой до сих пор остается одним из наиболее трудно утилизируемых компонентов. Несмотря на невысокий класс опасности (V класс опасности) стеклобоя, его количество, складываемое в окружающей среде, вследствие сложности утилизации продолжает расти. Кроме того, производство стекла как материала, требует существенных материальных и энергетических затрат, поэтому представляется нецелесообразным производство стекла, и сопутствующая нагрузка на окружающую среду, в тех случаях, когда имеется возможность использовать стеклобой.

Как показывает опыт, использование отходов промышленности в производстве строительных материалов позволяет покрыть потребность в сырьевых ресурсах, сократить затраты на изготовление материалов и снизить техногенные нагрузки на окружающую среду. В городе Братске и регионе в результате работы промышленных предприятий образуется ряд многотоннажных отходов, физические свойства и химический состав которых позволяют рассматривать их как сырьевысокой степени готовности для производства строительных материалов. Замена природного сырья многотоннажными отходами промышленности позволит наладить производство жаростойких теплоизоляционных материалов на местах [6].

Стеклобой можно рассматривать как минеральный ресурс - аморфный силикатный материал антропогенного происхождения. Между тем, технология природных силикатных материалов ведет к значительным затратам материальных и энергетических ресурсов и неблагоприятному воздействию на окружающую среду как при добыче, так и при переработке полезных ископаемых. Тем не менее, антропогенный источник силикатных материалов - стеклобой используется в крайне ограниченных количествах. Наиболее перспективным направлением использования стеклобоя является рассмотрение его как самостоятельного вида сырья, что позволит создавать новые технологии на основе комплексного исследования свойств сырья и получения качественных и востребованных материалов с комплексом заданных свойств.

Вследствие значительных объемов не утилизируемого стеклобоя, с каждым годом растет площадь земель, выводимых из хозяйственного оборота под полигонами ТБО. Процесс вымывания отдельных компонентов из стеклобоя под воздействием атмосферных осадков приводит к загрязнению грунтовых вод. Пыль стеклобоя разносится ветром и негативно воздействует на состояние атмосферного воздуха вблизи полигонов ТБО. Наиболее простым и доступным вариантом утилизации стеклобоя является традиционная технология изготовления мелкозернистого бетона, где стеклобой выступает в качестве заполнителя.

Утилизация стеклобоя, как и других твердых бытовых отходов является актуальной. Уровень технологической готовности к использованию для производства строительных материалов очень высок. Путем механической и глубокой термической обработки стеклобой можно превратить в конструкционные, отделочные и теплоизоляционные материалы. Для массового и востребованного производства нам представляется перспективным выпуск пеностеклового теплоизоляционного материала на местах.

Литература

1. Пат.2439005 Российская Федерация, МПК7 С 03 С11/00. Гранулированная шихта для изготовления пеностекла и ее способ получения/Егоров В.В.; заявитель и патентообладатель ЗАО "СТЕКЛОПОРАС" - № 2009139009/03; заявл.22.10.2009; опубл.10.01.2012, Бюл. №12 (1 ч.).- 12 с.

2. Пат.2542069 Российская Федерация, МПК7 С 03 С11/00, С 03 В19/08. Способ получения пеностеклянных изделий/Кетов А.А.; заявитель и патентообладатель Кетов А.А., Толмачев А.В. - № 2013150377/03; заявл. 12.11.2013; опубл. 20.02.2015, Бюл. №5.-10 с.
3. Пат.2490219 Российская Федерация, МПК7 С 03 С11/00, С 03 В19/08. Способ изготовления пеностекла/Казанцева Л.К.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (Институт геологии и минералогии СО РАН, ИГМ СО РАН) - № 2012107049/03; заявл. 27.02.2012; опубл. 20.08.2013, Бюл. №23.-7с.
4. Алексанин А.В., Сборщиков С.Б. Повышение конкурентоспособности предприятий строительной отрасли за счет интеграции 3 R-концепции управления отходами строительного производства и логистических методов // Вестник МГСУ. 2011. № 8. - с. 420—422.
5. Белых С.А., Буянова Э.Э., Черниговская М.Н. Подбор и оптимизация кладочных растворов пониженной теплопроводности с использованием золы-уносы и пенополистирола// Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. - 2012. - Т. 3. С. - 179-183.
6. Белых С.А. Экспериментальное определение параметров технологических операция производства безобжигового зольного гравия/ Буянова Э.Э., Черниговская М.Н., Брылякова А.О. // Системы. Методы. Технологии.. № 9. С. 98-102, 2011.
7. Белых С.А., Лебедева Т.А., Трофимова О.В. Малоэнергоемкая технология получения жаростойкого материала на основе наполненного жидкого стекла // Сборник: Перспективные материалы в строительстве и технике (ПМСТ-2014) Материалы Международной научной конференции молодых ученых. 2014. С. 255-259.
8. Кудяков А.И., Стеновые теплоизоляционные материалы и изделия из наполненных пеностеклянных композиций: монография / Кудяков А.И.Белых С.А., Лебедева Т.А.; Под ред. А.И. Кудякова. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та,2016. - 192 с.
9. Румянцев Б.М., Зайцева Е.И. Получение теплоизоляционных материалов из стеклобоя. // Изв. вузов. Строительство. 2002. - № 8. - С. 24-27.
10. Шевченко Р.И. Бетоны и растворы с заполнителем из стеклобоя //Сборник: «Энергия молодых – строительному комплексу»: материалы Всероссийской научно-технологической конференции студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых.- Братск: Изд-во БрГУ.- 2015. – 156 с.

УДК 691.618.3

Защита бетона и железобетона от коррозии

А.А. Зиновьев, Т.А. Бурбо, А.А. Антипина

Братский государственный университет, г. Братск, Россия

Ключевые слова: бетон, железобетон, защита от коррозии, жидкое стекло, микрокремнезем, отходы промышленности.

Защита бетона очень важный момент его эксплуатации. Его свойства привлекают инженеров, архитекторов и застройщиков гражданских, промышленных и транспортных сооружений. Однако воздействие неблагоприятных погодных условий и агрессивных вредных веществ, а также изменение форм пользования, оставляют свои следы даже на бетоне: все большее число поврежденных бетонных конструкций свидетельствует о том, что и такому прочному материалу, как бетон, требуется защита. Как известно, долговечность и прочность бетонных конструкций во многом зависит от степени и качества выполненной гидроизоляции на начальном этапе строительства. Предупредить попадание в бетон веществ, разрушающих его, могут только грамотно подобранные системы гидроизоляции, которые смогут продлить век бетонного сооружения и также значительно снизить затраты на его содержание и реставрацию. В на-

стоящее время существует большое количество различных материалов обеспечивающих защиту бетона и железобетонна, одним из них является жидкое стекло. В данной работе изучена возможность использования отхода кремниевого производства - микрокремнезема в производстве жидкого стекла для защиты бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

Как известно, одним из наиболее важных преимуществ бетона и железобетона по сравнению с другими материалами является их высокая коррозионная стойкость. Однако и данные материалы нуждаются в защите.

Долговечность конструкций определяется стойкостью, как бетона, так и арматуры при воздействии на них агрессивной среды. Атмосферная коррозия - наиболее распространенный вид коррозии. При этом на бетон воздействуют такие факторы атмосферы, как температура (колебания температур), влажность, наличие в атмосфере газов, осадки в виде дождя, снега и т.п. Степень агрессивного воздействия среды на бетон определяется специальными нормами по антикоррозионной защите строительных конструкций (СНиП 3.04.03-85 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии»).

Разрушение бетона в жидкой среде характеризуется 3 видами:

- 1 вид – коррозия, связанная с воздействием водных сред с малым содержанием солей с преимущественно нейтральной реакцией ($\text{pH}=6,8\div 7,2$);
- 2 вид – коррозия при воздействии весьма агрессивных сред, например, кислот, щелочей, некоторых солей, таких, как хлориды натрия или магния;
- 3 вид – коррозия, обусловленная проникновением в поры бетона жидких сред, содержащих компоненты, образующие с поровой жидкостью или цементным камнем нерастворимые кристаллические соединения [1].

Разрушение бетонной конструкции в жидкой среде происходит вследствие недостаточной стойкости бетона. При проектировании конструкции следует обратить внимание на состав агрессивной среды, условия службы конструкции, правильно выбрать материалы и назначить плотность бетона, чтобы обеспечить заданную долговечность конструкции. В железобетонных конструкциях необходимо рассматривать также вопрос сохранности арматуры в бетоне. В данном случае разрушение железобетонной конструкции может наступить вследствие коррозии арматуры. Продукты ржавчины накапливаются на арматуре, оказывая давление на бетон из-за увеличения в объеме, вызывают появление трещин, а затем и отслоение защитного слоя. Наибольшую опасность вызывает применение высокопрочных арматурных сталей, подверженных коррозионному растрескиванию. В этом случае возможен обрыв напряженной арматуры.

В соответствии с СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии» существует два вида защиты бетонных и железобетонных конструкций от коррозии: первичная и вторичная.

К мерам первичной защиты бетонных и железобетонных конструкций относятся:

- применение бетонов, стойких к воздействию агрессивной среды, что обеспечивается выбором цемента и заполнителей, подбором состава бетона, снижением проницаемости бетона, применением уплотняющих, воздухововлекающих и других добавок, повышающих стойкость бетона в агрессивной среде и защитное действие бетона по отношению к стальной арматуре, стальным закладным деталям и соединительным элементам;
- выбор и применение арматуры, соответствующей по коррозионным характеристикам условиям эксплуатации;
- защита от коррозии закладных деталей и связей на стадии изготовления и монтажа сборных железобетонных конструкций, защита предварительно напряженной арматуры в каналах конструкций, изготавливаемых с последующим натяжением арматуры на бетон;

- соблюдение дополнительных расчетных и конструктивных требований при проектировании бетонных и железобетонных конструкций, в том числе обеспечение проектной толщины защитного слоя бетона и ограничение ширины раскрытия трещин и др.

К мерам вторичной защиты бетонных и железобетонных конструкций относятся их покрытие (обработка):

- лакокрасочными, в том числе толстослойными (мастичными), покрытиями;
- оклеенной изоляцией;
- обмазочными и штукатурными покрытиями;
- облицовкой штучными или блочными изделиями;
- уплотняющей пропиткой поверхностного слоя конструкций химически стойкими материалами;
- обработкой поверхности бетона составами проникающего действия, с уплотнением структуры бетона кристаллизующимися новообразованиями;
- гидрофобизирующими составами;
- препаратами - биоцидами, антисептиками и т.п. [2].

Одним из методов защиты является обработка поверхности бетона жидким стеклом.

Жидкое стекло представляет собой водный щелочной раствор различных силикатных солей. При изготовлении материала используются те же компоненты, что и для выпуска любой другой стекольной продукции - силикат калия или силикат натрия. Производят силикатный клей различными способами. Чаще - воздействием растворов названных компонентов на материал, содержащий кремнезем, при постоянной температуре. В другом варианте - сплавлением обычной соды с крупинками песка.

Использование жидкого стекла в качестве защиты от коррозии бетона и железобетона является эффективным, так как данный материал помимо защиты обладает следующими преимущественными характеристиками:

- повышение прочности бетонных конструкций;
- низкие временные и трудозатраты при приготовлении и нанесении смеси;
- повышение влагостойкости конструкций;
- придает антисептические и огнеупорные свойства.

Анализируя местный сырьевой рынок можно отметить, что по разработкам сотрудников кафедры строительного материаловедения и технологий Братского государственного университета Карнаухова Ю.П., Русиной В.В., и др. была запатентована технология изготовления жидкого стекла из отхода производства кристаллического кремния на Братском алюминиевом заводе – микрокремнезема.

Зapatентованный сотрудниками БрГУ способ получения жидкого стекла проще, он отличается от известного меньшей длительностью технологического процесса и меньшими энергетическими затратами. Время варки жидкого стекла по предлагаемой, энергоэффективной технологии составляет всего 15-90 мин. при атмосферном давлении. Кроме того, предлагаемый способ позволяет значительно расширить диапазон свойств жидкого стекла: силикатный модуль $n = 1-3$ (в прототипе) и $n = 1-9$ (в предлагаемом варианте); плотность $\rho = 1,23 - 1,37 \text{ г/см}^3$ (в прототипе) и $\rho = 1,15 - 1,58 \text{ г/см}^3$ (в предлагаемом варианте). Кроме того, увеличение доли микрокремнезема в суспензии способствует более полному использованию многотоннажного промышленного отхода, что позволяет организовать безотходное производство и тем самым способствует решению экологических проблем. И наконец, использование микрокремнезема со сравнительно узким диапазоном размера частиц позволяет получать однородный продукт высокого качества [1].

Исходя, из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что бетон подвергается различным воздействиям, приводящим к коррозии, защищать его можно различными способами. В качестве одного из эффективных и недорогих материалов является жидкое

стекло, которое можно использовать как компонент бетонной смеси или пропитки для покрытия поверхностей.

Таким образом, на основе проведенного анализа источников сформировалась цель исследования – разработка состава и технологии применения жидкого стекла из микрокремнезема для защиты бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

Литература

1. Пат. РФ № 2056353, МКИ С01 В 33/32. Способ получения жидкого стекла/Ю. П. Карнаухова, В. В. Русина.-Опубл. 1996; Бюл. № 8.
2. Пат. РФ № 2171222, МКИ С01 В 33/32. Способ получения жидкого стекла специального назначения/В. В. Шарова, Е. Н. Подвольская. -Опубл. 2001; Бюл. № 21.
3. Русина В.В. Жидкое стекло из микрокремнезема//Химическая технология. Химическая промышленность. №9. С. 122-125, 2004.
4. Русина В.В., Тарасова Н.Ю. Жидкое стекло для органо-минеральных бетонов//Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. №2. С. 70-71, 2005.
5. Солодова А.Ю. Жидкое стекло и его применение в строительстве// Легкая промышленность. №1. С. 276-279, 2015.

УДК 691.335

Перспективы развития газозолобетона в Восточной Сибири

О.Е. Волкова, А.В. Косых, Е.П. Серышева, В.Ю. Волков

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: газозолобетон, зола-унос, технология, экономическая эффективность, теплопроводность

В Восточной Сибири, где наряду с вопросами высокого качества изделий, остро стоит проблема себестоимости, доминирует неавтоклавная технология, которая благодаря разработкам российских учёных, позволяет в качестве кремнезёмистого компонента использовать тонкодисперсные отходы и промежуточные продукты топливной промышленности. Доступность сырьевых компонентов и энергосберегающая технология изготовления позволяют производителю поставлять на крайне нуждающийся рынок высококачественный штучный материал по доступной цене и отвечающий всем требованиям.

Неоспоримые достоинства неавтоклавной технологии - малая фондёмкость, наличие различных видов цемента и модификаторов бетона, обеспечивающих регулируемый технологический режим производства, невысокая себестоимость готовой продукции.

Таким образом, производства газозолобетона как теплоизоляционного материала из отходов местной промышленности даст возможность создать конкурентоспособный товар и окажет значительное влияние на улучшение экологической обстановки в Восточно-Сибирском регионе.

Введение. Одним из приоритетных направлений развития в области производства строительных материалов в России, является разработка и внедрение новых технологий. Газобетонные блоки являются легким материалом с высокими прочностными характеристиками. Строители европейских стран, которые уже не одно десятилетие имеют с ними дело, свидетельствуют, что стены из газобетона великолепно выдерживают воздействие агрессивной атмосферной среды. Материал обладает отличными теплоизолирующими и

теплоаккумулирующими способностями. По теплопроводности блоки стандартной толщины (375 мм) эквивалентны 600 – миллиметровой кирпичной кладке. Газобетон удовлетворяет всем требованиям экологов, так как не содержит никаких вредных для человека компонентов, а также не выделяет в окружающую среду газы и пыль. По показателям огнестойкости и звукоизоляции он занимает среди стеновых материалов лидирующие позиции. Кроме того, газобетон влагостоек и не подвержен гниению. С целью экономии энергии, расходуемой на отопление, Госстрой РФ недавно установил новые нормативы теплозащиты жилых зданий. В связи с этим существенно изменились условия для снижения капитальных и эксплуатационных затрат при производстве ограждающих конструкций из мелкоштучных изделий. Хотя и до введения ограничений керамический и силикатный кирпич, пустотелые камни и блоки из газобетона могли применяться в однослойных наружных стенах. При этом трудо- и энергозатраты на 1 кв. м стены из газобетона заметно ниже, чем у стен из кирпича или пустотелых камней.

Из анализа известных исследований установлено, что вторичные продукты промышленности могут быть использованы не только в качестве легирующих добавок, но и взамен части сырьевых материалов. Таких как портландцемент и известь, которые участвуют в синтезе цементирующих образований, что способствует не только экономической эффективности их производства, но и решению проблем охраны окружающей среды.

Было установлено, что в зависимости от химического и минералогического состава, вторичные продукты промышленности могут использоваться не только в качестве вяжущего, но и в качестве кремнезёмистого компонента для изготовления ячеистых бетонов, что позволяет при благоприятном химическом составе значительно снизить расход более дорогих компонентов (извести, портландцемента).

Применение зол в производстве ячеистых бетонов в действительности представлено во всевозможных вариантах, от использования её как сырьевого компонента до введения золы в состав сырья в качестве добавки [5]. Так высококальциевые золы обладают всеми исходными характеристиками сырья для изготовления ячеистых бетонов (дисперсность и вяжущий потенциал), к тому же ячеистая структура смягчает явления деструкции расширения золы в поровое пространство без развития трещин.

Основным препятствием при использовании золы как сырья для производства строительных материалов является содержание в ней свободных оксидов кальция и магния в состоянии пережога. Другое препятствие – это широкий разброс состава высококальциевой золы, определяющий значительные колебания свойств (прочности, средней плотности, морозостойкости, и т.д.).

Было установлено, что нейтрализовать негативное влияние свободного СаО золы возможно различными способами: физическими, химическими, а также за счёт совместного использования с цементом и другими вяжущими.

Наибольшее распространение для устранения деструктивных процессов при твердении высококальциевых зол находят химические добавки, чаще их комплексы.

В Восточной Сибири, где наряду с вопросами высокого качества изделий, остро стоит проблема себестоимости, доминирует неавтоклавная технология, которая благодаря разработкам российских учёных, позволяет в качестве кремнезёмистого компонента использовать тонкодисперсные отходы и промежуточные продукты топливной промышленности.

Неоспоримые достоинства неавтоклавной технологии - малая фондоёмкость, наличие различных видов цемента и модификаторов бетона, обеспечивающих регулируемый технологический режим производства, невысокая себестоимость готовой продукции.

Автоклавная технология хорошо освоена, обеспечивает, особенно в зарубежном исполнении высокое качество продукции, в том числе ячеистого бетона пониженной средней плотности, проектную прочность сразу после автоклавной обработки, высокую долговечность. Её преимущества снижаются высокой капиталоемкостью, энерго-, и материалоем-

костью производства, сложностью технологического оборудования, а также высокой стоимостью продукции при постоянно растущей энергетической составляющей себестоимости, кроме того, необходимо использовать портландцемент с высокой активностью для производства ячеистых бетонов с пределом прочности 50-75 кг/см². Наибольшее распространение на сегодняшний день получила технология конструкционно-теплоизоляционного неавтоклавного ячеистого бетона средней плотностью 500-800 кг/м³.

Для оценки экономической эффективности производства неавтоклавного газобетона были проведены сравнительные исследования себестоимости 1 м³ цементно-зольного с химическими добавками и цементно-песчаного газобетонов. При этом плотность газобетона и расход составляющих компонентов брали с учётом обеспечения минимального класса по прочности при сжатии В1,5. Так для обеспечения необходимой прочности цементно-песчаного газобетона необходимо использовать плотность материала D850, а для цементно-зольного D600.

Калькуляция затрат на производство 1 м³ газобетона сравниваемых составов представлена в таблице 1.

Таблица 1

Калькуляция затрат на возведение 1 м³ стены из газобетона различного состава

Наименование затрат на возведение 1 м ² стены из газобетона различного состава	Стоимость затрат на 1 м ³ стены из газобетона		Стоимость затрат на 1 м ² стены из газобетона	
	Состав №1	Состав №2	Состав №1	Состав №2
Себестоимость, руб.	1823,85	2130,15	820,5	1554
Кладка стены, руб.	525	525	236,25	383,25
Кладочный раствор	3000	3000	90	120
Доставка(100 руб. за 1 м ³)	150	150	67,5	109,5
ИТОГО			1213,75	2166,75

Удельный экономический эффект в этом случае составил:

$$\text{Эуд} = 2130,15 - 1823,85 = 306,3 \text{ руб. (17\%)}$$

Определённый интерес представляет сравнение 1 м² стены с коэффициентом термического сопротивления 3,2 (районы Восточной Сибири) из газобетонов, предлагаемых составов.

Так толщина стены для газозолобетона (состав №1) равна 0,512 м ($\rho_m = 600 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,16 \text{ Вт/м}^0\text{С}$), а для цементно-песчаного (состав №2) – 0,736 м ($\rho_m = 850 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,23 \text{ Вт/м}^0\text{С}$). Полученная калькуляция затрат на 1 м² стены представлена в табл. 1.

Удельный экономический эффект в этом случае составляет:

$$\text{Эуд} = 2166,75 - 1213,75 = 953 \text{ руб.}$$

Вывод. Таким образом, расчёт удельной экономической эффективности показал преимущества применения газозолобетона с химическими добавками по сравнению с классическим цементно-песчаным ячеистым конгломератом. Его внедрение приведет к подъему производства и поможет выйти из критической ситуации сложившейся в Восточной Сибири.

Литература:

1. Косых А.В., Серышева Е.П. К вопросу повышения коэффициента качества газобетонов. Материалы VIII (XIV) Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых 21-25 марта 2016. – Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ», 2016.– с.75.

2. Косых А.В., Серышева Е.П., Ю.С. Гавришук. Свойства ячеистых бетонов и факторы их обуславливающие. Материалы X Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. – Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ», 2016.– с.45.

3. Косых А.В. Повышение эффективности газобетонов, изготовленных с использованием техногенных отходов / А.В.Косых // Современные строительные материалы и ресурсосберегающие технологии. Труды НГАСУ. - Новосибирск: НГАСУ, 2003. - 44-48 с.

4. Косых А.В. Исследование влияния добавок на свойства ячеистого бетона. Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: Материалы VII Всероссийской научно-технической конференции. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2010. – 241 с.

5. Косых А.В., Лужнова Е.В. Сырьевая смесь для изготовления газобетона с повышенными прочностными характеристиками Патент № 2326097, 2008.

6. Косых А.В., Лужнова Е.В. Сырьевая смесь для изготовления газобетона с повышенными прочностными характеристиками Патент № 2326097, 2008.

7. Косых А.В., Лужнова Е.В., Лохова Н.А., Беляева Л.Н. Охрана окружающей среды в муниципальных образованиях на современном этапе: Материалы II межрегиональной научно-практической конференции. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2005. – 408

8. Косых А.В. Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: Материалы Межрегиональной научно-технической конференции. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2006. – 175 с.

9. Косых А.В. Инженерные науки – развитию регионов Сибири: Материалы VII Всероссийской научно-технической конференции. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2008. – 241 с.

10. Косых А.В. Модификация как возможность изготовления пропариваемых газозолобетонов: Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. - 2014. – т. 1. – с.126 - 133

УДК 711.4

Анализ развития малоэтажной застройки в планировочной структуре большого города

Л.В. Глебушкина, Л.Ю. Гребенникова

Братский Государственный Университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: малоэтажная жилая застройка, исторический анализ малоэтажного строительства, зарубежный опыт малоэтажного строительства.

В статье обоснована необходимость учета малоэтажных жилых комплексов в планировочной структуре большого города, проведен анализ по процентному соотношению малоэтажного строительства относительно высокоэтажного жилого фонда. Рассмотрен анализ отечественной и зарубежной практики проектирования комплексной малоэтажной застройки, размещенной в структуре больших городов, также описаны преимущества малоэтажных жилых комплексов. Определены историко-экономические и градообразующие предпосылки, социальные факторы, влияющие на формирование и тенденции развития малоэтажных жилых комплексов на основе их исторического развития. Систематизированы архитектурно-градостроительные и социальные аспекты, выявлены планировочные особенности при проектировании малоэтажных жилых комплексов.

В период массового индустриального жилищного строительства теоритические предложения по размещению малоэтажной застройки в крупных городах появлялись с постоянной периодичностью.

С развитием транспортной системы города появляется возможность территориального разделения места жительства и места работы, планировщики неустанно занимаются разработкой типологии городского жилья. Раннекапиталистические градостроительные модели новых поселений непременно подразумевали создание рабочих мест без которых новые жители просто не смогли бы выжить. В конце XIX-начало XX в. возникла идея о

том, что человек может работать в городе, а жить за его пределами. Появление новых транспортных средств, комфорт, благоустройство и взаимодействие с природой подстегнуло разрастание города путем субурбанизации подразумевающей малоэтажную застройку. В результате этого процесса появились две модели: европейская и американская.

Американская модель сформировалась в 1920-е годы в результате двух факторов: общедоступности автомобиля и протяженных размеров агломерации, где размещается преимущественно малоэтажная застройка.

Европейская модель всегда была одной из основных забот городской администрации. Эффективное использование общественного транспорта предполагает большую плотность населения, чем в американском типе. Следовательно, новые районы создаются либо в виде высокоплотного города-сада, либо как разновидность городских кварталов.

С течением времени сложилась советская модель субурбанизации, которая представляет собой кольцо многоквартирных домов высокой плотности вокруг исторического центра города.

Анализ библиографических источников отражающих, зарубежный опыт малоэтажного жилищного строительства, в том числе различных интернет-порталов и сайтов, показал наличие большого позитивного опыта в области обеспечения приоритетов малоэтажного жилищного строительства. В ряде передовых экономических стран совершенно доминирует другой менталитет граждан, у которых давно сформирован и реализуется потребительский спрос только на преимущественное проживание в индивидуальном жилье, данные показаны в таблице 1. Из приведенных данных следует, что роль многоэтажного жилья сведена до минимально допустимой доли, ориентированного только на социальный сектор малоимущих.

Таблица 1.

Анализ строительства зарубежных малоэтажных жилых комплексов

Страна	Плотность населения, чел/км ²	Доля малоэтажного жилого фонда, %	Технология малоэтажного строительства
США	32	92	деревянно-каркасная
Германия	230	90	каркасно-панельная
Канада	3,5	79	деревянно-каркасная
Финляндия	16	64	деревянная, каркасно-панельная

Стремление к наличию собственного малоэтажного дома для семьи и индивидуализации личного пространства входит в национальную ментальность жителей северной и центральной части Европы и Северной Америки (рис.1).

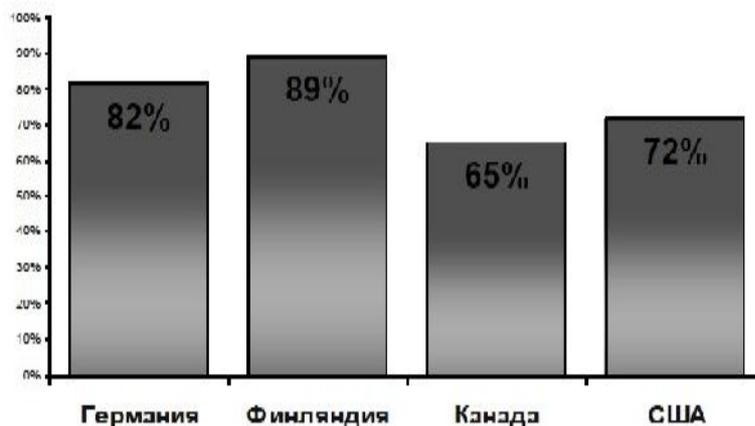


Рис.1. Доля населения стран Европы и Америки, живущих в собственных домах (%)

Тенденции к индивидуализации жилья преобладают в странах с наименьшей плотностью населения. Наибольшей популярностью в Северной Америке, Центральной и Северной Европе пользуются быстровозводимые индивидуальные малоэтажные дома, по цене ниже, чем городские.

Проведенные исследования последних лет показали, что одной из важнейших особенностей ввода жилья в РФ является наличие устойчивой тенденции увеличения доли малоэтажного жилищного строительства как в целом по РФ, так и по регионам России. Анализ проводимых социологических опросов граждан Фондом "Общественное мнение", желающих улучшить жилищные условия, подтверждает, что в среднем около 61% опрошенных предпочитают жить в индивидуальном доме и только 29% в отдельной квартире.

Проведенный анализ официальной статистики показывает, что абсолютные показатели ввода индивидуального малоэтажного жилья в целом по России постоянно растут: с 6,2 млн.м. кв в 1990 г. до 17,6 млн. м. кв в 2005 г. и 39,5 млн. м.кв. в 2016 г., что иллюстрируют данные, показаны в таблице 2.

Таблица 2

Малоэтажное строительство в России 2005 – 2016 гг.

Наименование категории	Год реализации								
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2014	2015	2016
Построено жилья всего, млн.кв. м	43,5	50,2	60,0	63,8	59,8	58,1	84,2	85,3	79,8
Построено малоэтажных жилых домов всего, млн. кв. м	17,6	19,8	26,0	27,4	28,5	25,5	32,5	34,3	39,5
Доля малоэтажных жилых домов, %	40,1	39,5	42,5	43,0	47,7	43,6	50,42	48,34	48,2

Анализ показывает, что рост относительной доли малоэтажного строительства будет продолжаться. Это подтверждают статистические данные по вводу жилья за первое полугодие 2016 г., где эта доля достигла 48,2%.

По прогнозам Правительства РФ доля малоэтажного строительства в общем вводе жилья в 2015 году должна составить не менее 48%, а в 2020 году – 70%.

Можно сделать общий вывод, что возможно, в будущем будет осуществляться комплексная малоэтажная застройка территорий, где цена за 1 кв. м будет в разы ниже сегодняшней.

Малоэтажная жилая застройка по сравнению с традиционным для России строительством многоэтажного жилья следует отнести:

- социально-психологический комфорт проживания;
- доступность: при наличии земельного участка строительство индивидуального жилого дома может осуществляться одной семьей самостоятельно или строительной бригадой, при этом цена не превысит 15 - 20 тыс. руб. за 1 кв.м.;
- индустриальность: современные технологии индустриального массового возведения малоэтажного жилья позволяют обеспечить более низкую себестоимость.
- энергоэффективность: при применении современных строительных технологий и материалов можно легко достичь необходимый уровень теплоэффективности в малоэтажных домах в соответствии с современными требованиями.
- экологичность: комплексное малоэтажное жилищное строительство планируется осуществлять преимущественно на периферийных территориях, которые являются более экологически безопасными, чем территории городов;
- динамичность: современные технологии массового возведения малоэтажного жилья позволяют обеспечить строительство жилых домов в более короткие сроки, чем строительство многоэтажных домов; более низкие финансовые затраты и более короткие

сроки запуска заводов по производству строительных материалов для малоэтажного домостроения [3].

Массовое малоэтажное строительство очень перспективно и обладает большой возможностью для претворения в жизнь планов государства по обеспечению россиян комфортным и недорогим жильем. Малоэтажное строительство обладает рядом преимуществ. Привлекательность малоэтажного строительства обусловлена тем, что:

- В районах малоэтажной застройки жилые здания возводятся в соответствии с единой архитектурной концепцией, при этом подразумевается наличие развитой инфраструктуры.

- В малоэтажную застройку входит обеспечение необходимой инфраструктурой - одновременно с возведением жилых домов строится необходимое количество детских садов, школ, поликлиник, торговых центров.

- Малоэтажная застройка - это более благоприятная экологическая обстановка, т. к. строительство малоэтажных жилых зон предполагается на окраинах крупных городов поближе к природе, наличие природной рекреационной зоны поблизости (лес, водоем или местность с интересным рельефом).

- Малоэтажное строительство позволяет возвести жилье в небольшие сроки.

- Малоэтажные дома отличаются хорошим качеством постройки.

- У малоэтажных домов невысокая цена, сопоставимая с ценой экономжилья в многоэтажках, а зачастую – и ниже.

- Малоэтажные жилые комплексы требуют небольших эксплуатационных расходов.

- Наличие социально-психологического комфорта, т. к. в таких местах присутствует атмосфера тишины, спокойствия и размеренности, что так не характерно для жилых районов-кварталов мегаполисов.

- Малоэтажная застройка она приемлема для разных регионов России, в том числе, и в районах с высокой сейсмичностью и сложным рельефом [2].

Территориальный рост городов продолжается, увеличиваются площади застраиваемых территорий, вследствие чего постоянно уменьшается количество пахотных земель, исчезают леса, мелеют реки, это все приводит к негативному расширению городов.

Несмотря на стремительный рост городов и тяготению людей к городской жизни в современном обществе приобретает свою значимость понятие «малоэтажного комплекса».

Малоэтажный жилой комплекс – это жилой массив с числом домов более пяти, построенный в рамках общего генерального плана, имеющий общую социальную и инженерную инфраструктуру, единую службу управления и обслуживания.

Именно малоэтажные комплексы следует включать в структуру города, нежели застраивать эту территорию многоэтажной застройкой. Таким образом, возникает возможность создания высокоплотной, сомасштабной человеку и, при этом высококомфортной жилой среды, менее трудоемкой в исполнении и экономически сравнимой с многоэтажными жилыми домами.

Таким образом появился вариант смешанной разноэтажной застройки в городской черте г. Москвы, это такие жилые районы как Южное и Северное Бутово (1985), Косино-Жулебино, Толстопальцево, Куркино, Кожухово, Калькуз (Ташкентский жилой район) рис 2., Маклино (Калужская область) рис 3., прием постепенного повышения этажности увеличивает эффект пространственного восприятия уникального ландшафта.

Планировка проектируемых кварталов обогащается сочетанием малоэтажных и многоэтажных домов, дворовое пространство становится вполне соизмеримым человеку, комфортным для его пребывания, чего совсем непросто добиться в крупном городе, учтены природно-ландшафтные особенности местности. Эти мероприятия направлены на улучшение социальных условий проживания населения, как единого организма в системе крупного города.

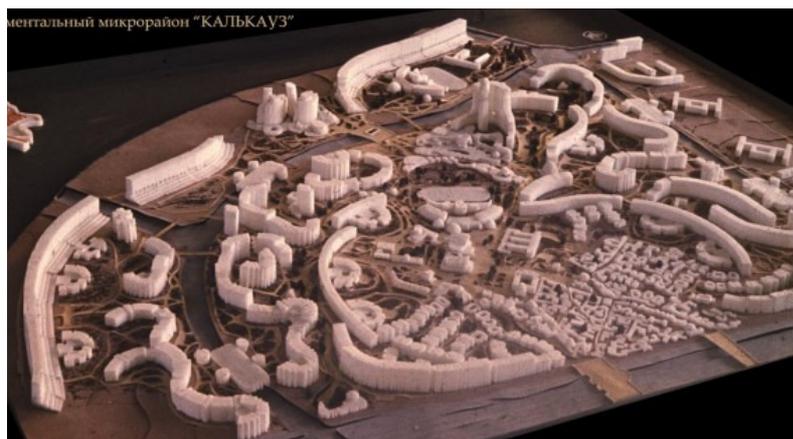


Рис. 2. Проект жилого района «Калькуз»



Рис. 3. Жилой район «Маклино»

При строительном зонировании желательно придерживаться принципа постепенного снижения высоты застройки от центра к периферии. В целях архитектурной выразительности выявления общественного центра населенного пункта здания повышенной этажности желательно намечать в первую очередь на площади и в центральных частях населенного места.

В г. Братске земельный фонд в границах городской черты составляет 26294 га. Земли жилой застройки занимают всего 1531 га, что составляет 6% территории города, из них индивидуальной застройки 794 га - 3,0%

По данным Братского городского центра технической инвентаризации жилищный фонд на 01.01.2006г. составил 5345,2 тыс.м². Средняя обеспеченность жилищным фондом в расчете на одного жителя составляет 21 м², а на 01.01.2014 г. на одного человека в Братске приходится 22,1 м² жилой площади. Около 7% жилищного фонда размещается в 2-3-х этажной, 17% - в 1-этажной.

По данным реестра свободных земельных участков в г. Братске в жилом районе Центральный, микрорайон Курчатовский площадью 8,5 га предназначен для комплексной малоэтажной застройки (жилые дома до двух этажей с приусадебными участками).

По проекту Генерального плана муниципального образования города Братска, территория отведена под малоэтажную капитальную застройку в Центральном округе 852,7 га, Падунском округе 243,55 га и Правобережном округе 287,2 га.

Что показывает в сумме значительный объем, следовательно, вопросы по развитию малоэтажной застройки в планировочной структуре большого города чрезвычайно важны.

Литература

1. Проблемные аспекты развития малоэтажного жилищного строительства России: Монография / Под общей редакцией Академика МАИИ В.С. Казейкина и проф.С.А. Баронина. – М: ИНФРА-М, 2011. – 278 с.
2. Кутяк Т.В., Дмитренко А.Ю. Высокоплотная малоэтажная жилая застройка: проблемы и перспективы развития.
3. «Доля малоэтажного строительства» [электронный ресурс].- Режим доступа: <https://uchil.net/?cm=45348.html> - Загл.с экрана

УДК 711.4

Современные проблемы строительной сферы как индикатор формирования стратегии градостроительного развития территорий

Л.В. Глебушкина, А.В. Грищенко

Братский Государственный Университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: строительство жилья, жилищный фонд, нормативы градостроительного проектирования, жилищная обеспеченность.

В статье освещены некоторые проблемы в строительной отрасли современной России. Приведен анализ результатов Федеральной целевой программы «Жилище» на 2011-2015 гг., и частичных результатов Федеральной целевой программы «Жилище» на 2015-2020 гг. Представлены статистические данные по состоянию жилищного фонда в РФ и динамике ввода жилья, и данные по территориальному развитию регионов. Особое внимание уделено состоянию и соответствию действующему градостроительному законодательству документов территориального планирования, и документов, регулирующих строительство на региональном и местном уровнях. Обоснована необходимость анализа настоящих нормативов градостроительного проектирования и разработки индивидуальных нормативов с набором определенных параметров, применительно к застройке каждого региона.

Строительство относится к числу ключевых фондо- и системообразующих отраслей, во многом определяющих темпы развития национальной экономики, а также способствующих решению важнейших социально-экономических проблем современной России. Строительный комплекс остается одним из немногих реальных секторов экономики, способствующих структурной перестройке промышленности и в конечном итоге обеспечивающих эффективность реорганизации всей экономики.

В структуре валовой добавленной стоимости 2013 года, строительный сектор занимает 7%, в 2014 году – 10,1%, в 2015 году – 7 % [1].

Создание условий, позволяющих повысить доступность жилья для широких слоев населения страны, входит в число важнейших задач современной России. Решению этой острой проблемы способствуют различные механизмы воздействия на отрасль жилищного строительства и рынок жилья на федеральном уровне, уровне субъектов федерации и муниципальных образований.

Наиболее долгосрочным, и в течение определенного времени единственным, программно-целевым инструментом решения задач доступности жилья является Федеральная целевая программа «Жилище» на 2011-2015 гг., Федеральная целевая программа «Жилище» на 2015-2020 гг. (далее – ФЦП «Жилище» на 2011-2015 гг., ФЦП 2015 – 2020 гг., Программа). Ранее действовала Федеральная целевая программа «Жилище» на 2002-2010

гг. В 2014 году ФЦП «Жилище» на 2011-2015 гг. отнесена к числу приоритетных механизмов реализации Государственной программы Российской Федерации «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации», - объем бюджетного финансирования ее мероприятий составляет более 40% всего объема ресурсного обеспечения государственной программы.

По заказу Федерального казенного учреждения «Объединенная дирекция по реализации федеральных инвестиционных программ» Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (ФКУ «Объединенная дирекция» Минстроя России) организацией ООО «Международный центр инновационных программ» (Государственный контракт № 0373100024315000019-0156875-02 от 15.06.2015г.) в 2015 году была проведена независимая оценка показателей результативности и эффективности программных мероприятий Федеральной целевой программы «Жилище» на 2011 - 2015 годы, их соответствия целевым индикаторам и показателям, за 2014 год.

Таблица 1

Оценка динамики эффективности и результативности Федеральной целевой программы «Жилище» на 2011 – 2015 годы» в 2011-2014 гг.

Наименование индикатора	Уровень выполнения планового значения, %			
	2011 год	2012 год	2013 год	2014 год
1. Комплексные индикаторы				
1.1. Уровень обеспеченности населения жильем (на конец года)	100,9	101,3	101,7	100
1.2. Коэффициент доступности жилья (соотношение средней рыночной стоимости стандартной квартиры общей площадью 54 кв. метра и среднего годового совокупного денежного дохода семьи, состоящей из 3 человек) (на конец года)	88,8	71,4	117,1	100,0
1.3. Доля семей, имеющих возможность приобрести жилье, соответствующее стандартам обеспечения жилыми помещениями, с помощью собственных и заемных средств (на конец года)	142,1	117,8	108,0	101,9
2. Индикатор, характеризующий уровень государственной поддержки в решении жилищной проблемы молодых семей				
2.1. Количество молодых семей, улучшивших жилищные условия (в том числе с использованием ипотечных кредитов и займов) при оказании содействия за счет средств федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации и местных бюджетов (на конец года)	35,0	82,1	66,6	91,3
3. Индикаторы, характеризующие развитие жилищного строительства				
3.1. Годовой объем ввода жилья	98,9	103,5	110,2	122,9
3.2. Доля ввода жилья, соответствующего стандартам эконом-класса, в общем объеме ввода жилья	105,2	82,4	80,0	65,5
3.3. Доля ввода малоэтажного жилья в общем объеме ввода жилья	103,6	102,0	70,7	59,2
4. Индикатор, характеризующий исполнение государственных обязательств по обеспечению жильем категорий граждан, установленных федеральным законодательством				
4.1. Количество граждан, относящихся к категориям, установленным федеральным законодательством, улучшивших жилищные условия (нарастающим итогом)	106,7	88,7	97,7	91,2
5. Индикатор, характеризующий ввод объектов коммунальной инфраструктуры				
5.1. Количество объектов коммунальной инфраструктуры, строительство и реконструкция которых завершены (нарастающим итогом)	0,0	18,2	100,0	66,7

6. Индикатор, характеризующий актуализацию строительных норм				
6.1. Количество разработанных (актуализированных) национальных стандартов и сводов правил в рамках Программы (на конец года)	100,0	100,0	-	-
7. Доля жилья, планируемого к строительству на земельных участках, вовлеченных в оборот в соответствии с Федеральным законом «О содействии развитию жилищного строительства»	-	73,6	105,2	114,8

Общий жилищный фонд Российской Федерации на период с начала 2016 года по октябрь 2016 года составил более 3,58 млрд. квадратных метров, таким образом, на каждого жителя России приходится около 23,8 кв.м. жилой площади [1].

На протяжении всего периода реализации Программы имеет место выполнение утвержденных плановых значений комплексного индикатора обеспеченности жильем.

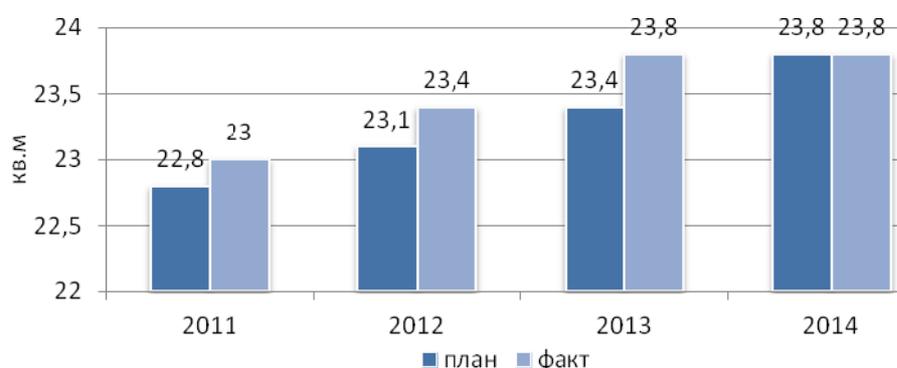


Рис. 1. План-фактная динамика уровня обеспеченности населения жильем в РФ в 2011-2014 гг. (на конец года)

В то же время опыт зарубежных стран показывает, что для кардинального улучшения жилищной обеспеченности в приемлемые сроки (на протяжении жизненного цикла одного поколения) строительная активность должна составлять около 1 кв.м./чел. в год. Например, в период интенсивного решения жилищной проблемы в Японии ежегодно строилось 0,9-1 м² жилья на человека, в США – 0,7-0,8 м², во Франции и Германии – около 0,7 м². Наиболее наглядным примером является Китай, который уже довольно длительное время поддерживает строительную активность на уровне 1 м²/чел. Это позволило ему в последние годы обойти Россию по уровню жилищной обеспеченности, которая составляет сейчас в КНР 27 м² на одного жителя [2].

Однако, несмотря на весьма благоприятную общую динамику жилищного строительства в России, ситуация сильно отличается по отдельно взятым регионам, о чем говорит статистика ввода жилья в эксплуатацию (рисунок 2, 3). Из 95 регионов, только лишь 7 имеют строительную активность, позволяющую улучшить уровень жилищной обеспеченности.

Состояние строительной отрасли как объекта государственного регулирования в настоящее время обусловлено изменениями в политической, правовой и экономических сферах России. Строительство представляет собой область привлечения государственных и частных инвестиций, способствующих экономическому росту страны и ее развитию. Отдельным видам строительства присуща особая значимость в решении задач социальной политики государства, направленной на создание благоприятных условий жизни и деятельности населения, прежде всего, в форме обеспечения граждан жильем.

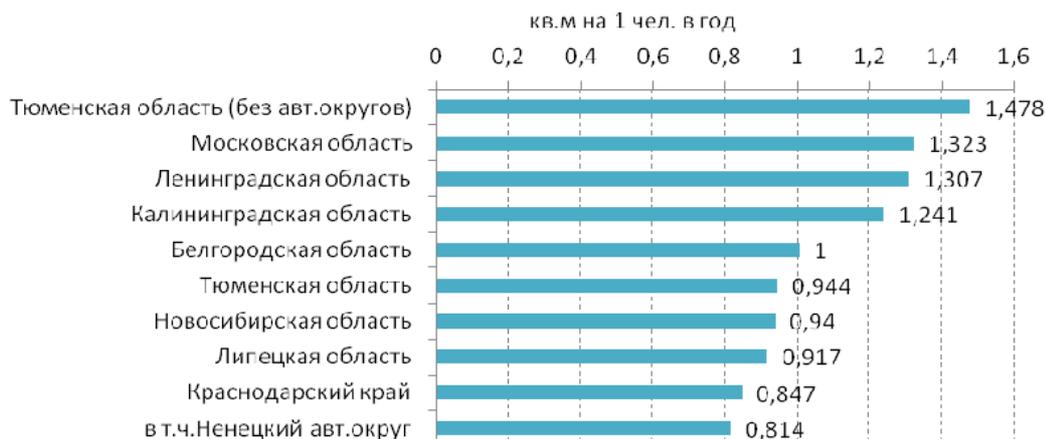


Рис. 2. Топ-10 субъектов Российской Федерации по вводу жилья на 1 человека в 2015 году

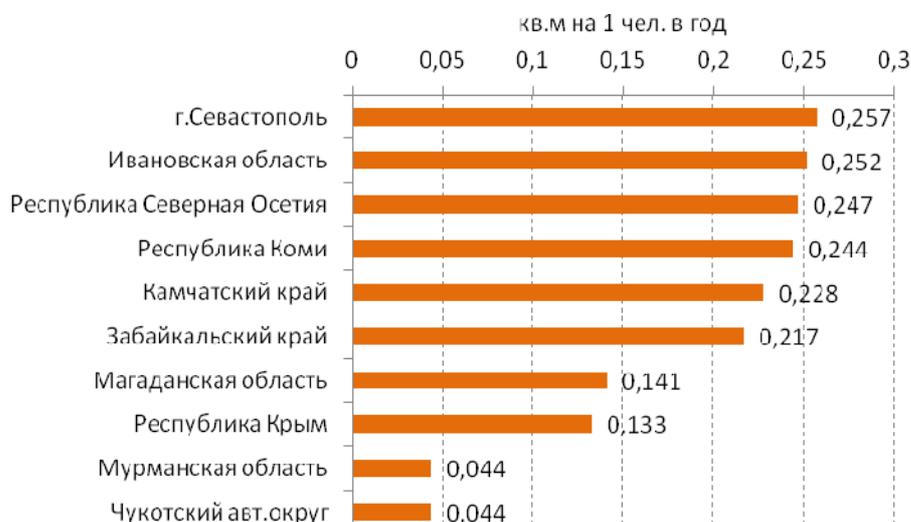


Рис. 3. Субъекты Российской Федерации с наименьшей удельной площадью ввода жилья в 2015 году

Самое прямое участие в процессе строительства через административное регулирование важно еще в связи с тем, что сам процесс строительства напрямую влияет на жизнедеятельность города, оказывая довольно значительное влияние на социальную и экономическую эффективность его жителей и предприятий.

Государственные, общественные и частные интересы в области градостроительной деятельности обеспечиваются посредством: выполнения требований нормативных правовых актов, государственных градостроительных нормативов и правил; реализации градостроительной и проектной документации в целях обеспечения благоприятных условий проживания; осуществления контроля за их выполнением [3].

На сегодняшний день, в ГК РФ нет положений, определяющих требования к профессиональному уровню подготовки подлежащих утверждению положений документов территориального планирования (далее – ТП) и градостроительного проектирования. До настоящего времени федеральные органы власти не находят средств на разработку подзаконных нормативных актов, решающих эту задачу.

Правительство РФ до сих пор не приняло решение о разработке комплексной (генеральной) схемы территориального планирования (ТП) РФ и соответствующих схем ТП федеральных округов. Это привело к несогласованности между собой материалов отрас-

левых схем ТП, схем ТП субъектов РФ. Следствием стали грубые градостроительные ошибки.

Последняя Генсхема расселения России, выполнявшаяся по государственному заказу, разрабатывалась в 1995 г. МОСГИПРОГОРОМ, то есть 20 лет назад. В условиях последовательной децентрализации управления страной она не могла выполнить свою консолидирующую и направляющую функцию в территориальном планировании. Выполнявшиеся в последующие годы разработки в масштабе России имели в значительной степени поисковый исследовательский характер, но не имели значения градостроительного документа обязательного действия [4].

Практика рассмотрений и согласований документов показала, что уровень соответствия схем территориального планирования субъектов Российской Федерации действующему градостроительному законодательству является достаточно низким. Практически во всех рассмотренных документах требуется приведение в соответствие с Градостроительным кодексом используемых терминов и понятий в части территориального планирования. Кроме прочего, нарушаются сроки подготовки документов.

Для регионов и городских округов продолжается большая работа – создание Региональных нормативов градостроительного проектирования, для городов, в соответствии с требованиями Федерального закона "Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации" и Градостроительного кодекса Российской Федерации, каждый муниципальный район должен иметь утвержденную схему территориального планирования, а каждое поселение и городской округ - утвержденный генеральный план, правила землепользования и застройки, местные нормативы градостроительного проектирования, иную документацию по планировке территории.

Сегодня практически на 100% утверждены схемы территориального планирования субъектов Российской Федерации, свыше 90% схем территориального планирования муниципальных районов и генеральных планов городских округов и городских поселений утверждены или находятся на стадии согласования и утверждения [5].

Однако качество исполнения этих документов крайне низкое, отсутствует структурированность и системность. Территориальное планирование каждого региона в частности отличается друг от друга в силу различных факторов, что требует создания индивидуальных нормативов с набором определенных параметров применительно к застройке данного региона, а не разработке шаблонного варианта.

Оценив наличие проблемы, на основании анализа сложившейся ситуации, намечено проведение исследования, с целью создания системы градостроительных показателей на уровне плотностных характеристик, интенсивности использования, планировочного деления и других.

Литература

1. Россия в цифрах. 2016: Крат. стат. сб./Росстат - М., 2016 - 543 с.
2. Нидзий Е.Н. Проблемы и перспективы развития строительной отрасли России в условиях экономического кризиса // Вестник МГСУ. 2016. № 5. С. 119—129.
3. Отчёт об оказании услуг по проведению независимой оценки показателей результативности и эффективности программных мероприятий федеральной целевой программы «жилище» на 2010 – 2015 годы, их соответствия целевым индикаторам и показателям за 2014 год.
4. «Цель и задачи градостроительной деятельности» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.rusbuiltrealty.ru – Загл. с экрана
5. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2014: P32 Стат. сб. / Росстат. М., 2014. 900 с.
6. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2015: P32 Стат. сб./Росстат. М., 2015. 1266 с.

УДК 691.32:624.046.2

Оценка несущих систем многоэтажных зданий серии 1-464А

В.А. Люблинский, А.Е. Ероцкая, В.А. Ероцкий

Братский Государственный Университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, несущая система, линейный расчет, программный комплекс АВЕС.

В данной работе выполнили оценку несущей системы здания серии 464-А, используя программный комплекс АВЕС. Был рассмотрен учет нелинейных свойств бетона и арматуры, при оценке напряженно деформирования состояния здания и конструкций.

Бетоны – искусственные каменные материалы. Структура бетона формируется в виде пространственной решетки из цементного камня, заполненной зернами крупных и мелких заполнителей и пронизанной многочисленными микропорами и капиллярами, содержащими химически несвязанную воду, водяные пары и воздух. Поэтому бетон представляет собой капиллярно-пористый каменный материал, в котором нарушена сплошность и присутствуют все 3 фазы – твердая, жидкая и газообразная.

Цементный камень состоит из упругого кристаллического сростка и наполняющей его вязкой массы – геля. Сочетание упругой и вязкой структурных составляющих цементного камня наделяют бетон свойствами упругопластично-ползучего тела. Структура бетона оказывает решающее влияние на свойства бетона. Эти свойства проявляются в поведении бетона под нагрузкой и в его взаимодействии с внешней средой.

В бетоне различают деформации двух основных видов: объемные, развивающиеся во всех направлениях под влиянием усадки и изменения температуры, и силовые, развивающиеся, главным образом, вдоль направления действия сил [1].

Для оценки несущей системы железобетонного здания была выбрана 1-464 серия жилых домов, построенная в СССР, разработанная институтом Гипростройиндустрия в конце 1950-х годов.

Общесоюзная серия панельных хрущёвок, строилась по всей территории СССР с конца 1950-х по середину 1960-х, модификации — по конец 1970-х. Хрущёвки серии 1-464 внешне узнаваемы по окнам на межэтажной площадке в подъездах, идентичным 2-створчатым окнам в квартирах. Серия 1-464 признана достаточно удачной среди панельных хрущёвок и широко распространена по всей территории СССР.

Дома многосекционного типа, наиболее часто встречаются 4-секционные. Дом состоит из торцевых и рядовых секций.

В основу решения домов серии 1-464 положена перекрестно-стенная конструкционная система. Наружные стены — 1- и 3-слойные железобетонные панели толщиной от 21 до 35 см в зависимости от климатического района строительства. Наружные панели — с «узким шагом», шириной 2,6 и 3,2 метра. Панели гладкие окрашенные, либо не окрашенные с гравийной обсыпкой. Балконы расположены на панелях шириной 3,2 м.

Перекрытия — сплошные железобетонные плиты толщиной 10 см. Перегородки — железобетонные, сплошного сечения, толщиной 12 см.

Крыша плоская совмещенная, неветилируемая. Крыша выходит за стены «козырьком» и покрыта рулонным битумным материалом. Водостоки наружные или отсутствуют. Технический этаж (чердак) отсутствует. Высота потолков 2,5 м.

В 1960 г. институтом Гипростройиндустрия была проведена работа по корректировке проектов, в результате которой выпущены откорректированные чертежи проектов с

индексом «А». В 1963—1964 гг. на ее основе институтом ЦНИИЭП Жилища разработана улучшенная серия 1-464А с индексами 14..18.

В домах серии 1-464А-14..1-464А-18 сокращено количество проходных комнат, появились отдельные санузлы, квартиры с двусторонней ориентацией («распашонки»). В угловых секциях могли располагаться четырехкомнатные квартиры с двумя малометражными комнатами вдоль торцевой стены. На лестничной площадке по 3 квартиры. Снаружи дом можно отличить по спаренным балконам со стороны подъездов и уменьшенного количества балконов на обратной стороне. Также изменена кровля с плоской на двускатную.

С течением времени несущие и ограждающие конструкции зданий и сооружений изнашиваются, стареют. В начальный период эксплуатации зданий, домов и сооружений происходят взаимная приработка элементов, осадочные явления, вызванные изменением и нагрузками на основания, деформациями ползучести в материалах, и т.д. Происходит снижение механических, прочностных и ухудшение эксплуатационных характеристик конструкций зданий. Все эти изменения в конструкциях зданий могут быть как общими, так и локальными, они происходят самостоятельно и в совокупности. В процессе эксплуатации любого здания время от времени возникает необходимость проверки эксплуатационной пригодности несущей системы в целом и по отдельности несущих элементов.

Для оценки и эффективности здания и несущих элементов были выполнены следующие действия:

- 1) Выполнен расчет всей несущей системы здания серии 1-464А;
- 2) Выбран самый нагруженный столб и рассчитан как внецентренно – сжатый элемент;
- 3) По результатам расчета сделан вывод.

Оценка несущей системы пятиэтажного железобетонного здания серии 1-464А произведена с использованием программы «АВЕС», исходная схема представлена на рисунке 1. Для вертикальных элементов (столбов) определены изгибающие моменты, продольные силы, максимальные и минимальные напряжения.

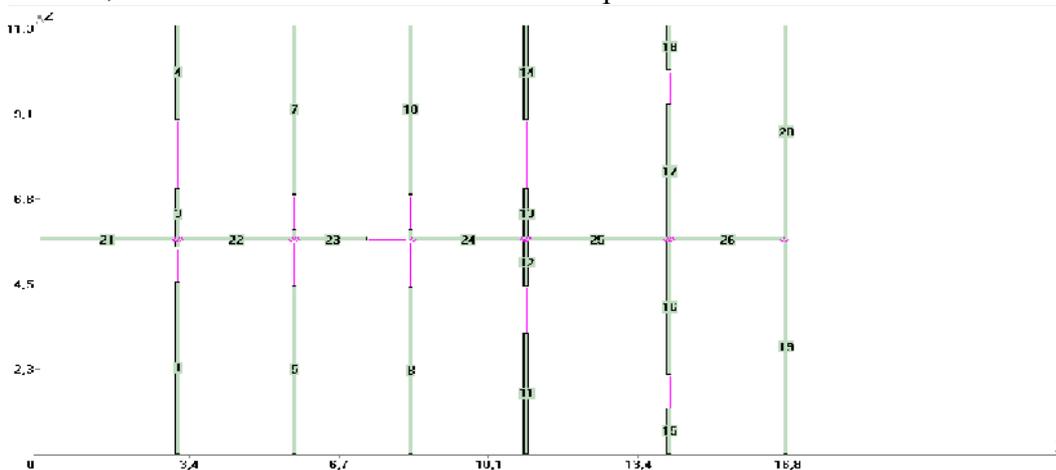


Рис. 1. Конструктивная схема здания серии 1-464А

Программный комплекс «АВЕС» предназначен для расчета несущих систем железобетонных многоэтажных зданий на основе дискретно-континуальной модели. С его помощью можно произвести серию расчетов по оценке напряженно-деформированного состояния несущей системы многоэтажного здания; проанализировать влияние податливости связей, вертикальной и горизонтальной нагрузки на усилия в элементах несущей системы, сравнить результаты различных расчетов между собой, построив графики [4].

Для конструктивного расчета выбран сплошной столб № 4.

Эпюры изгибающих моментов и продольных усилий для столба №4 приведены на рисунках 2 и 3, и перерезывающие усилия для связи №2 на рисунке 4.

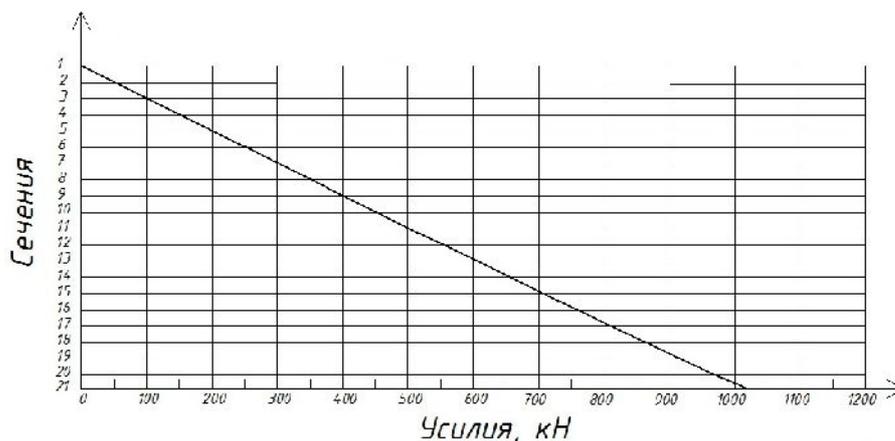


Рис. 2. Эпюра продольных усилий столба №4

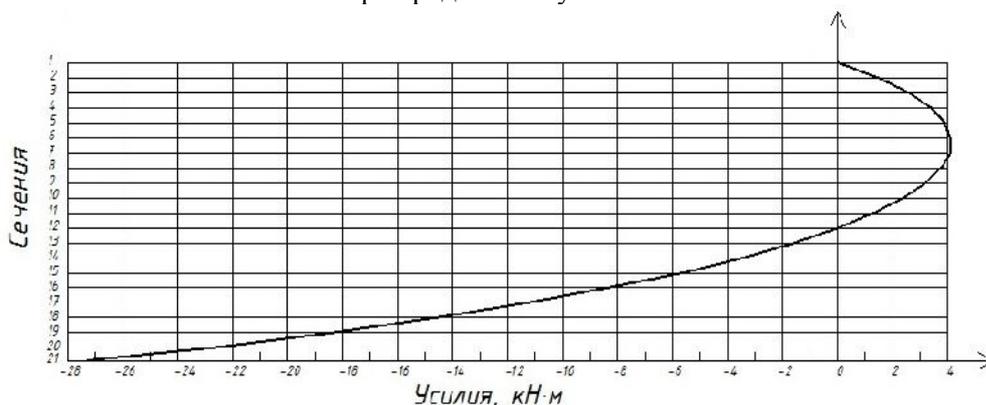


Рис. 3. Эпюра изгибающих моментов столба №4

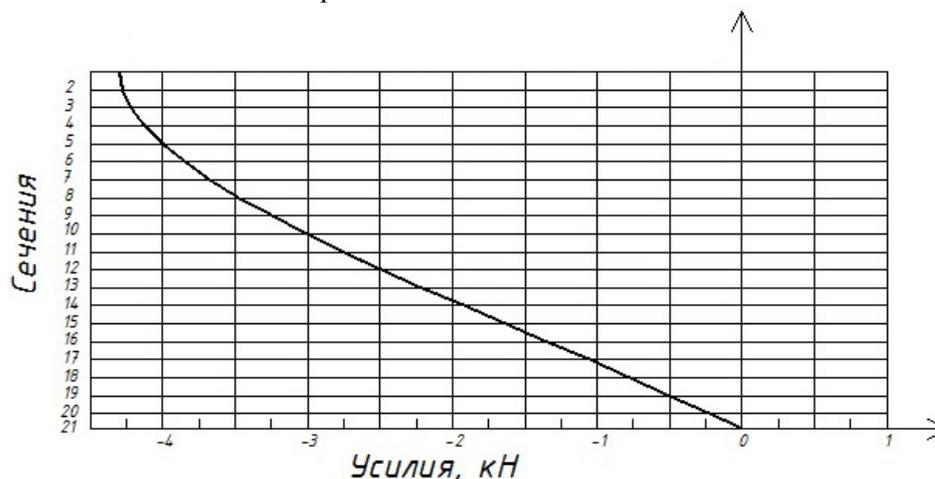


Рис. 4. Перерезывающие усилия связи №2

По результатам статического расчета в соответствии с [2] прочность столба №4, из условия на действие полной нагрузки обеспечена:

$$N \leq R_b A_b \quad (1.1),$$

где A_b - площадь сжатой зоны бетона, определяемая из условия, что ее центр тяжести совпадает с точкой приложения продольной силы N (с учетом прогиба).

$$R_b A_b = 1207.224 \text{ кН} > N = 1019.037 \text{ кН}.$$

Можно сделать вывод, что эксплуатационная пригодность зданий серии 1-464А обеспечивается в упругой постановке, при неизменности всех жесткостных параметров.

Эксперименты показывают, что образование трещин в ригелях или перемычках существенно сказывается не только на работе отдельной вертикальной несущей конструкции, но и на сопротивлении несущей системы в целом.

Учет нелинейности в расчетах позволяет не только существенно приблизить теоретические прогнозы к фактическому состоянию конструкции, но и выявить резервы снижения материалоемкости. Нелинейность материалов рассматривается в расчетах с помощью диаграмм деформирования материалов. Усилия меняются по высоте здания. В функции этих усилий меняются в соответствии с диаграммами деформирования столбов и связей сдвига жесткостные характеристики – модули деформаций вертикальных несущих конструкций и податливости связей сдвига. В практике проектирования в силу технологических причин класс бетона и процент армирования назначают ступенчато. Вследствие этого учет нелинейности следует вести по этим интервалам.

При определении напряженно-деформированного состояния конструкций нелинейные свойства бетона и арматуры по реальным диаграммам деформирования [5] учитываются строго по принятым технологическим интервалам. Выбор диаграмм деформирования бетона принципиального значения не имеет ввиду низкого уровня напряжений в столбах, которое по нашим данным составляет примерно (0,3 – 0,0,4).

После определения окончательных усилий в несущих элементах здания расчет по прочности нормальных сечений железобетонных элементов можно произвести на основе нелинейной деформационной модели, как, и рекомендовано СП [3].

Литература

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Общий курс: Учеб. для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1991. С. 32-43.
2. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003). – М.: ГУП «НИИЖБ» Госстроя Россия, 2005. -214 с.
3. СП 52-101-2003. Свод правил по проектированию и строительству. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. – М.: ГУП «НИИЖБ» Госстроя Россия, 2004. -54 с.
4. Люблинский, В.А. Программный комплекс «Анализ напряженно-деформированного состояния элементов многоэтажного здания (ABLC V 1.0.0.1)»: Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 20046 12219 / В.А. Люблинский, Е.М. Веприкова, А.А. Астанин. – М.: РосПАТЕНТ, 2004.
5. Иванов С.П. Расчет нелинейных пластинчатых систем вариационным методом В.З. Власов. //Известие вузов №6. 2002.-С.18-23.

УДК 691.327-462

Железобетонные трубы - современное состояние, перспективы производства

А.В. Косых, К.М. Казимиренко

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: железобетон, трубы, железобетонные трубы, трубопровод, магистральный трубопровод

Строительный рынок растет и развивается. Появляются новые материалы и технологии, что-то совершенствуется, а что-то остается таким как есть. Последнее время считается, что железобетонные трубы потеряли свою актуальность и перестали быть популярными. К ним пришли на смену изделия из стали и полимеров. Но это большое заблуждение. Статья посвящена тому, что железобетон продолжает оставаться

одним из наиболее предпочтительных материалов для производства широкого сегмента труб.

Одним из самых востребованных видов железобетонных изделий остаются трубы железобетонные, используемые для прокладки подземных трубопроводов различного назначения. По железобетонным трубам транспортируются самотеком сточные воды, производственные жидкости, бытовые жидкости, подземные воды, главное, чтобы состав транспортируемой жидкости не был агрессивен к составляющим железобетона. Их, как правило, используют в процессе монтажа магистралей. Они способны претерпевать большие нагрузки.

Для канализационных сетей и водопроводов железобетонные трубы давно соискали свою популярность во всем мире. По сравнению со своими стальными и чугунными аналогами, железобетон не поддается коррозии и гниению. При этом заслуживает внимания их относительная низкая цена, что в совокупности с другими преимуществами выводит трубы в лидирующие позиции на рынке.

Так же очевидная причина преимущества железобетонных труб – нагрузки, которые испытывают магистральные трубопроводы, пластик выдерживает хуже железобетона. Выполненный из полимерных материалов трубопровод может прогибаться под весом грунта или при его вспучивании. А если учесть, что одним из способов очистки труб от отложений является прокачка трубопроводов под повышенным давлением, нередко приводящая к деформации пластиковых труб и потере выполненными из них трубопроводами герметичности, но никак не влияющая на форму железобетонных труб, преимущества последних становятся еще более очевидными [3].

В России железобетонные трубы имеют две основные области применения: напорные водопроводные и водоотводные системы и промышленно-бытовая, бытовая, ливневая безнапорная канализация, а также трубопроводные системы инженерных коммуникаций [4].

Железобетонные трубы используют во многих отраслях. Строительство зданий и сооружений, прокладка дорог, возведение жилых кварталов, инфраструктур зданий не обходится без данного вида продукции. Ведь если посчитать среднюю продолжительность эксплуатации, то выгода от приобретения железобетонных изделий весьма очевидна. Так, в среднем металлическая труба служит 30 лет, а железобетонная в зависимости от своего вида дает от 75 до 100 лет непрерывной службы.

В таблице 1 приведена сравнительная характеристика труб выполненных из разного рода материалов.

Таблица 1

Преимущества и недостатки труб

Виды труб	Преимущества	Недостатки	Применение
Полимерные трубы	<ul style="list-style-type: none"> - маленький вес - высокая прочность - отсутствие обрастания стенок - низкая теплопроводность - эстетические качества - легкий монтаж 	<ul style="list-style-type: none"> - высокий коэффициент расширения - нежелательно использовать при температуре выше 100 градусов - быстрое старение под воздействие солнца 	<ul style="list-style-type: none"> - для локальных канализационных сетей - для водоснабжения жилых комплексов
Чугунные трубы	<ul style="list-style-type: none"> - устойчивость к большим нагрузкам- возможность установки при неровном рельефе - надежность - относительно низкая 	<ul style="list-style-type: none"> - соединение этих труб возможна только с чугунными фитингами - большой вес 	<ul style="list-style-type: none"> - для водоснабжения в промышленных и не-промышленных целях - для локальных и междугородних газопроводов

	стоимость		- в системах отопления
Алюминиевые трубы	- легкая обработка- стойкость к коррозии - высокая электропроводность - низкое сопротивление потока	-деформирование при больших механических нагрузках	- для транспортировки агрессивных веществ -в химической и нефтяной промышленности - в строительстве
Асбестоцементные	- устойчивость к агрессивной среде - небольшой вес - безопасность при пожаре	- хрупкость - дополнительные меры предосторожности при транспортировки	- в строительстве - для вентиляции - для подземной и наружной канализации - в нефтепроводах
Керамические трубы	- устойчивость к агрессивным субстанциям - герметичность водонепроницаемость - экологически чистые - самоочищаются	- не выдерживают повышенную нагрузку со стороны земли ил транспорта	- для внутренней и наружной канализации - для дренажа - для микротоннелирования
Железобетонные трубы	- экономичность - устойчивость к сжатию и растяжению- прочность и долговечность - устойчивость к коррозии - простота в монтаже и транспортировке	- большой вес	- в строительстве - коммуникации- в дорожном строительстве - для наружной канализации

Лидерами в производстве железобетонных труб, как, впрочем, и оборудования для их изготовления, являются фирмы Западной Европы и США.

В самом начале железобетонные трубы изготавливали методом центрифугирования. Этот способ формирования железобетонного изделия открыли еще на заре двадцатого века. С того времени технология изготовления и конструкция оборудования постоянно совершенствовались. Наше время не является исключением [3].

Что же инженеры пытались улучшить? Постоянный поиск лучших решений касался повышения качества железобетонных труб, а также совершенствования прочности, водонепроницаемости и плотности стенок формируемой продукции. Качество внутренней поверхности заслуживало особого внимания. Данная поверхность является одним из главных критериев, который определяет пропускную способность и величину затрат при эксплуатации. Избыточная шероховатость приводит к заиливанию водоводов и коллекторов канализации. Излишнее сопротивление движению жидкости создается по той же причине.

Сегодня существует несколько прогрессивных технологий: высокочастотное виброформование с подпрессовкой бетона, центрифугирование с дополнительной вибрацией, радиальное прессование и др. Только отлаженный режим формирования железобетонных труб при центрифугировании позволяет создать изделия с плотным слоем бетона и низкой шероховатостью [1,2].

В производстве железобетонных изделий используется тяжелый бетон. Именно он придает трубам особую прочность, морозоустойчивость и водонепроницаемость.

Завершая статью, хочу отметить, что без железобетонных труб не обходится ни одно предприятие в отрасли народного хозяйства. Строительство систем канализации, инженерные коммуникации, железные и автомобильные дороги, системы атмосферных и ливневых стоков – в этих сферах часто применяются именно железобетонные трубы и это их преимущество перед трубами из другого материала.

Литература

1. ГОСТ 6482-2011. Трубы железобетонные безнапорные. Технические условия.
2. ГОСТ 12586.0-83. Трубы железобетонные напорные. Технические условия.
3. Инженерные коммуникации [Электронный ресурс]: Современное использование железобетонных труб. – Режим доступа <http://www.ing-seti.ru/?p=51>
4. Применение железобетонных труб [Электронный ресурс]: Основные особенности железобетонных труб и их преимущества. – Режим доступа <http://vsetrybu.ru/ekspluatacionnaya-karakteristika-truby-zhelezobetonnoj-zhb.html#nav1>.

УДК 624.012

Современный подход к оценке эксплуатационной пригодности железобетонных конструкций на стадии изготовления

И.В. Дудина, С.С. Коплик, А.В. Некрылов

Братский Государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия

Ключевые слова: ГОСТ 8829-94, железобетонные конструкции, выборочные испытания, автоматизированный контроль качества, вероятностный метод, надежность.

В данной статье рассматриваются критерии эксплуатационной пригодности несущих железобетонных конструкций, методика их испытаний по ГОСТ 8829-94. Предлагается неразрушающий способ автоматизированного контроля качества железобетонных конструкций с помощью программных комплексов на вероятностной основе. Приводится анализ вероятностных методов для оценки надежности железобетонных конструкций.

В соответствии с нормативными документами (ГОСТ 8829-94) оценку эксплуатационной пригодности сборных железобетонных конструкций производят по прочности, трещиностойкости и жесткости путем их выборочных испытаний до разрушения. Проведение контрольных испытаний, предусматривающих доведение образцов до разрушения, во многих случаях позволяет вскрыть слабые звенья в технологии изготовления конструкций, внести в нее коррективы, улучшить качество изделий.

В то же время следует отметить ограниченность возможностей контроля качества конструкций путем их испытания силовым нагружением до разрушения:

- испытание конструкций, особенно крупноразмерных или предназначенных под тяжелые нагрузки, связано с трудностями и требует значительных затрат времени и средств;
- ряд ответственных конструкций (колонны и др.) не всегда может быть испытан в условиях предприятия сборного железобетона;
- выборочные испытания не дают гарантии того, что будет обеспечена эксплуатационная пригодность всей партии выпускаемых конструкций [1 - 3].

Кроме того, испытания конструкций в соответствии с ГОСТ 8829-94 являются экономически невыгодными, особенно для больших заводов, специализирующихся на выпуске обширной номенклатуры изделий. При этом, несмотря на существенные затраты, периодические испытания не дают гарантии эксплуатационной пригодности, приемка готовой продукции ведется с долей риска для потребителя [2 - 4].

Учитывая отмеченные недостатки существующих методов оценки надежности конструкций на стадии изготовления, на комбинате «Братскжелезобетон» и на кафедре строительных конструкций Братского государственного университета была предложена

физическая модель автоматизированного контроля качества выпускаемой продукции на основе программных комплексов [2, 3, 5]. Блок-схема автоматизированного контроля представлена на рис.1. Получаемая ежемесячно интегральная оценка эксплуатационной пригодности должна являться основанием для приемки и паспортизации изделий. Основные положения ее были разработаны и изложены в работах Ю.А. Самарина, Г.В. Коваленко [3, 4]. Дальнейшее развитие и внедрение данной модели рассмотрено в работах [3, 6, 7].

При таком подходе критерии пригодности конструкций по каждому предельному состоянию записываются в виде:

- по прочности $P(F_0) = P(R > F_0) \geq P_T$,
- по жесткости $P(f_0) = P(f < f_0) \geq P_T$,
- по трещиностойкости $P(a_0) = P(a < a_0) \geq P_T$,

где R, f, a , – прочность конструкций, прогиб, ширина раскрытия трещин;

F_0, f_0, a_0 , – заданное значение несущей способности, прогиба, ширины раскрытия трещин (контрольные значения параметров);

P – вероятность безотказной работы;

P_T – требуемый уровень надежности конструкций.

Основная задача вероятностного расчета конструкций на надежность состоит в установлении вероятности того, что в течение заданной продолжительности эксплуатации здания или сооружения элементы и системы не окажутся в предельных состояниях [5, 7].

Применительно к строительным объектам для оценки качества конструкций используют два понятия надежности: начальная и эксплуатационная.

Начальная надежность закладывается в процессе проектирования и изготовления. Поэтому при оценке показателей начальной надежности конструкций необходимо учитывать влияние физико-механических, геометрических и конструктивных характеристик, степень изменчивости которых зависит от технологических, производственных и других факторов.

Все многообразие изменчивых факторов, определяющих начальную надежность железобетонных конструкций заводского изготовления, представлено на рис.2 [8].

Как показывают теоретические и экспериментальные исследования [1, 3, 5], для оценки надежности железобетонных конструкций наиболее эффективными вероятностными методами являются:

- метод статистических испытаний;
- метод статистического моделирования (метод Монте-Карло);
- метод линеаризации функции;

Метод статистического моделирования является менее трудоёмким при программировании, но при его реализации требуются значительные затраты машинного времени, при реализации метода линеаризации функции, - наоборот.

Кроме того, метод линеаризации функции даёт возможность определить коэффициенты весомости всех технологических параметров, влияющих на начальную надежность конструкции, а это создаёт предпосылки для оперативного управления технологическим процессом [3, 5, 7].

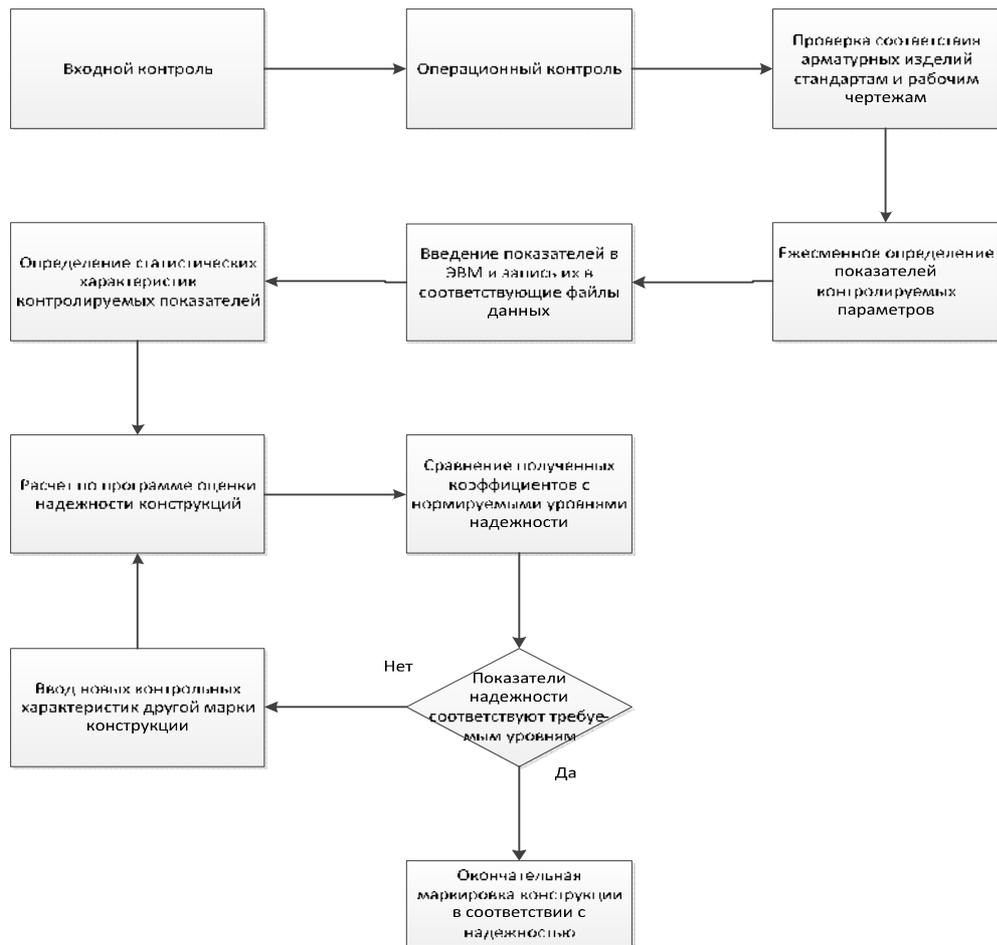


Рис.1. Блок-схема автоматизированного способа контроля железобетонных конструкций заводского изготовления



Рис. 2. Факторы, определяющие начальную надежность железобетонных конструкций заводского изготовления

Для приближенной оценки надежности железобетонной колонны целесообразнее использовать метод статистических испытаний или статистического моделирования (Монте-Карло).

Используя метод статистического моделирования, производят достаточно большое число статистических испытаний по схеме Бернулли [1, 2, 5], т.е. при каждом испытании генерируют случайные реализации всех исходных величин согласно их плотности вероятностей. На каждом этапе моделирования выполняется детерминированный расчет по заданной программе с учетом полученных исходных величин. Затем выполняется статистическая обработка результатов вычислений и производится оценка показателей надежности, по которым оценивается эксплуатационная пригодность конструкции (рис.1) и производится паспортизация изделия заводского изготовления [2]. Автоматизированный способ контроля качества и оценки эксплуатационной пригодности сборных железобетонных конструкций выполняется по разработанным программным комплексам ежемесячно с учетом изменчивости технологических параметров [6].

Литература

1. Райзер В.Д. Теория надежности в строительном проектировании // Монография. – М.: изд-во АСВ, 1998. – 304 с.
2. Самарин Ю.А., Коваленко Г.В., Орлов М.Т. Резервы надежности и долговечности железобетонных конструкций заводского изготовления // Сер. Строительная индустрия в энергетике. – М.: Информэнерго. – 1988. – вып. 3. – 44 с.
3. Дудина И.В. Контроль качества сборных железобетонных конструкций на основе интегральной оценки их надежности: дисс. канд. техн. наук. – Братск, 2000. – 206с.
4. Самарин Ю.А., Коваленко Г.В. Варианты оценки начальной безотказности ребристых плит покрытия // Бетон и железобетон. – 1992. - № 12.- С. 2-4.
5. Тамразян, А.Г. Обеспечение качества сборных железобетонных конструкций на стадии изготовления / А.Г. Тамразян, И.В. Дудина // Жилищное строительство. – 2001. – №3. – С. 8-10.
6. Коваленко Г.В., Дудина И.В., Жердева С.А. Практические методы оценки надежности сборных железобетонных конструкций на стадии изготовления. Монография / Братск, 2013. – 123 с. Рус. Деп. в ВИНТИ 24.06.2013 № 179- В 2013.
7. Коваленко Г.В., Калаш О.А. Вероятностная модель при автоматизированном способе оценки надежности железобетонных конструкций заводского изготовления // Системы. Методы. Технологии: науч.журн.-Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2009.- № 1.-162 с.
8. Чирков, В.П. Прикладные методы теории надежности в расчетах строительных конструкций. Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / В.П. Чирков. – М.: Маршрут, 2006. – 620 с.

УДК 624.012.35

Некоторые способы аппроксимации диаграмм состояния бетона

Г. В. Коваленко, А.Л. Коронкевич, Г.А. Рамазанова

Братский Государственный Университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: нелинейные свойства, диаграмма деформирования, предельные деформации бетона, напряженно-деформированное состояние, нелинейно-деформационная модель.

В статье приводится анализ существующих способов описания диаграмм деформирования бетона. На основании полученной информации, выявлены наиболее целесооб-

разные способы описания диаграмм, с учетом более точной оценки состояния бетона при действии нагрузки. Были рассмотрены следующие способы описания диаграмм: по СНиП 52-01-2003, по европейским международным нормам ЕКБ/ФИП, по способу переменных секущих модулей (Карпенко Н.И.), по способу описания диаграмм деформирования с помощью сплайн-функций. Рассматриваются также некоторые экспериментальные способы получения полных диаграмм сжатия бетона с определением основных параметрических точек.

Железобетон - упругопластический материал, нелинейные свойства которого определяются диаграммами деформирования бетона и арматуры. Как показывают выполненные ранее теоретические и экспериментальные исследования, расчет железобетонных конструкций согласно нормам проектирования дает удовлетворительную оценку прогибов и трещин для изгибаемых конструктивных элементов только при эксплуатационной нагрузке, которая соответствует расчетной. При нагрузке, близкой к предельной (разрушающей) СНиП существенно занижает прогибы и трещины, а также несколько снижает несущую способность элемента (на 5-10%). Поэтому при расчете конструкций по нормам проектирования наблюдается некоторый перерасход материалов, вызванный тем, что математический аппарат СНиП позволяет учитывать нелинейные свойства материалов достаточно приближенных (путем введения эмпирических коэффициентов). Чтобы более полно выявить резервы снижения материалоемкости конструкций, необходимо использовать расчетные модели на основе реальных диаграмм деформирования материалов [1,2]. К таким моделям относятся в первую очередь: нелинейно-деформационная модель, предложенная Байковым В.Н. Карпенко Н.И.; энергетическая модель (Митасов В.М., Адищев В.В.).

При использовании диаграмм деформирования бетона и арматуры возникает необходимость их аналитического представления в математической модели напряженно-деформированного состояния конструкции. В настоящее время имеется достаточно большое количество предложений по способам аппроксимации диаграмм деформирования материалов, которые имеют как положительные, так и отрицательные стороны. Остановимся на рассмотрении некоторых способов аппроксимации диаграмм состояния бетона, которые целесообразно использовать в алгоритмических методах расчета железобетонных конструкций.

При выполнении приближенных расчетов железобетонных конструкций используют способ описания диаграмм деформирования бетона по СНиП 52-01-2003. Модель данного способа позволяет вести расчёт с единых методологических позиций любых бетонных и железобетонных элементов с различной конфигурацией поперечного сечения и расположением продольной арматуры, и одновременно в полной мере учитывать упругопластические свойства бетона, арматуры и напряжённо-деформированного состояния железобетонного элемента. Согласно [3] в качестве расчётных диаграмм состояния бетона, определяющих связь между напряжениями и относительными деформациями, принимают трёхлинейную и двухлинейную диаграммы деформирования сжатого бетона (рис.1).

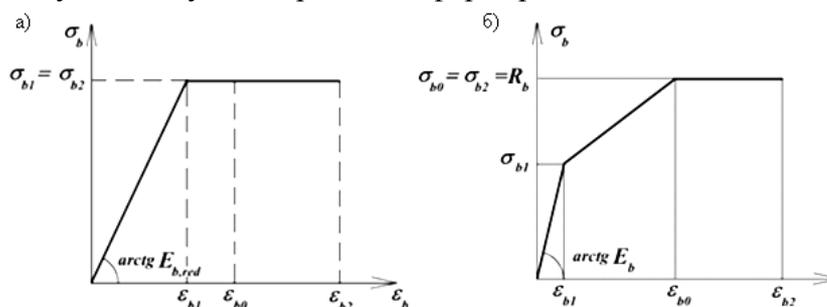


Рис. 1. Диаграммы состояния сжатого бетона (СП 52-101-2003):
а - двухлинейная диаграмма; б - трехлинейная диаграмма

При трёхлинейной диаграмме (рис. 1, б) сжимающие напряжения бетона σ_b в зависимости от относительных деформаций укорочения бетона ϵ_b определяют согласно формулам [3]. Значения относительных деформаций ϵ_{b2} принимают: при непродолжительном действии нагрузки $\epsilon_{b2}=0,0013$; при продолжительном действии нагрузки – по таблице 5.6 [3]. При двухлинейной диаграмме (рис.1, а) сжимающие напряжения бетона σ_b в зависимости от относительных деформаций ϵ_b определяют также согласно формулам [3]. Значения относительных деформаций $\epsilon_{b1,red}$ принимают: при продолжительном действии нагрузки $\epsilon_{b1,red}=0,0015$; при продолжительном действии нагрузки – по таблице 5.6 [3].

Диаграмма напряжения - деформации ($\sigma - \epsilon$) для бетона, согласно европейским международным нормам ЕКБ/ФИП [4], принимается параболической (рис. 2). Эта диаграмма дает удовлетворительные результаты при определении модуля деформации бетона и отражает надлежащим образом его пластические свойства при кратковременном нагружении. В зависимости от природы составляющих бетона и скорости деформирования абсцисса вершины располагается между 0,0020 и 0,0025, предельная деформация ϵ_{cu} колеблется от 0,0035 до 0,0070, а отвечающее ей напряжение от $0,75f_c$ до $0,25 f_c$.

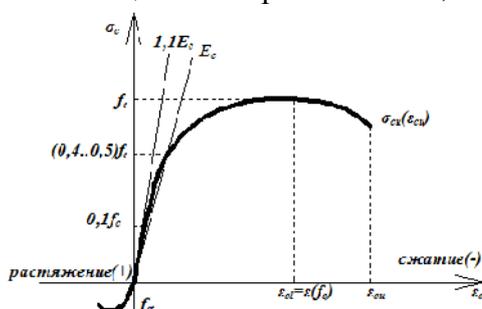


Рис.2. Диаграмма "напряжения - деформации" для бетона (ЕКБ/ФИП)

Предельные деформации бетона ϵ_{cu} зависят от его прочности и формы сечения. Для описания диаграммы деформирования бетона при кратковременном нагружении можно использовать следующую приближенную зависимость:

$$\frac{\sigma_c}{f_c} = \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k - 2) \cdot \eta} \quad (1)$$

где $\eta = \epsilon_c / \epsilon_{c1}$; $\epsilon_{c1} = -0,0022$ - максимальная деформация бетона при осевом сжатии;

$$k = 1,1 \cdot E_c \cdot \epsilon_{c1} / f_c \quad (2)$$

где E_c - модуль продольной деформации (рис. 2.).

Если имеются фактические данные по испытанию бетона, то в расчетах может использоваться другой вид диаграмм с надлежащим обоснованием. В некоторых случаях расчета используется идеализированная парабло-прямоугольная диаграмма сжатия бетона, показанная на рис. 3.

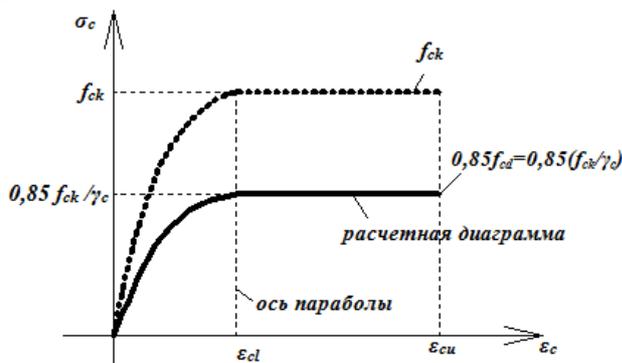


Рис.3. Парабло-прямоугольная диаграмма сжатия бетона

Аналитическая зависимость между напряжениями и деформациями бетона записывается в виде:

$$\sigma_c / 0,85 f_{cd} = 1000 \varepsilon_c (250 \varepsilon_c + 1), \quad (3)$$

где ε_c - деформации сжатия бетона со знаком минус.

Исходя из формулы (3) можно, задаваясь напряжениями в бетоне, получить деформации на уровне соответствующего сжатого волокна. Коэффициент, используемый при описании диаграммы сжатия бетона, учитывает снижение прочности бетона при длительном действии нагрузки.

На основании вышеизложенных теоретических и экспериментальных исследований применительно к нелинейно-деформационной модели целесообразным является использование метода переменных секущих модулей для описания нелинейных зависимостей σ - ε бетона по предложению Карпенко Н.И. [3, 5, 6]. Это даёт возможность единообразно описать диаграммы деформирования бетона и арматуры, что очень важно при разработке алгоритма расчета и написания программы. Причём данный способ представления аналитических зависимостей σ - ε для бетона позволяет получить исходные диаграммы при кратковременных испытаниях стандартных образцов и трансформированные с учётом воздействия различных факторов. Общая аналитическая зависимость для описания диаграммы сжатия бетона принята в виде

$$\sigma_b = E_b \cdot \nu_b \cdot \varepsilon_b, \quad (4)$$

Для описания диаграммы растяжения бетона:

$$\sigma_{bt} = E_b \cdot \nu_{bt} \cdot \varepsilon_{bt}, \quad (5)$$

где E_b – начальный модуль упругости бетона.

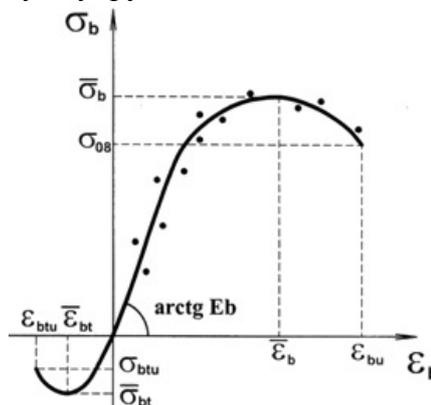


Рис. 4. Аппроксимация диаграммы деформирования бетона по способу переменных секущих модулей

Коэффициенты упругости ν_b (ν_{bt}) можно единообразно определять по формуле:

$$\nu_b = \bar{\nu}_b \pm (\nu_0 - \bar{\nu}_b) \sqrt{1 - \omega_{1b} \eta_\sigma - \omega_{2b} \eta_\sigma^2}, \quad (6)$$

где $\eta_\sigma = \frac{\sigma_b}{\bar{\sigma}_b}$ - уровень нагружения;

$\bar{\nu}_b$ - значение ν_b при $\sigma_b = \bar{\sigma}_b$ (в вершине диаграммы);

ω_{1b}, ω_{2b} - конструктивные коэффициенты для бетона.

В формуле (6) знак «плюс» соответствует восходящей, а знак «минус» - нисходящей ветви диаграммы бетона. Диаграмма деформирования бетона при кратковременном нагружении приведена на рис. 4. При описании диаграммы растяжения бетона параметры $\nu_0, \omega_{1b}, \omega_{2b}$ определяются как для диаграммы сжатия.

Другим широко известным способом математического описания диаграмм деформирования материалов является метод сплайн-функций, который вызвал большой интерес исследователей в построении модели деформирования железобетонных конструкций на основе энергетических критериев [7]. Как показывают выполненные теоретические исследования при использовании нелинейно-деформационной модели (основные положения которой включены в СП 52-101-2003) целесообразным является применение описания диаграмм деформирования материалов по способу переменных секущих модулей.

При применении диаграмм деформирования материалов в расчетах железобетонных конструкций важным является возможность получения этих диаграмм экспериментальным путем и сопоставления их с теоретическими результатами. Примером подобных испытаний бетона для получения полной диаграммы его деформирования может служить методика, предложенная на комбинате "Братскжелезобетон" с применением образцовых динамометров ДОР-50, которые используются в качестве упругих элементов для определения нисходящей ветви диаграммы бетона [1, 2, 6].

В настоящее время становится актуальным получать диаграммы деформирования материалов автоматизированным способом с помощью универсальной гидравлической машины с сервоприводом (пресс) модели WAW-500ИС [6]. На рис.5 представлен график зависимости "напряжение – деформации" испытанного образца. При определенных условиях испытания образца бетонного кубика имеется нисходящая ветвь на диаграмме сжатия, где уже нарушена сплошность материала.

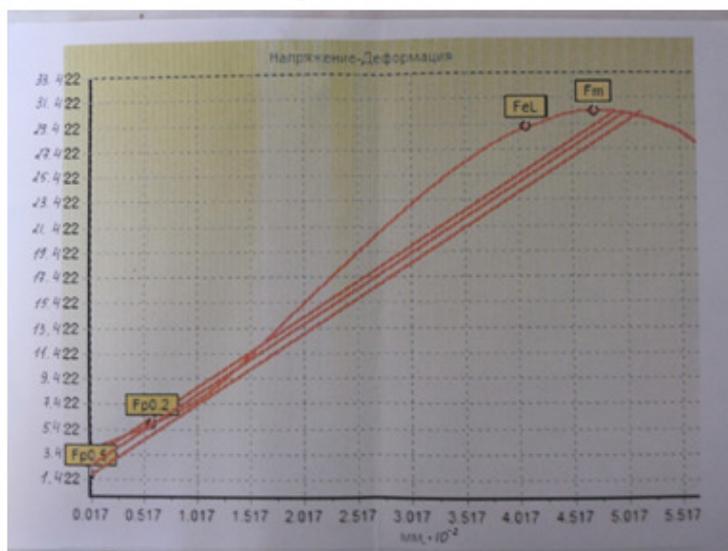


Рис. 5. График зависимости напряжение – деформации

Таким образом, оценка достоверности и адекватности любого способа аппроксимации диаграмм сжатия бетона и арматуры может производиться на основании сопоставления с диаграммами полученных экспериментальным путем, учитывая также то обстоятельство, что основные параметрические точки должны быть получены из испытаний натуральных образцов.

На основании выполненных исследований следует отметить, что при использовании нелинейно-деформационной модели более целесообразно аппроксимировать диаграммы деформирования бетона и арматуры с помощью переменных секущих модулей (Карпенко Н.И.). Это дает возможность сблизить теоретические результаты напряженно-деформированного состояния конструкций с фактическими, полученными при их натуральных испытаниях.

Литература

1. Самарин Ю.А., Коваленко Г.В., Орлов М.Т. Резервы надежности и долговечности железобетонных конструкций заводского изготовления// Обзорная информация (Сер. Строит. индустрия в энергетике, вып.3).-М.: Информэнерго, 1988. - 44 с.
2. Дудина, И.В. Контроль качества сборных железобетонных конструкций на основе интегральной оценки их надёжности/ Диссерт. на соискание ученой степени канд. техн. наук.-М.: МГСУ.-2000.-199 с.
3. СП 52-101-2003. Свод правил по проектированию и строительству. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.– М: Госстрой России, 2004 – 59 с.
4. Кодекс-образец ЕКБ/ФИП для норм по железобетонным конструкциям. - М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1984. Том 2
5. Тамразян А.Г., Дудина И.В. Учет нелинейных свойств материалов при расчете конструкций со смешанным армированием// Бетон и железобетон. - 2003. - с.11-12
6. Коваленко Г.В., Дудина И.В., Жердева С. А. Практические методы оценки надежности сборных железобетонных конструкций на стадии изготовления. Монография// БрГУ.- Братск, 2013.- 123 с. - Рус. - Деп. в ВИНТИ 24.06.2013 №179 - в 2013.
7. Митасов В.М., Адищев В.В., Федоров Д.А. Развитие теории сопротивления железобетона// Промышленность строительных материалов. Серия 3. Промышленность сборного железобетона. Аналитический обзор. - 1991. - вып.4.-44 с.

УДК 624.012

Особенности оценки надежности усиленных железобетонных колонн

Д.Н. Краснов, А.С. Юсупов

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: надежность, оценка надежности, строительные конструкции, колонна, вероятностные методы

В данной статье рассмотрено понятие надежности и ее свойств применительно к железобетонным колоннам. Описаны особенности оценки надежности усиленных железобетонных колонн. Представлены категории технического состояния, которое имеет непосредственную зависимость от надежности строительных конструкций. Так же в статье перечислены параметры, влияющие на надежность усиленных колонн, при изменении которых меняется и надежность в большую или меньшую сторону. Приводится краткое сравнение расчетов надежности в виде детерминистического расчета и вероятностных методов.

Одной из главных задач при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений является обеспечение надежности, гарантирующей их безаварийность.

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта и транспортирования. Или надежность также – устойчивость качества по отношению ко всем возможным возмущениям. Надежность – количественный показатель, в данном случае мерой надежности служит частота вероятностного разрушения сооружения раз в год. На практике надежность может быть косвенно оценена в виде коэффициента запаса прочности сооружения, категорией его технического состояния или условной надежностью в баллах [1].

В зависимости от назначения системы и условий ее эксплуатации надежность включает следующие свойства: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, исправность, неисправность, работоспособность. Основное понятие теории надежности – отказ – событие, состоящее в нарушении работоспособности системы.

Оценка надежности колонн при эксплуатации производится на основе, имеющихся в них повреждений, устанавливаемых на основе визуальных обследований. Повреждения в колоннах разделяются в зависимости от причин их возникновения на две группы: от силовых воздействий и от воздействия внешней среды. Последняя группа повреждений снижает не только прочность конструкции, но и уменьшает ее долговечность [5].

В зависимости от имеющейся поврежденности и надежности, техническое состояние колонн, как и в целом строительных конструкций, разделяется на 5 категорий: нормальное, удовлетворительное, не совсем удовлетворительное, неудовлетворительное, аварийное (табл.1).

Влияние повреждений на надежность колонн оценивается посредством уменьшения общего нормируемого коэффициента надежности (запаса) конструкций в процессе эксплуатации [1]:

$$g_o = g_m \cdot g_c \cdot g_f \cdot g_n, \quad (1)$$

- где g_m - коэффициент надежности по материалу;
 g_c - коэффициент условий работы;
 g_f - коэффициент надежности по нагрузке;
 g_n - коэффициент надежности по назначению.

Относительная надежность колонн при эксплуатации $J = \frac{g}{g_o}$ и поврежденность конструкции $e = 1 - J$, где g - фактический коэффициент надежности конструкции с учетом имеющихся повреждений [1,3].

Общая оценка поврежденности здания и сооружения производится по формуле[1]:

$$e = \frac{\alpha_1 e_1 + \alpha_2 e_2 + \dots + \alpha_i e_i}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i}, \quad (2)$$

- где e_1, e_2, \dots, e_i - средняя величина повреждений отдельных видов конструкций;
 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$ - коэффициенты значимости отдельных видов конструкций [1].

Таблица 1

Категории технического состояния

Категория технического состояния	Описание технического состояния	$J = g/g_o$	$e = 1 - J$
1	Нормальное состояние. Отсутствуют видимые повреждения, свидетельствующие о снижении несущей способности. Необходимости в ремонтных работах нет.	1	0
2	Удовлетворительное состояние. Незначительное снижение несущей способности и долговечности конструкций. Требуется устройство антикоррозионного покрытия, затирка трещин и т.п.	0,95	0,05
3	Не совсем удовлетворительное состояние. Существующие повреждения свидетельствуют о снижении несущей способности конструкции. Требуется текущий ремонт.	0,85	0,15
4	Неудовлетворительное состояние. Существующие повреждения свидетельствуют о непригодности к эксплуатации конструкции. Требуется капитальный ремонт с усилением конструкций. До проведения усиления необходимо ограничение нагрузок.	0,75	0,25
5	Аварийное состояние. Требуется немедленная разгрузка конструкции и устройство временных креплений, замена аварийных конструкций.	0,65	0,35

Показатель начальной надёжности применительно к внецентренно сжатым железобетонным колоннам можно привести к виду [2 - 4]:

$$H = 0,5 + 0,5\Phi\left(\frac{N_U - N}{S_{Nu}}\right) \geq [H_T], \quad (3)$$

где H – расчётный показатель надёжности (начальная надёжность) по прочности конструкции;

$\Phi(x)$ – функция (интеграл) Лапласа, который решается по таблице или с помощью численных методов;

$$x = \left(\frac{N_U - N}{S_{Nu}}\right) - \text{аргумент функции Лапласа};$$

N_U – предельная несущая способность, которая при оценке надёжности на стадии изготовления является случайной величиной, кН;

N – усилие от расчётных нагрузок, которое является детерминированной (неизменяемой) величиной при оценке надёжности на стадии изготовления, кН;

S_{Nu} – среднеквадратическое отклонение величины N_U , которое определяется вероятностным расчётом с учётом изменчивости основных технологических параметров;

$[H_T]=0,9986$ – требуемый нормативный уровень надёжности [2 - 4].

При соблюдении данного условия конструкция пригодна к эксплуатации.

При эксплуатации здания или сооружения велико влияние изменчивости нагрузок, поэтому надёжность конструкции в стадии эксплуатации H определяется по формуле [2, 3]:

$$H = 0,5 + 0,5\Phi\left(\frac{N_U - N}{\sqrt{S_{Nu}^2 + S_N^2}}\right) \geq [H_T], \quad (4)$$

где N – действующая эксплуатационная нагрузка, кН;

S_N – среднеквадратическое отклонение N .

На надёжность колонны могут повлиять такие параметры как геометрические размеры конструкции, прочность арматуры, бетона, их модули упругости, величина предварительного напряжения, площадь сечения арматуры, толщина защитного слоя, эксцентриситета приложения нагрузки, так же существенное влияние оказывает изменчивость этих параметров. А в случае усиленных железобетонных колонн на надёжность влияет толщина обоймы усиления [4, 5].

При расчете надёжности по нормативным документам ее значения получаются завышенными при сравнении с вероятностными методами. Это объясняется тем, что в первом случае не используются диаграммы деформирования материалов, на которых основан нелинейно-деформационный расчёт [4].

Учет нелинейности в расчетах позволяет приблизить теоретические прогнозы к фактическому состоянию конструкции и выявить резервы снижения материалоемкости [3, 4]. При этом значительно усложняется расчетный аппарат, так как нельзя применять принцип независимости действия сил и классические теоремы строительной механики.

Не стоит забывать и о том, что при расчете усиленных железобетонных конструкций необходимо учитывать зависимость сцепления арматуры и бетона, которая также является нелинейной. Нелинейной является зависимость сцепления двух различных бетонов.

Литература:

1. Добромислов А.Н. Оценка надёжности зданий и сооружений по внешним признакам: Справочное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2004 – 72 с.
2. Дудина, И.В. Контроль качества сборных железобетонных конструкций на основе интегральной оценки их надёжности: дис. на соискание учёной степени к.т.н. 05.23.01: защищена 31.10.00: утв. 20.03.01 / Дудина Ирина Васильевна. – Братск, 2000. – 182 с. – Библиогр.: с. 150-163

3. Самарин, Ю.А. Резервы надёжности и долговечности железобетонных конструкций заводского изготовления / Ю.А. Самарин, Г.В. Коваленко, М.Т. Орлов // Серия Строительная индустрия в энергетике. – М.: Информэнерго, 1988. – №3. – с. 43-47

4. Дудина И.В., Царенкова Е.В., Фигурина Е.В. Новый подход к расчету усиленных железобетонных колонн с учетом нелинейного характера их деформирования /И.В. Дудина, Е.В. Царенкова, Е.В. Фигурина // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. Том 1. – 2014. – с.111-115

5. Краснов Д.Н., Царенкова Е.В. Анализ методов восстановления работоспособности железобетонных конструкций / Д.Н. Краснов, Е.В. Царенкова // Молодая мысль: наука, технологии, инновации. Материалы VIII (XIV) Всероссийской науч.-техн. конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. – Изд-во БрГУ, 2016. – с.55-59

УДК 666.9

Вяжущее повышенной водостойкости для ограждающих конструкций

С.А. Белых, В.Э. Маргарян

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: энергоэффективность конструкций, легкий бесцементный бетон, микрокремнезем, жидкое стекло, пенополистирол

В данной работе приведены результаты исследований водостойкости образцов легкого бесцементного бетона на основе жидкого стекла из микрокремнезема и золы-уноса от сжигания бурых углей. Ввиду высокой гидрофобности твердой основы и закрытой ячеистости структуры, образцы легкого бесцементного бетона обладают малым водопоглощением, контролируемой паропроницаемостью и негигроскопичны. В связи с этим бетон на предлагаемом вяжущем может быть использован для утепления ограждающих конструкций и инженерных коммуникаций.

В настоящее время при проектировании и строительстве, а также ремонте зданий актуальными являются вопросы, связанные не только с повышенными требованиями к теплозащите ограждающих конструкций, но и со снижением массы отдельных конструкций и всего здания в целом. Установлено, что теплотехническая эффективность и эксплуатационная надежность конструкций зависят от физико-технических свойств используемых в строительстве теплоизоляционных материалов. Основными показателями качества таких материалов являются плотность, теплопроводность, химическая стойкость, водостойкость и паропроницаемость [1].

Теплозащитные свойства строительных материалов определяются низким коэффициентом их теплопроводности, который зависит от пористости: в сухом состоянии 85 - 92 % пор заполнены воздухом. В случае если поры насыщаются влагой, коэффициент теплопроводности которой в 20 раз больше, чем у воздуха, ухудшаются как теплоизоляционные характеристики конкретных материалов, так и всей конструкции в целом. Установлено, что увеличение влажности теплоизоляции на 1 % ухудшает коэффициент теплопроводности, по сравнению с сухим состоянием, в среднем, на 6 – 8 % [2].

Способность теплоизоляционного материала поглощать влагу и удерживать ее в порах определяется степенью его водопоглощения. Данная величина зависит от количества воды, впитываемой сухим материалом, отнесенного к массе или объему материала. С повышением влажности теплоизоляционных материалов усиливаются такие деструктивные явления, как коррозия и развитие плесневых грибов [1]. Для ячеистых теплоизоляционных материалов с относительно большим водопоглощением актуальным является и пониженная морозостойкость, от которой существенно зависит долговечность всей конст-

рукции: влага, находящаяся в порах, замерзает и сначала ослабляет, а затем разрывает связи в твердой основе, что приводит к значительному ухудшению физико-механических свойств материала и ограничению срока его службы.

Водостойкость и способность к водопоглощению у теплоизоляционных материалов различны и зависят как от их структуры, так и от химического состава твердой основы. По структуре последние теплоизоляционные материалы делятся на ячеистые (твердые пены) и волокнистые.

Волокнистые теплоизоляционные материалы на минеральной основе базальтовых горных пород, доменных шлаков или стекла, такие как минеральная вата и стекловата, характеризуются хорошей паропроницаемостью. Столь ценное свойство особенно важно при утеплении многослойных фасадных систем и покрытий, а также при акустической изоляции подвесных потолков, перекрытий, полов и перегородок зданий различного назначения. Однако волокнистые материалы имеют существенный недостаток: они гигроскопичны. Водостойкость минеральной ваты зависит от модуля кислотности – отношения суммы кислотных окислов $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ к сумме щелочных окислов $\text{CaO} + \text{MgO}$ и возрастает с его увеличением [2].

В ячеистых (вспененных) композициях чаще применяют органические полимеры и реже — минеральную основу (вспененное стекло, пенобетон). Такие теплоизолирующие материалы на основе пенополистирола, пенополиуретана, пенополиэтилена, вспененного каучука и т. п., ввиду высокой гидрофобности твердой основы и закрытой ячеистости структуры, обладают малым водопоглощением, ничтожной паропроницаемостью и негигроскопичны. Так, водопоглощение пенополистирола при погружении его в воду на 7 дней составляет всего 0,5 - 1,5 % от объема. В связи с этим перечисленные материалы подходят для утепления конструкций и инженерных коммуникаций, подверженных обильному увлажнению: фундаментов, тепловых сетей, водопроводов и др. [1].

Одним из материалов, удовлетворяющих требованиям к материалам для ограждающих конструкций, является легкий бетон и, в частности, полистиролбетон, на долю которого приходится менее 5 % всего производства. Ежегодно накапливается большое количество упаковочного пенополистирола, объемы которого достигают 50 тыс. м³/год и который может быть регенерирован до исходных пенополистирольных гранул сферической формы [2].

Преимущества применения пенополистирола в качестве заполнителя для легких бетонов было рассмотрено в ряде отечественных и зарубежных работ [3]. Разработанные легкие бетоны на основе пенополистирола имеют высокие характеристики по сравнению с аналогами. В Братском государственном университете был разработан полистиролбетон [4] на малоэнергоёмком жидком стекле. Однако его свойства и долговечность удовлетворяли не всем требованиям при эксплуатации.

Цель данной работы: получение пенополистиролбетона на основе бесцементного вяжущего повышенной водостойкости.

В изготовленных нами образцах бетона роль заполнителя выполняют пенополистирольные гранулы, полученные путем измельчения пенополистирольной упаковки. В качестве вяжущего использовано золощелочное вяжущее, состоящее из отхода теплоэнергетики – золы-уноса от сжигания на ТЭЦ бурых углей и жидкого стекла, полученного из отхода ферросплавного производства – микрокремнезема [5].

По химическому составу жидкое стекло из микрокремнезема отличается высоким содержанием реакционного кремнезема, что, очевидно, и является причиной проявления щелоче-силикатных реакций [6]. Поэтому актуальным является исследование свойств легкого бетона с пенополистирольным заполнителем на основе жидкого стекла из микрокремнезема с изучением проявления в нем щелоче-силикатных реакций.

Натриевое жидкое стекло из микрокремнезема с силикатным модулем $n = 2,5$ получали по малоэнергоёмкой технологии путем прямого растворения кремнеземистого ком-

понента в растворе щелочи. Плотность жидкого стекла регулировали на стадии его варки. В качестве вяжущего получили образцы жидкого стекла с плотностью 1,16 - 1,37 г/см³.

Пенополистирольные упаковки измельчали и вводили в виде стружки длиной до 5 мм с насыпной плотностью 12 кг/м³. Оптимизация состава показала, что независимо от процентного отношения компонентов бесцементного полистиролбетона показатели прочности на сжатие стабильно одинаковы и в среднем составляют 1,2 - 1,5 МПа. Однако плотность бетона варьирует в широких пределах.

Изучение внутренней структуры полученных образцов проводили визуально по вертикальному и горизонтальному срезам. Осмотр показал, что характер распределения полистирольного заполнителя в структуре бетона достаточно равномерный.

Результаты исследований лабораторных образцов полистиролбетона различных составов приведены на рис. 1 и 2.

Процессы отверждения систем из жидкого стекла и водных растворов силикатных систем достаточно сложны и многообразны. Современный взгляд на общее представление об отверждении жидкого стекла, как такового, и в составе различных гомогенных и гетерогенных систем, наиболее широко встречающихся в практике, представлен в ряде обзоров [7-10, 12].

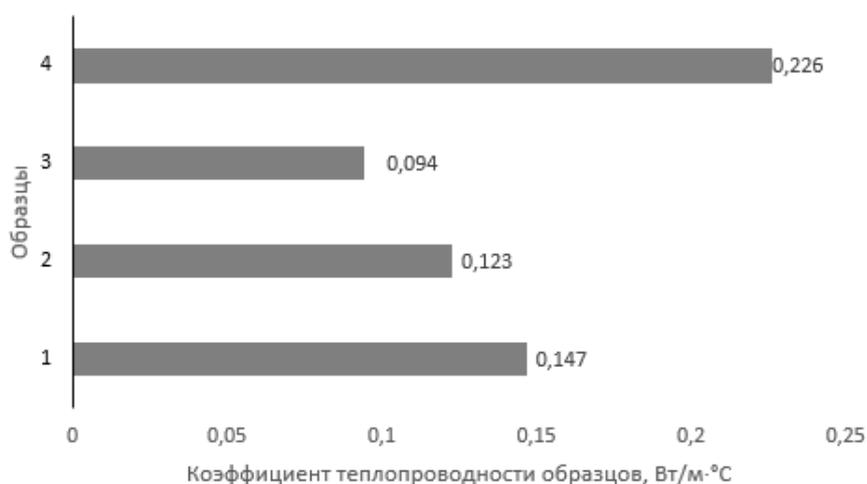


Рис. 1. Показатели теплопроводности образцов полистиролбетона на основе: бесцементного вяжущего (1, 2, 3) и цемента (4)

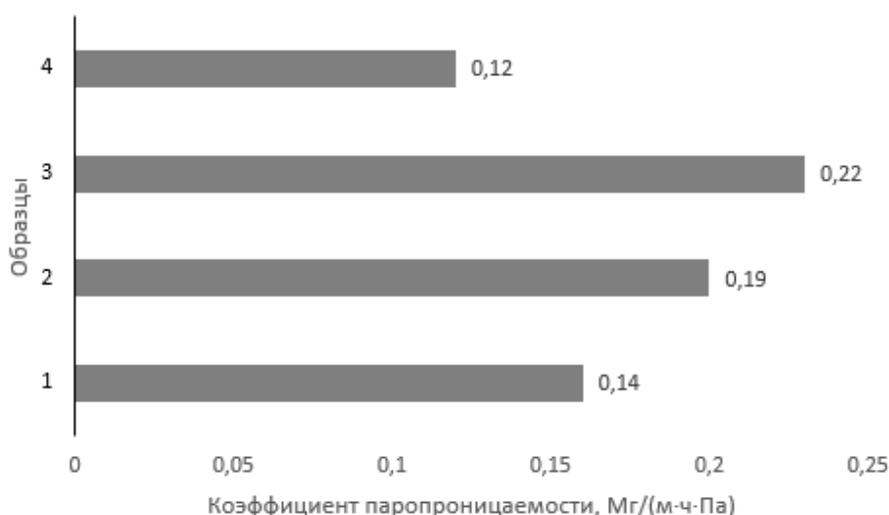


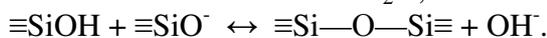
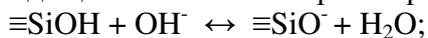
Рис. 2. Показатели паропроницаемости образцов полистиролбетона на основе: бесцементного вяжущего (1, 2, 3) и цемента (4)

Выполняя роль склеивающего или связующего материала, жидко стекольная система переходит из жидкого состояния в твердое разными способами. Можно разделить их на три типа:

- 1) потеря влаги испарением при обычных температурах;
- 2) потеря влаги системой с последующим нагреванием выше 100 °С;
- 3) переход в твердое состояние путем введения специальных реагентов – отвердителей.

В растворах силикатов степень полимеризации анионов, как известно, зависит от двух факторов – силикатного модуля и концентрации раствора. Каждый раствор имеет некоторое распределение анионов по степени полимеризации. На полимерное распределение накладывается распределение анионов по зарядам, которое также определяется этими двумя факторами [11].

Отверждение системы из жидкого стекла на основе микрокремнезема проводилось нами за счет удаления влаги при обычных температурах. Предполагается, что процессы, происходящие в силикатном растворе, регулируются двумя обратимыми реакциями:



Полимеры, образующиеся по второй реакции, имеют преимущественно сферическое строение, и, в ходе полимеризации, формируются как коллоидные частицы, заряженные отрицательно [8]. Поэтому они не вступают между собой во взаимодействие, если не созданы условия для коагуляции. Размеры коллоидных частиц и, тем самым, их концентрация, регулируются процессом внутренней перегонки. Он заключается в том, что растворимость малых частиц кремнезема в растворе зависит от размера частицы и с его увеличением понижается. В ходе внутренней перегонки крупные частицы растут за счет растворения более мелких частиц. Для более крупных частиц растворимость не зависит от размера. Поэтому внутренняя перегонка на какой-то стадии замедляется и останавливается, приводя к некоторому распределению частиц по размерам, если процесс образования раствора силиката начинался от мономерных частиц. Если раствор силиката образовался растворением крупных полимерных форм кремнезема, то внутренняя перегонка может вообще не происходить или развиваться как вторичный процесс, и раствор получится с иным полимерным распределением анионов, чем в первом случае. Внутренняя перегонка, особенно на поздних стадиях, протекает достаточно вяло, и состарившиеся и свежеприготовленные растворы могут сильно отличаться друг от друга, несмотря на то, что модуль и концентрация растворов одинаковы. Резкое разбавление растворов или перемена температуры также приводят к изменениям анионного состава [11].

Если испарять разбавленный раствор с большим модулем, жидкая фаза будет представлена только ионными формами кремнезема. Однако, из-за гидролиза, обусловленного меньшей концентрацией гидроксильных ионов, в соответствии с первой реакцией, появятся в большем количестве ионы типа HSiO_4^{3-} , а в гораздо меньшем количестве ионы $\text{H}_2\text{SiO}_4^{2-}$.

В ходе испарения состав раствора начнет изменяться в сторону уменьшения модуля, поскольку модуль твердой фазы выше модуля исходного раствора. Концентрация HSiO_4^{3-} станет меньше, а ионов SiO_4^{4-} больше и, по мере испарения, произойдет появление новых твердых фаз и, в конечном счете, станет выпадать фаза $\text{Na}_4\text{SiO}_4 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ [11].

При некоторой концентрации гидроксил-ионов в растворе гидролиз ионных форм кремнезема заходит так далеко, что появляются полностью гидролизованные формы, достигшие незаряженного молекулярного состояния $\text{Si}(\text{OH})_4$. Если взаимодействие между двумя ионами по типу второй реакции маловероятно из-за электростатического отталкивания, то между молекулярной и ионной формами оно возможно. Так возникают полимерные формы кремнезема.

Они уже на ранних стадиях принимают трехмерное строение, где внутренние атомы кремния соединены связями Si—O—Si, а наружные атомы имеют хотя бы одну связь Si—OH. Последняя может существовать также в ионной форме SiO⁻. При длине цепи, равной 4 - 5, происходит образование кольцевых структур, приобретающих затем трехмерное строение.

Медленное испарение при повышенной температуре увеличивает степень полимеризации силикатов. Поэтому при получении легкорастворимых порошков щелочных силикатов, с точки зрения качества продукции, целесообразно проводить процесс быстро при низкой температуре, используя не очень концентрированные растворы.

Дальнейшие превращения в отвердевшей силикатной системе связаны с медленной потерей гидратационной воды в атмосферных условиях и с поглощением углекислого газа $\text{CO}_2 + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{HCO}_3^-$, что вызывает миграцию ионов натрия к поверхности, образование кристаллических карбонатных структур и формирование маловодного кремнеземного каркаса. Последнее приводит к возрастанию водостойкости системы [9].

Водостойкость полученных нами бетонных образцов косвенно оценили по коэффициенту размягчения, который составил 0,87 - 0,90.

Таким образом, полученные нами образцы пенополистиролбетона на основе бесцементного вяжущего из золы-унос и микрокремнезема, обладают повышенной водостойкостью и могут быть использованы для создания ограждающих конструкций.

Литература

1. Шойхет Б.М., Ставрицкая Л.В. Эффективные утеплители в ограждающих конструкциях зданий/ Энергосбережение. – №3. – 2000
2. Журба О.В. Легкие бетоны на основе регенерированного пенополистирольного сырья. – Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Улан-Удэ, 2007. – 24 с.
3. Садович М.А. Пенополистиролцементные композиции в строительных материалах: Результаты исследований и внедрения в строительство: монография / М.А. Садович –Братск: Изд-во БрГТУ, 2000. – 147с.
4. Пат. 2341495 Российская Федерация, МКП8 С 04 В38/08, В28/26, В16/08, В18/00. Формовочная смесь для изготовления теплоизоляционного материала/ Белых С.А., Соколова А.А., Трофимова О.В., Фадеева А.М.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Братский государственный университет». – № 2007109028/03; заяв. 12.03.2006; опубл. 20.12.2008. – 4 с.
5. Маргарян В.Э., Белых С.А. Легкий бетон на основе отходов/ Маргарян Д.Э., С.А. Белых С.А. Легкий бетон на основе отходов / Молодая мысль: наука, технологии, инновации: материалы VIII (XIV) Всероссийской научно-технической конференции. – Братск: Изд-во БрГУ, 2016. – с. 46
6. Маргарян В.Э. Влияние состава алюмосиликатного компонента золощелочного вяжущего на прочность бетона/ Энергия молодых – строительному комплексу : материалы научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых. – Братск: Изд-во БрГУ, 2016. – с. 53
7. Корнеев В.И, Данилов В.В. Растворимое и жидкое стекло. – СПб.: Стройиздат, 1996. – 216 с.
8. Айлер Р. Химия кремнезема: В 2 т. – М.: Мир, 1982.
9. Figovskiy O.L., Beylin D.A. Nanostructured Silicate Polymer Concrete / Vestnik MGSU 2014. –N 3. – pp. 197 – 204.
10. Vail J.G. Soluble Silicates. Reinhold, New York. 1952. V. 1,2.
11. Фиговский О.Л., Кудрявцев П.Г. Жидкое стекло и водные растворы силикатов, как перспективная основа технологических процессов получения новых нанокomпозиционных материалов / Инженерный вестник Дона. – № 2. – том 29. – 2014
12. Пат. 2471745 Российская Федерация, МКП8 С 04 В28/26, В111/20. Сырьевая смесь для приготовления золошлакового бетона/ Русина В.В., Корда Е.В., Львова С.А., Шипунова О.Ю., Корина М.В., Петрова А.В.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное уч-

реждение высшего профессионального образования «Братский государственный университет». – № 2011110701/03; заяв. 21.03.2011; опублик. 2013. – 4 с.

УДК 691.327.32

Актуальность применения полистиролбетона в малоэтажном строительстве

Д.Э. Маргарян

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: полистиролбетон, энергоэффективное строительство, прочность, плотность, водостойкость, тепло- и звукоизоляция

Легкие строительные материалы, обладающие теплоизоляционными свойствами и используемые взамен традиционных, позволяют не только резко снизить нагрузку на фундамент, но и достичь современных требований по энергоэффективности зданий и отвечают условиям экономической целесообразности. К таким материалам можно отнести строительный материал, используемый в России под названием полистиролбетон. По свойствам полистиролбетон относится к легким (ячеистым) бетонам, однако он имеет некоторые особенности. Главным его достоинством является варьирование плотности в очень широких пределах, вследствие чего полистиролбетон может быть использован как конструкционный, так и теплоизоляционный материал. Конструкционно-теплоизоляционный полистиролбетон имеет плотность марок от D700 до D1000 и прочность на сжатие от класса B3,5 до B7,5. В данной статье рассмотрены вопросы, касающиеся его применения в малоэтажном строительстве.

Полистиролбетон – это разновидность бетона, пористым заполнителем которого служит вспененный полистирол [1].

«Строительство индивидуального и малоэтажного жилья необходимо вести в промышленных масштабах, снижая его стоимость до доступного уровня», – так заявил Председатель Правительства Российской Федерации Д.А. Медведев. В рамках реализации национального проекта «Доступное и комфортное жилье» малоэтажные дома из полистиролбетона с плотностью 1200-1500 кг/м³ и классом по прочности B7,5-B15 удовлетворяют предъявляемым требованиям по надежности и энергоэффективности [2].

В данной статье рассмотрены возможности применения полистиролбетона в качестве конструкционно-теплоизоляционного материала в малоэтажном строительстве.

В современной строительной науке до настоящего времени считалось, что полистиролбетон можно рассматривать как ячеистый, но с большими размерами пор, заполненными полистиролом, с меньшей проницаемостью и с демпфирующим эффектом. На самом деле в этом материале реализована дву模альная пористость – крупные поры формируют шарики полистирола, а мелкие – излишки не вступившей в реакцию с цементом и испаряющейся в дальнейшем воды. В качестве наполнителя используют пенополистирол с плотностью 10 - 25 кг/м³ и размером частиц 0,5 - 3,5 мм, что обеспечивает мелкопористую структуру и не снижает его прочностных характеристик. Установлено [2], что характерной особенностью полистиролбетона, в сравнении с другими легкими бетонами на пористых заполнителях, является огромное (в 20 - 30 раз) различие между плотностью гранул заполнителя и цементной матрицы.

Известно, что полистиролбетон обладает особым набором прочностных и деформационных свойств. По зависимости между плотностью и модулем упругости он близок к легким бетонам, по отношению кубиковой прочности к призмной похож на мелкозернистый или крупнопористый керамзитобетон, по предельным деформациям сжатия он

приближается к тяжелым бетонам, а по макроструктуре полистиролбетон похож на ячеистые бетоны. Кроме того, известно, что в образцах ячеистого бетона, как и в полистиролбетонных, разрушение от нагрузки происходит не по зернам заполнителя, а по оболочкам пузырьков (ячеек). Трещиностойкость полистиролбетона намного выше, чем у ячеистого бетона [2].

В отличие от ячеистого бетона полистиролбетон не подвержен процессу карбонизации под действием углекислого газа из атмосферы во времени. Водопоглощение полистиролбетона ниже, чем у ячеистого бетона при одинаковой плотности в 2,5 - 3 раза, а по сравнению с водопоглощением традиционных легких бетонов на пористых заполнителях – ниже в 1,5 - 2 раза [3].

В сравнении с пенобетоном или газосиликатом, полистиролбетон выгодно отличается за счет: своей повышенной прочности (при одинаковой сортности, он на 20 % прочнее); упругости при изгибе и растяжении без механических разрушений; низкой гигроскопичности (в 5 раз ниже, чем у пенобетона и газобетона); вдвое меньшей теплопроводности (по этому показателю полистиролбетон серьезно конкурирует с деревом); высокой морозостойкости (у полистиролбетона D500 она выше, чем у аналогичных марок бетонов-конкурентов на 50 %); устойчивостью к воздействию кислотных-щелочных растворов низкой концентрации, растворителей, бензина и масел [4].

Полистиролбетон имеет одну отличительную технологическую особенность: за счет подбора его объемной массы возможно получение образцов полистиролбетона с заданными характеристиками, отвечающими заданным условиям эксплуатации. С этой точки зрения в настоящее время широкое применение имеет полистиролбетон с плотностью не более 600 кг/м³. Облегченный полистиролбетон с объемной массой менее 200 кг/м³ с высокими теплоизоляционными характеристиками имеет существенное преимущество по отношению к легким бетонам с минеральными наполнителями [5].

Полистиролбетонные блоки широко используются для возведения как внутренних перегородочных и несущих, так и наружных стен, причем тип стены определяет марку полистиролбетона [6].

В таблице 1 дана сравнительная характеристика некоторых материалов, наиболее часто используемых в малоэтажном строительстве.

Таблица 1

Характеристики строительных материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	Усадка, мм/м	Коэффициент паропроницаемости, мг/м·ч·Па
Кирпич глиняный пустотелый	1700	0,81	усадки нет, но из-за большого веса материала в первые годы может произойти значительная усадка	0,11
Кирпич силикатный	1800	0,87		0,11
Пенобетон	550	0,175	2-3	0,2
Керамзитобетон	850	0,38	1	0,08
Полистиролбетон	450	0,115	1	0,05
Дерево	500	0,15	100	поперёк волокон - 0,06; вдоль волокон - 0,32

Для несущих стен административных, общественных или производственных строений низкой этажности (1 - 2 этажа), а также для жилых трехэтажных зданий, необходимо использовать полистиролбетон марок, плотность которых не ниже D400, а характеристика сопротивления сжатию не ниже В1.

Для самонесущих стен, возводимых с опорой на межэтажные перекрытия, вне зависимости от типа строения и этажности, используются полистиролбетонные блоки с объемной массой не ниже D300 и сопротивлением сжатию не менее B0,5 [5].

Для навесных стен применяются плиты из полистиролбетона марки не ниже D200.

Кладка блоков может вестись как с использованием специальных клеев, так и специальных растворов. Специальный раствор для полистиролбетонных блоков готовится на месте из цемента, вспененного полистирола, воды и добавок. Толщина шва при использовании раствора, должна быть не более 12 мм [6].

Внешние стены из полистиролбетона требуют нанесения на них наружного защитно-декоративного покрытия, а внутренние – отделочного слоя. Материалом для таких покрытий может служить песчано-цементный раствор: для наружного нанесения – толщиной не менее 15 мм, для внутреннего отделочного слоя – не менее 20 мм. Для защиты наружных стен применяется также фасадная облицовка керамическим кирпичом толщиной 120 мм. Могут быть использованы и другие виды защиты, отвечающие предъявляемым требованиям.

Высокие тепло- и звукоизоляционные характеристики позволяют использовать полистиролбетон для заполнения различных пустот при кладке дома, изготовления внутренних стен с высокими показателями звуко- и теплоизоляции, крыш и полов, а плиты из него можно использовать взамен стекловатных. Кроме того, в жидком виде полистиролбетон можно использовать для заливки стен или полов, причем для заливки стен требуется опалубка, а для пола заливка выполняется как для стяжки из цементно-песочной смеси.

Таким образом, актуальность применения полистиролбетона в домостроении обусловлена потребностью в новых конструкционно-теплоизоляционных строительных материалах и изделиях, отвечающих как теплотехническим нормам, так и технологичных в производстве и выгодных с экономической точки зрения.

Литература:

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. Изд. 2-е переработанное и дополненное. М.: – 1998. – 768 с.
2. Беляков В.А. Прочностные, деформационные и эксплуатационные свойства полистиролбетона для строительных конструкций и изделий.- Автореферат на соискание уч. ст. канд. техн. наук. - Екатеринбург, 2010.- 196 с.
3. Бужевич Г.А. Легкие бетоны на пористых заполнителях. – М.: Стройиздат,1970. – 272 с.
4. Фадеева Т.А. Полистиролбетон как эффективный утеплитель.- Вестник УГУЭС. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – №1 (7). – 2014. – 262 с.
5. Киселев Д.П., Мамонтов В.Н., Соколов В.А., Лапидус М.А., Ожгибесов Ю.П. Легкие бетоны в сельском строительстве / М.: Стройиздат, 1978. – 97 с.
6. Технология и свойства новых видов легких бетонов на пористых заполнителях / НИИЖБ; Под ред. Г.А. Бужевича. – М.: Стройиздат, 1971. – 195 с.

УДК 624.012.3

Снижение материалоемкости железобетонных конструкций как способ их оптимизации и повышения экономической эффективности

И.В. Дудина, А. И. Митяева, Н.В. Жданкина

Братский государственный университет, ул. Макаренко,40, Братск, Россия

Ключевые слова: материалоемкость конструкций, оптимизация, контроль качества, надежность и долговечность, эффективные конструкции.

В данной статье рассматриваются основные резервы снижения материалоемкости сборных железобетонных конструкций, которые направлены на решение оптимизационных производственных задач и на повышение экономической эффективности конструкций заводского изготовления. Проведенный анализ резервов материалоемкости выявил два уровня задач, связанных с экономией цемента и стали, а также с совершенствованием качества выпускаемой продукции на вероятностной основе. Актуальной задачей в плане снижения материалоемкости конструкций является разработка новых конструктивных решений, учитывающих региональные особенности предприятий строительной индустрии.

Важным фактором в определении степени индустриализации и эффективности капитального строительства являются резервы снижения материалоемкости сборных железобетонных конструкций, годовой объем которых по стране составляет порядка 50-60 млн. м³. В условиях перехода к рынку предприятий строительной индустрии на первое место выступают проблемы оптимизации производства. Разрешение этих проблем необходимо осуществить на основе комплексного подхода, что означает проведение процесса оптимизации по всем направлениям производственной деятельности. Сюда относится: оптимизация организации производства, бизнес-планирование, структура управления и прочее.

На предприятиях строительной индустрии особое внимание следует уделить вопросу оптимизации конструкций, связанному, прежде всего, со снижением их материалоемкости [1,5]. Проведенный анализ резервов материалоемкости выявил два уровня задач. Первый уровень – текущие задачи по экономии цемента и стали за счет химизации, введения в бетон тонкодисперсных порошков, повышения прочностных характеристик сталей, учета фактической активности цемента. Второй уровень задач – перспектива, связанная с разработкой математического аппарата расчета железобетонных конструкций на вероятностной основе [1,2,3]. Учет изменчивости технологических параметров процесса изготовления конструкций с использованием современной вычислительной техники открывает возможности региональной оптимизации конструкций непосредственно их изготовителями [1,2,5]. В этом случае поднимается ответственность предприятий за надежность и долговечность выпускаемой продукции с правом полной реализации всех резервов материалоемкости. Такой подход будет стимулировать предприятия на внедрение АСУТП на оптимизационной основе и изменит характер взаимоотношений с проектными и научно-исследовательскими институтами. Необходимым условием развития этого перспективного направления является организация в составе предприятий сборного железобетона научно-конструкторских подразделений, способных решать указанные задачи на современном уровне.

Недостатком действующей методики расчета железобетонных конструкций является приближенный характер эмпирических и полуэмпирических формул действующего СНиПа [3,4]. Поэтому в описаниях напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций с помощью реальных диаграмм бетона и арматуры предельное усилие определяется с учетом нисходящей ветви деформации бетона итерационным методом с использованием современной вычислительной техники. Эффективность такого подхода наиболее ярко проявилась в случае использования высокопрочных сталей для сжатых элементов [1,3].

Точность расчета задачи с учетом нелинейного характера деформирования железобетона зависит от типа диаграмм и на стадии проектирования бывает достаточно приближенной. Но этот недостаток исчезает на стадии изготовления конструкции, когда диаграммы получены в результате испытаний конкретных видов стали и составов бетона со всеми характеристиками изменчивости [1,2,3].

В заводской лаборатории комбината Братскжелезобетон проводились испытания ребристых плит покрытия размерами 3x6 м; 1,5x6 м; 3x12 м; 1,5x12 м с анализом прочностных и деформативных свойств бетона, арматуры. В результате подтверждена тесная корреляционная взаимосвязь этих характеристик с показателями прочности, жесткости и трещиностойкости. Все плиты имели повышенный запас надежности, который не реализуется и проявляется в виде излишней материалоемкости [1,2,3,5].

Расчетно-аналитический аппарат, использующий реальные диаграммы бетона и арматуры, позволяет на вероятностной основе достаточно точно оценивать эти запасы с последующей их реализацией [2,3,5]. Одновременно с этим возможна оценка начальной безотказности конструкций по результатам лабораторного, технологического и производственного контроля на базе современной микропроцессорной техники [1,3]. На комбинате ведется внедрение такой системы – для испытанных разного типа железобетонных конструкций, что является составной частью программы «Надежность». Завершение работы позволит значительно снизить объем натурных испытаний конструкций по ГОСТ 8829-94, научно обосновано уменьшить их материалоемкость при обеспечении требуемой надежности [4,5].

Тонкостенные пространственные конструкции являются одними из наиболее перспективных направлений в строительстве одноэтажных промзданий. Применение конструктивных решений покрытий плитами на пролет размерами 3x18 и 3x24 м без дополнительных стропильных конструкций (ферм, балок) реализуется за счет использования плит КЖС и типа П [1].

На комбинате «Братскжелезобетон» было налажено производство плит КЖС размерами 3x18 м. Экономический эффект на 1 м² покрытия за счет снижения расхода материалов, числа монтажных элементов и высоты наружных стен колонн составил 1832 руб.[1,3]. Следует отметить, что здесь и далее экономический эффект определяется с учетом цен 3-го квартала 2014 г [4].

В процессе освоения плит КЖС выявлены следующие недостатки: необходимость использования стали класса А-IIIв большого диаметра, что сопряжено с большими трудозатратами при механическом упрочнении арматуры в условиях завода ЖБИ; большой строительный подъем и кривизна полки в двух направлениях, исключающая возможность механизации укладки бетонной смеси, ее разравнивания и заглаживания; хрупкий характер разрушения при нагружении в случае потери локальной устойчивости полки [1].

Поэтому актуальной задачей на комбинате является замена плит КЖС на плиты П тех же размеров [1], экономический эффект которых (1250 руб. на 1 м² покрытия) несколько ниже, чем плит КЖС, но использование высокопрочной арматуры (канаты К-7, сталь АтУ-АтУП), повышение технологичности и эксплуатационной надежности полностью компенсируют эту разницу. Имеющийся опыт показывает, что перевозка большепролетных тонкостенных конструкций связана с определенными трудностями, с увеличением расстояния. Поэтому наиболее целесообразным является их изготовление вблизи объекта строительства с организацией производства по стендовой технологии в легкоразборных зданиях с козловыми кранами [1].

Актуальной также задачей в плане оптимизации является переход на трехслойные стеновые панели с гибкими связями для ограждающих конструкций. В конце 90-х годов прошлого века основной объем наружных стен составляли стены из однослойных легкобетонных конструкций. Основным направлением совершенствования структуры конструкций наружных стен полносборных зданий является расширение объемов применения трехслойных панелей на основе тяжелого или легкого бетона с гибкими связями и эффективным утеплителем из пенополистерола. Их теплоизоляционные свойства в 1,6-2 раза выше, чем однослойных легкобетонных [1,5].

При освоении в нашей стране производства трехслойных стеновых панелей для промышленных зданий Братска наиболее оптимальным является вариант трехслойных

стеновых панелей из тяжелого бетона с гибкими связями [1,4,5]. Для Усть-Илимска с расчетной температурой минус 43⁰С проектная толщина стенового ограждения из керамзитобетона с объемной массой 1000 кг/м³ в стандартном состоянии составляет 350 мм. При использовании пенополистерола с объемной массой 40 кг/м³ толщина теплоизоляционного слоя снижается до 100 мм, а общая толщина, включая тяжелый бетон составляет 250 мм. При себестоимости керамзитобетона 7203 руб./м³, тяжелого бетона –7096 руб./ м³ и пенополистерола 9100 руб./м³ экономический эффект составляет 542,5 руб. на 1 м² стенового ограждения. При годовом выпуске 5-6 тыс. м³ трехслойных стеновых панелей производимый экономический эффект достигает 6500-7800 тыс. руб., который возрастает при аналогичной замене для жилищного строительства [1,4].

На комбинате «Братскжелезобетон» в настоящее время завершён переход на единую зональную серию 97, откорректированную по тепловой эффективности. В составе проекта используются трехслойные стеновые панели и безрулонная кровля для теплых чердаков. Толщина стен снижается с 400 до 260 мм, что обеспечивает экономический эффект 1952 руб. на 1 м³, при указанном годовом выпуске панелей это составляет примерно 10-12 млн. руб [1,4,5].

Литература

1. Самарин Ю.А., Коваленко Г.В., Орлов М.Т. Резервы надежности и долговечности железобетонных конструкций заводского изготовления/ М.: Информэнерго, 1988. Обзорная информация. (Сер. Строительная индустрия в энергетике, вып. 3). – 44 с.
2. Коваленко Г.В., Дудина И.В., Жердева С.А. Практические методы оценки надежности сборных железобетонных конструкций на стадии изготовления/ Братский гос. ун-т.– Братск, 2013. – 123 с.: ил. – Библиогр.: 60 назв. – Рус. – Деп. в ВИНТИ 24.06.2013 № 179 – В 2013. – 123 с.
3. Коваленко Г.В., Жердева С.А., Дудина И.В. Контроль качества и оценка надежности сборных железобетонных конструкций со сложным напряженным состоянием/ Системы. Методы. Технологии. Научный журнал. – № 3 (23), 2014. – С.161-167.
4. Дудина И.В., Большешапова А.С. Экономическая эффективность от внедрения автоматизированного способа оценки надежности конструкций заводского изготовления/ Проблемы экономики и управления строительством в условиях экологически ориентированного развития. Материалы Второй Всероссийской научно-практической онлайн-конференции с международным участием и элементами научной школы для молодежи. ТГАСУ, БГУЭиП, БрГУ.– Томск: Изд-во ТГАСУ, 2015. – С.99-106.
5. Дудина И.В., Хохлова Н.В. Анализ результатов оптимизации многопустотных панелей перекрытия для малоэтажного строительства/ Молодая мысль: наука, технологии, инновации: материалы VIII (XIV) Всероссийской научно-технической конференции. – Братск: Изд-во БрГУ, 2016. – С. 101-104.

УДК 624.04

Особенности оценки напряжённого состояния железобетонных конструкций, работающих при сложном характере кратковременного нагружения

И.В. Дудина, Е.А. Муска, М.М. Попова, А.А. Веселов

Братский Государственный Университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: сборные железобетонные конструкции, напряжённо-деформированное состояние, сложное напряженное состояние, нелинейно-деформационная модель, оценка надежности.

В данной статье рассмотрены особенности расчета конструкций, испытывающих сложное напряженное состояние (стеновых панелей, работающих на совместное действие вертикальных и горизонтальных нагрузок, и внецентренно сжатых колонн) на основе нелинейной деформационной модели. Данная методика расчета позволяет выполнять расчеты прочности, устойчивости и деформативности с использованием полных диаграмм деформирования бетона и арматуры и позволяет приблизить расчетную модель к фактическому напряженно-деформированному состоянию конструкций и выявить резервы снижения их материалоемкости.

Железобетонные конструкции являются основой современного капитального строительства, их значение по прогнозам специалистов не снизится и в ближайшие пятьдесят лет. Этот факт, равно как и понимание необходимости повышения капиталовложений в область строительства за счет снижения материалоемкости, ставит перед нами задачу совершенствования железобетонных конструкций, методов их проектирования и расчета с целью повышения технико-экономических показателей железобетонных конструкций, в частности, с целью снижения расхода стали и бетона при одновременном повышении технических характеристик конструкций [1].

При производстве сборных железобетонных конструкций основной задачей является обеспечение эксплуатационной пригодности выпускаемой продукции с минимальными затратами. Важнейшее место в решении этой проблемы занимает создание системы технологического контроля и управления качеством, обеспечивающей управление основными этапами технологического процесса изготовления деталей и конструкций [1, 8].

Наиболее актуальной эта задача является для контроля качества конструкций со сложным напряженным состоянием, которые испытывают косое внецентренное сжатие и кривой изгиб. Для конструкций со сложным напряженным состоянием необходимо выбрать оптимальную расчетную модель, которая наиболее достоверно описывает напряженно-деформированное состояние исследуемых конструкций на каждом этапе кратковременного нагружения. Эти модели принимаются в качестве основы для вероятностных расчетов с целью получения показателей надежности конструкций [1, 6, 7]. Примером конструкций, испытывающих сложное напряженное состояние, в частности кривой изгиб, являются несущие стеновые панели, работающие на совместное действие вертикальных и горизонтальных нагрузок [4 - 6, 8].

Для железобетонных конструкций, работающих на кривой изгиб или внецентренное сжатие, целесообразно разработать методику расчета на основе нелинейно-деформационной модели [2, 9], согласно которой рассматривается поперечное сечение конструкции в дискретном виде, при этом поперечное сечение любой формы разбивается на n -ое число элементарных участков бетона и k -ое число участков арматуры, равное количеству продольных стержней арматуры. Количество дискретных участков бетона целесообразно назначать не более 100. В алгоритме расчета используются условия равновесия в матричном виде [2, 8, 9].

Для анализа результатов численного моделирования поведения конструкций со сложным напряженным состоянием при кратковременном нагружении на кафедре строительных конструкций были разработаны два программных комплекса по оценке эксплуатационной пригодности стеновых панелей [3] и внецентренно сжатых железобетонных колонн [9].

Адекватность разработанных вероятностных алгоритмов [7, 8] установлена сопоставлением результатов вычислительного и натурального экспериментов по оценке надежности стеновых панелей, поскольку по этим конструкциям имеются экспериментальные данные, полученные на комбинате «Братскжелезобетон», согласно ГОСТ 8829-94 (рис. 1). В процессе нагружения при испытаниях оценивались следующие параметры работы кон-

струкции: перемещения опор, прогибы конструкции в сечениях, подлежащих анализу, от вертикальной и горизонтальной нагрузок – линейные деформации [1, 4, 8].

Для проведения численного эксперимента и практического использования данной нелинейно-деформационной модели была использована программа [3] для ЭВМ по оценке напряженного состояния стеновых панелей при сложном характере нагружения с учетом физической нелинейности материалов. Программа позволяет получить распределение напряжений по сечению на каждом этапе загрузки с учетом влияния эксцентриситетов, а также оценить несущую способность и эксплуатационную пригодность стеновых панелей [7, 8].

Для отладки программы был выполнен тестовый проверочный расчет стеновой панели по серии 1.432-14 марки ПС 600.12.30, при этом учитываются фактические характеристики бетона и стали, полученные при испытании натуральных образцов бетона и арматуры, выполнен статический расчет и определены усилия [4, 5, 8].

Для всех типов исследуемых стеновых панелей имеются экспериментальные данные, полученные при натуральных испытаниях на комбинате «Братскжелезобетон» [2, 8].

В результате натуральных испытаний стеновых панелей определялись фактические значения разрушающих нагрузок при испытании изделий по прочности (первая группа предельных состояний) и фактические значения прогибов и ширины раскрытия трещин при контрольной нагрузке по жесткости и трещиностойкости (вторая группа предельных состояний) [2, 6, 8].

Выходными данными компьютерной программы [3, 5, 7], реализующей вероятностную математическую модель, являются значения предельного усилия, воспринимаемого конструкцией, прогибы и ширина раскрытия трещин при контрольной нагрузке с учетом их статистической изменчивости. Для каждого из расчетных параметров строится доверительный интервал с обеспеченностью 0,98 [7, 8].

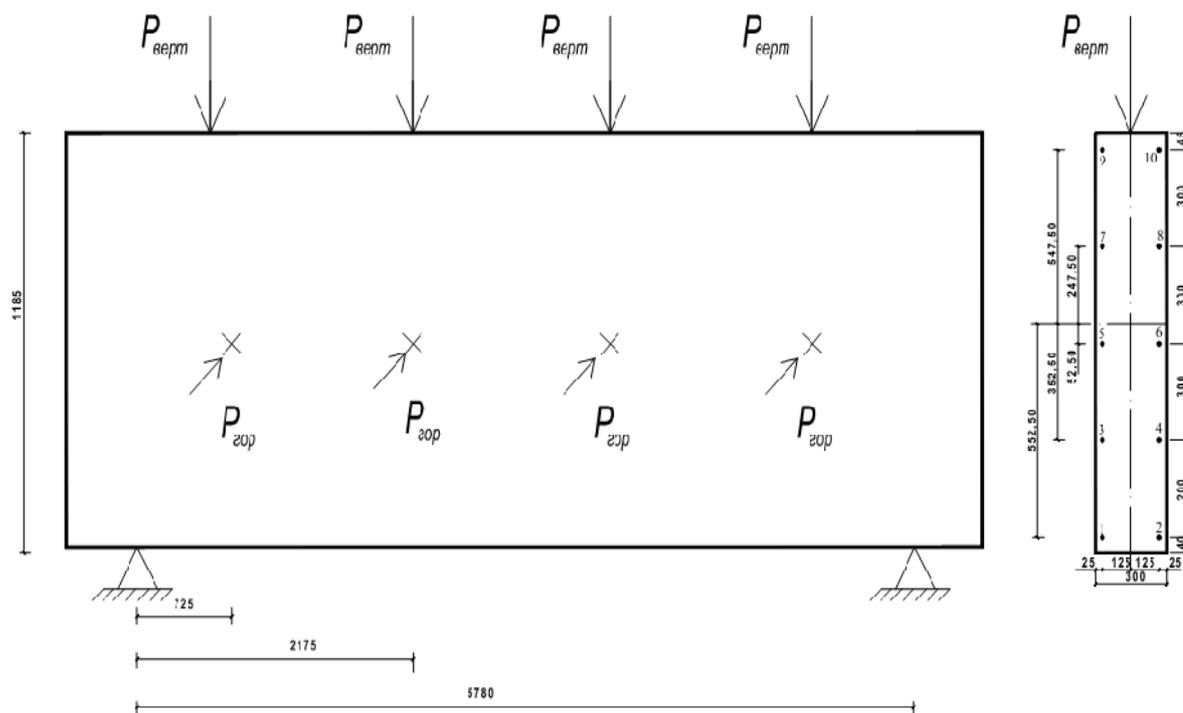


Рис. 1. Схема испытания однослойной стеновой панели на совместное действие вертикальной и горизонтальной нагрузок ПС 600.12.30 (армирование панели класса А400 10Ø6мм)

Сопоставление экспериментальных и расчетных данных по оценке напряженно-деформированного состояния стеновых панелей приведены в табл. 1 – 3 [3 - 6, 8].

Таблица 1

Данные по оценке несущей способности испытанных стеновых панелей

Марка панели	Нагрузка, кН							
	контрольная по прочности		фактическая разрушающая		разрушающая по СНиП		разрушающая по деформационной модели	
	верт.	гориз.	верт.	гориз.	верт.	гориз.	верт.	гориз.
ПС 600.12.30	26,36	7,58	26,36	7,58	25,01	5,33	26,56	8,20
ПС 600.12.25	22,0	7,30	22,0	7,58	19,44	6,55	22,75	8,55
ПС 60.12.25-5Л-31Ф1	27,80	19,74	33,80	23,44	19,93	12,90	32,80	20,0
ПС 60.12.30-3Л-31Ф1	21,80	7,80	32,59	13,82	27,54	7,24	30,91	13,39
ПС 60.18.25-6Л-44Ф1	29,90	29,90	29,90	29,88	25,99	17,67	30,20	29,87

Таблица 2

Параметры стеновых панелей при оценке горизонтальных прогибов

Марка панели	Прогиб, мм			
	контрольный прогиб	фактический прогиб	расчетное значение	
			по СНиП	по деформационной модели
ПС 600.12.30	2,20	1,11	0,52	1,63
ПС 600.12.25	6,50	1,71	1,34	2,57
ПС 60.12.25-5Л-31Ф1	18,70	20,40	17,87	19,18
ПС 60.12.30-3Л-31Ф1	2,50	2,10	1,37	2,17
ПС 60.18.25-6Л-44Ф1	18,30	8,02	7,57	11,25

Таблица 3

Данные ширины раскрытия трещин в горизонтальном сечении

Марка панели	Ширина раскрытия трещин, мм			
	контрольная ширина раскрытия	фактическая ширина раскрытия	расчетное значение	
			по СНиП	по деформационной модели
ПС 600.12.30	0,25	0,20	0,10	0,20
ПС 600.12.25	0,25	0,12	0,0	0,10
ПС 60.12.25-5Л-31Ф1	0,25	0,19	0,18	0,23
ПС 60.12.30-3Л-31Ф1	0,25	0,15	0,05	0,16
ПС 60.18.25-6Л-44Ф1	0,25	0,20	0,16	0,21

На рис. 2 показана динамика развития прогибов и трещин для исследуемой конструкции. На графике нанесены экспериментальные и расчетные значения прогибов и ширины раскрытия трещин, вычисленные по разным моделям: по нормативной – на основе метода предельных состояний; по нелинейно-деформационной модели на основе реальных диаграмм деформирования материалов. На графиках показаны границы доверительного интервала изменения контролируемых параметров с учетом обеспеченности 0,98 [7,8].

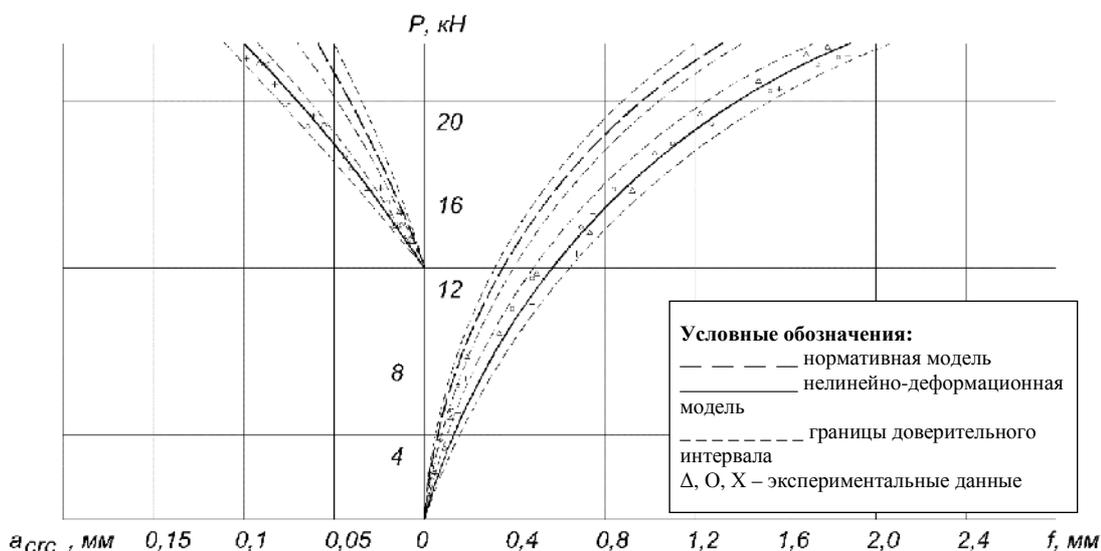


Рис. 2. График развития прогибов и трещин от вертикальной нагрузки для панели ПС 600.12.30

Анализируя рис.2, можно выделить два участка деформирования конструкций при кратковременном нагружении [2, 5, 6]:

- участок до образования трещин, на котором наблюдается практически линейное развитие прогибов;
- участок после образования трещин, характеризующийся значительным развитием пластических деформаций и резким нарастанием прогибов и трещин.

На первом этапе деформирования обе расчетные модели (нормативная и нелинейно-деформационная) удовлетворительно описывают напряженно-деформированное состояние всех исследуемых конструкций при кратковременном нагружении.

Экспериментальные значения прогибов попадают в доверительный интервал обеих расчетных моделей. Начало второго этапа соответствует нагрузке, контрольной по жесткости и трещиностойкости, что примерно совпадает с нормативной нагрузкой (рис.2).

Следовательно, для оценки начальной надежности конструкций заводского изготовления будут пригодны обе модели, тем более, что оценка прочности по этим моделям также практически совпадает с экспериментальным значением разрушающей нагрузки (расхождение составляет 3-8 %) [7, 8].

На втором этапе деформирования, характеризующимся значительным проявлением нелинейных свойств железобетона, нелинейно-деформационная модель [2, 9] более адекватна фактическому напряженно-деформированному состоянию испытанных конструкций: экспериментальные значения прогибов и трещин попадают в доверительный интервал, полученный на основании вероятностного расчета [7, 8] по нелинейной модели.

Расчет по нормативной модели занижает величину прогибов и ширину раскрытия трещин в предельном состоянии в 1,5-2 раза. Таким образом, нелинейно-деформационная модель удовлетворительно описывает развитие прогибов и трещин на всех этапах кратковременного нагружения [5 - 7].

В заключение следует отметить, что на основании экспериментальных исследований по натурным испытаниям стеновых панелей, работающих на кривой изгиб, доказана адекватность применения нелинейно - деформационной модели на основе реальных диаграмм деформирования материалов для конструкций со сложным напряженным состоянием.

Следовательно, эта модель может быть со столь же высокой степенью достоверности применима и к внецентренно сжатым колоннам [8, 9].

Литература

1. Тамразян А.Г., Дудина И.В. Обеспечение качества сборных железобетонных конструкций на стадии изготовления // Жилищное строительство. -2001. -№3. - С.8-10.
2. Коваленко Г.В., Меньшикова Н.С., Калаш О.А. Нелинейная модель напряженно-деформированного состояния применительно к оценке надежности железобетонных конструкций заводского изготовления / Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2007. №16.– С. 52-56.
3. Дудина И.В., Жердева С.А., Зарубин Е.Ю. Оценка напряженно-деформированного состояния однослойных стеновых панелей с учетом нелинейных свойств материалов (DIASTEN V. 1.0) / Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ #2008610404/ - М.: Роспатент. – 2008.
4. Коваленко Г.В. Результаты исследования напряженно - деформированного состояния стеновых панелей по разным расчетным моделям / Г.В. Коваленко, Е.А. Чевская, С.А. Жердева // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2009. - № 2. – С. 91-96.
5. Жердева С.А. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния несущих стеновых панелей / С.А. Жердева, И.В. Дудина, М.Д. Сорока // Труды Братского государственного университета: Сер.: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: в 2 т. - Братск: Изд-во БрГУ, 2011. – Т.2. – С. 159-163.
6. Дудина И.В. Анализ результатов численного моделирования поведения под нагрузкой конструкций со сложным напряженным состоянием / И.В. Дудина, С.А. Жердева, С.В. Мартынов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири. Юбилейный выпуск к 55-летию Братского государственного университета. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – С. 175-179.
7. Коваленко Г.В. Применение вероятностных методов в строительном проектировании / Г.В. Коваленко, Я.В. Корда // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири. Юбилейный выпуск к 55-летию Братского государственного университета. - Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – С. 171-174.
8. Коваленко Г.В., Жердева С.А., Дудина И.В. Контроль качества и оценка надежности сборных железобетонных конструкций со сложным напряженным состоянием / Системы. Методы. Технологии. 2014. №3 (23). – С. 161-166.
9. Дудина И.В., Муска Е.А. Особенности расчета внецентренно сжатых железобетонных колонн с учетом нелинейности материалов / Молодая мысль: Наука. Технологии. Инновации: материалы VIII (XIV) Всероссийской научно-технической конференции. – Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ», 2016. – С. 52-55.

УДК 711.13

Влияние демографических процессов на перспективы развития города Братска

Л.В. Перетолчина, А.А. Несмеянов

Братский Государственный Университет, ул. Макаренко 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: перспективы развития, пространственное развитие, демография, социально-экономическое развитие.

В данной статье описано влияние демографических процессов на перспективы развития города Братска. Приведена статистика численности населения города Братска со дня его основания по настоящее время, а так же показатели естественного и миграционного прироста населения. Рассмотрены основные преимущества, недостатки и причины существующей социально-экономической ситуации в городе Братске.

Цитата из послания Президента Российской Федерации Собранию Российской Федерации: «Смысл нашей политики – это сбережение людей, умножение человеческого капитала как главного богатства России. Поэтому наши усилия направлены на поддержку традиционных ценностей и семьи, на демографические программы, улучшение экологии, здоровья людей, развитие образования и культуры» [1].

12 декабря 1955 года Указом Президиума Верховного Совета РСФСР №762/6 рабочий поселок Братск Братского района Иркутской области, расположенный севернее Братска острожного, основанного в 1631 году, преобразован в город областного подчинения, сохранив прежнее наименование. Основание города осуществилось в связи с Всесоюзной ударной комсомольской стройкой, которая включала в себя: Братскую ГЭС, БЛПК, БрАЗ и конечно же строительство самого города. В связи с этим произошел бурный механический прирост населения, и если в 1956 году в городе проживало 18 тыс. человек, то в 1965 году, через 10 лет основания города, его население вместе с рабочими поселками достигло 140 тыс. [1].

Вследствие этого средний возраст жителей города уменьшался, а показатели естественного прироста населения увеличивались. Величина сальдо миграции за период с 1970 по 1987 года составила почти 53 тыс. человек, естественный прирост составлял более 3 тыс. человек в год. Максимальная численность населения была зафиксирована в 1991 году и составила 289,5 тыс. человек. В последующие годы с изменением политической и экономической системы в стране, число жителей пошло на убыль, а величина сальдо миграции, до настоящего времени, за исключением 1998, 2000, 2001 и 2011 годов, была отрицательной (см. рисунок 1) [2, 3].



Рис. 1. Численность населения г. Братска за период с 1951 по 2016 гг.

Естественный прирост населения так же находится в отрицательных значениях (см. таблицу 1) [1]. Средний возраст братчан составляет 37 лет. Количество населения моложе трудоспособного возраста – 18,7 %.

Таблица 1

Показатели естественного и миграционного прироста за период с 2010 по 2015 года

Показатели	Ед. измерения	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Число родившихся (без мертворожденных)	человек	3126	2989	3183	3117	2825	2853
Число умерших	человек	3347	3278	3363	3134	3274	3254
Естественный прирост	человек	-221	-289	-180	-17	-449	-401

Общий коэффициент рождаемости	промилле	12,7	12	13	13	11,9	12,1
Общий коэффициент смертности	промилле	13,5	13	14	13,1	13,8	13,8
Коэффициент естественного прироста	человек	-0,8	-1	-1	-0,1	-1,9	-1,7
Число прибывших	человек	2659	3305	-	4397	4470	4256
Число выбывших	человек	3913	5435	-	6828	6533	6021
Сальдо миграции	человек	-1254	-2130	-	-2431	-2063	-1765
Общий прирост населения	человек	-1475	-2419	-180	-2448	-2512	-2166

При разработке генерального плана города Братска были приведены результаты расчетов численности населения на период до 2030 года (см. таблицу 2), в которых было предложено 3 варианта прогноза численности населения, и только один из них предполагал увеличение численности населения до 260,2 тыс. человек [5]. Но уже по состоянию на 1 января 2016 года численность населения города Братска составляет 234147 человек, что ниже наихудшего варианта.

Таблица 2

Прогноз численности населения г. Братска на период до 2030 года (тыс. человек)

Варианты	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2025 г.	2030 г.
1	250,0	246,9	248,5	247,1	244,2
2	251,0	250,9	253,8	257,5	260,2
3	250,0	246,1	239,7	229,9	219,8

Так почему же из города Братска, который имеет ряд преимуществ уезжает большое количество людей? Рассмотрим его преимущества, недостатки и причины.

Преимущества:

- расположен на пересечении важнейших транспортных коммуникаций, а транспортный комплекс города представлен всеми видами транспорта – железнодорожным, воздушным, водным, автомобильным;

- имеет высокий потенциал для дальнейшего экономического развития, который обеспечивается устойчивой работой градообразующих предприятий, а также субъектов малого и среднего бизнеса;

- ресурсный потенциал, в который входят: железорудное месторождение, месторождение каменной соли, месторождение газа и конденсата, строительные материалы (диабазы, песчаники, ПГС, пески строительные, суглинки и глины, карбонатные породы) и лесосека Братского района;

- интеллектуальный потенциал, 15 учреждений высшего и среднего профессионального образования, 113 учреждений школьного и дошкольного образования, 5 учреждений дополнительного образования детей в сфере культуры, 9 учреждений культуры;

- рекреационный потенциал, уникальная дикая природа, музей под открытым небом «Ангарская деревня», санатории и загородные базы отдыха, различные виды туризма и современных развлечений;

- инвестиционный потенциал, что характеризуется выгодным географическим положением, богатым ресурсным потенциалом, низкой стоимостью энергетических ресурсов;

- инфраструктурный потенциал;

- входит в зону опережающего развития «Северо-Сибирский индустриальный пояс».

Недостатки:

- низкий жизненный уровень;
- экологические условия;
- суровые природно-климатические условия;
- удорожание (по сравнению с центральными регионами европейской части России) проживания людей и экономической деятельности;
- низкая инвестиционная привлекательность;
- острый дефицит финансовых ресурсов.

Причины:

- реформы 1990-х годов, которые включали либерализацию цен, внешней торговли и приватизация госпредприятий *«...за годы реформы страна по уровню социально-экономического развития оказалась отброшенной на десятилетия назад, а по некоторым показателям - в дореволюционный период. Никогда за обозримый период, даже после разрушений от гитлеровского нашествия, не наблюдалось столь продолжительного и глубокого снижения уровня производства почти во всех отраслях отечественной экономики»* [4];

- низкий уровень реальной заработной платы;
- несоответствие профессиональных качеств потенциальных работников и предъявляемых требований работодателей на рынке труда;
- малое количество организаций для стажировок выпускников ВУЗов и
- закрытие или замораживание градообразующих предприятий и проектов в 90-х годах;
- выбросы градообразующих предприятий и повышение уровня автомобилизации;
- транспортная удаленность от развитых регионов страны и мировых рынков;
- стремление мировых экономических элит закрепить за Сибирью роль сырьевого придатка развитых экономик;
- высокая волатильность мировых рынков сырья;
- неблагоприятная институциональная среда;
- отсутствие схемы пространственного развития города.

Даже при достаточном количестве документов развития как самого города так и региона в который он включен, а именно:

1 Стратегия социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона до 2025 года [6];

2 Стратегия социально-экономического развития Сибири до 2020 года [7];

3 Проект стратегии социально-экономического развития Иркутской области до 2030 года [8];

4 Генеральный план города Братска до 2020 года [5];

5 Комплексная программа социально-экономического развития города Братска на 2008-2017 годы [9];

6 Среднесрочный план социально-экономического развития города Братска на 2013-2017 годы [10];

7 Годовой план социально-экономического развития города Братска на 2017 год [11]

численность населения города снижается, в связи с уменьшением как естественного так и миграционного прироста и ухудшения уровня качества жизни населения. Что в свою очередь приводит к снижению эффективности реализации долгосрочных целей и переопределению приоритетов задач перспективного развития города Братска. Это требует постоянной корректировки долгосрочных и среднесрочных документов перспективного развития.

В связи с этим требуется повысить приоритеты для остановки миграции населения и повышения естественного прироста населения путем улучшения системы административно-управленческого аппарата и создания перспективы пространственного развития в

целях реализации основных положений стратегий социально-экономического развития города Братска.

Литература

1. Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации 1 декабря 2016 года;
2. Ковалев А.Я. Ангарский каскад. Стройиздат 1975. – 328 с.
3. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области Электронный ресурс: <http://irkutskstat.gks.ru>;
4. Глазьев С.Ю., Батчиков С.А. Белая книга. Экономические реформы в России 1991—2001 М.: Алгоритм, 2002.
5. Генеральный план г. Братска. ООО «Гипрогор», Москва 2008 г.
6. Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2020 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства РФ от 28.12.2009 №2094 // Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства РФ от 28.12.2009 №2094 // Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. Проект стратегии социально-экономического развития Иркутской области до 2030 года [Электронный ресурс]: <http://irkobl.ru>.
9. Концепция социально-экономического развития города Братска (2008-2017 годы). Решение Думы города Братска от 01.12.2006 г. №228/г-Д [Электронный ресурс]: www.bratsk-city.ru.
10. Среднесрочный план социально-экономического развития города Братска на 2013-2017 годы. Решение Думы города Братска от 21.06.2013 №547/г-Д [Электронный ресурс]: www.bratsk-city.ru.
11. Годовой план социально-экономического развития города Братска на 2017 год. Решение Думы города Братска от 22.12.2016 №353/г-Д [Электронный ресурс]: www.bratsk-city.ru.

УДК 624.04

Вероятностные модели эксплуатационных нагрузок, действующих на многоэтажные здания

А.В. Сапегин, Ш.Ш. Расулов

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: эксплуатационные нагрузки, изменчивость, вероятностная модель, закон распределения, плотность вероятностей.

В статье приводится рассмотрение некоторых законов распределения климатических нагрузок, действующих на здания (снеговой, ветровой) с учётом влияния случайных факторов и, соответственно, обладающих значительным статистическим разбросом. Вероятностные модели нагрузок могут быть представлены в виде случайных величин или случайных функций времени, изменяющихся также в пространстве по случайным или детерминированным законам.

Окружающая здание или сооружение среда вызывает в нем внутренние усилия, деформации, перемещения и другие кратковременные и длительные эффекты. Причинами этих эффектов являются воздействия (нагрузки). Из всех случайных факторов, определяющих надёжность здания, именно нагрузки и воздействия представляют собой наиболее неопределённые величины, обладающие большим статистическим разбросом. При математическом описании нагрузки могут быть представлены в виде случайных величин, слу-

чайных функций времени, а также изменяющихся не только во времени, но и в пространстве по случайным или детерминированным законам [1, 4].

Обычно на сооружение действует несколько нагрузок, каждая из которых обладает рядом конкретных особенностей, которые необходимо изучать. В настоящее время достаточно глубоко исследованы такие климатические нагрузки, как снеговая и ветровая, а из технологических – крановые. Вероятностное моделирование технологических нагрузок имеет особенности по сравнению с климатическими нагрузками и воздействиями. Вследствие исключительного разнообразия функциональных и технологических условий, реализуемых в зданиях с различными объемно – планировочными и конструктивными схемами, возможности статистического подхода для непосредственного нормирования нагрузок резко ограничены, а изменение технологических условий во времени, выражающееся в перепланировке и замене оборудования, перспективном росте нагрузок препятствует прямому переносу статистических данных на будущие условия [2, 3].

Нагрузка, определяемая собственным весом несущих конструкций, действует в течение всего срока службы сооружения. Нагрузка от веса ненесущих элементов (например, перегородок) может изменяться во времени эксплуатации здания в результате реконструкции. Нормативное значение веса конструкции определяется на основе стандартов, рабочих чертежей или паспортных данных заводов – изготовителей, а также по проектным размерам и плотности материалов конструкции.

Как показывают теоретические и экспериментальные исследования, физико-механические характеристики материалов и геометрические параметры конструкций подчиняются закону нормального распределения. Нагрузки и воздействия представляют собой более неопределенные величины, обладающие большим статистическим разбросом, и имеют разные законы распределения (испытательная нагрузка – закон Пуассона, снеговые, ветровые нагрузки – экспоненциальный закон, или Вейбулла, Гумбеля и др.) [4].

Нормальный закон распределения является предельным законом, к которому приближаются другие законы распределения при весьма часто встречающихся типичных условиях. Функция распределения для нормального закона записывается в следующем виде [4]:

$$P(x) = \frac{1}{\sigma(x)\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp \left[-\frac{(x - \bar{x})^2}{2\sigma^2(x)} \right], \quad (1)$$

где \bar{x} – математическое ожидание;

$\sigma(x)$ - среднеквадратическое отклонение.

Рассмотрим законы распределения наиболее важных климатических нагрузок – снеговой и ветровой.

Снеговая нагрузка

Основными физическими факторами, под действием которых формируется снеговая нагрузка на здания, являются выпадающие в зимнее время осадки, температурный режим местности, господствующее направление ветра и геометрия покрытия.

Согласно [1, 3] для описания снеговой нагрузки чаще всего используется двойной экспоненциальный закон интегрального распределения (распределение Гумбеля), это так называемый закон распределения экстремальных значений.

Существуют три асимптотических распределения для наибольших и три для наименьших значений. В общем случае распределение экстремальных значений применяется, когда представляют интерес наибольшие или наименьшие значения в последовательности случайных величин [4].

При статистическом анализе снеговых нагрузок на здания [2] применяется первый тип распределения наибольших значений. Интегральный закон имеет вид:

$$P(x) = \exp\left[-\frac{\exp(\alpha - x)^2}{\beta}\right] \quad (2)$$

Плотность вероятности выражается формулой:

$$p(x) = \frac{1}{\beta} \exp\left[\frac{\alpha - x}{\beta} - \exp\left(\frac{\alpha - x}{\beta}\right)\right] \quad (3)$$

Вид кривой распределения показан на рис. 1.

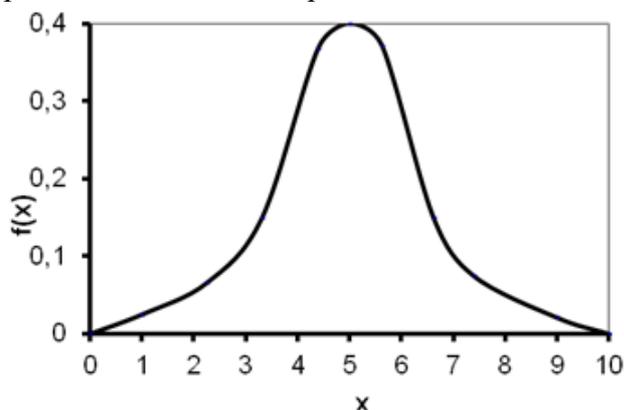


Рис. 1. Распределение экстремальных значений при $\alpha=5$ и $\beta=1$

Параметры α и β связаны с математическим ожиданием \bar{x} и дисперсией $\sigma^2(x)$ следующим образом [3]:

$$\begin{cases} \bar{x} = \alpha + 0.5776\beta \\ \sigma^2(x) = 1.645\beta^2 \end{cases} \quad (4)$$

Их можно подобрать по методу наименьших квадратов.

Дисперсия $\sigma^2(x)$ получается:

$$\sigma^2(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2 \quad (5)$$

Ветровая нагрузка

Ветровая нагрузка на сооружение определяется как сумма средней и пульсационной составляющих [1, 2] и вычисляется через интенсивность ветрового давления (Па):

$$\tilde{W}(t) = 0.61\tilde{V}(t), \quad (6)$$

где $\tilde{V}(t)$ - скорость ветра (м/с), основной климатологический фактор ветровой нагрузки, зависящий от географического положения местности, топографических особенностей распределения ветровых потоков и режима ветров, от шероховатости местности.

Обработка и сглаживание срочных значений модуля скорости ветра для многих метеостанций показывает, что наилучшее согласие со статистическими данными имеет несмещенное распределение Вейбулла [2]:

$$F(V) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{V}{\eta}\right)^\alpha\right], \quad (7)$$

где $F(V)$ – вероятность того, что в наперед заданный момент времени скорость ветра не превысит значения V ;

η, α – коэффициенты, определяемые по каждой метеостанции и зависящие от ветрового режима данной местности.

Для описания распределения годовых или месячных максимумов скорости ветра как и для снеговых нагрузок может быть использовано двойное экспоненциальное распределение. Интегральная функция распределения скоростного давления представляется формулой (2).

При расчете зданий и сооружений на ветровые воздействия учитывается не только изменчивость скорости ветра во времени, но и по высоте. В практике расчета используется так называемый вертикальный профиль ветра, т.е. зависимость скорости ветра от высоты над землей. Для описания вертикальных скоростей ветра используется степенной закон [2]:

$$v(z) = v_0 \left(\frac{z}{z_0} \right)^\alpha \quad (8)$$

или логарифмический закон:

$$v(z) = \frac{v_0 \ln \left(\frac{z}{z_n} \right)}{\ln \left(\frac{z_0}{z_n} \right)}, \quad (9)$$

где z_n – параметр шероховатости;

$v(z)$, v_0 – скорости ветра на уровне z и на стандартной высоте (10 м).

В первом приближении по вероятностным расчётам все нагрузки можно полагать распределёнными по нормальному закону [2, 4]. Погрешность при этом будет составлять при оценке вероятности безотказной работы 5-10%. В результате вероятностных расчётов получаются показатели надежности конструкций, которые должны быть выше нормативных.

Литература

1. Райзер В.Д. Методы теории надежности в задачах нормирования расчетных параметров строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1986, - 192 с.
2. Райзер В.Д. Теория надежности в строительном проектировании: – М.: Изд-во АСВ, 1998. – 304 с.
3. Парасонис И.И. Надежность каркасов одноэтажных производственных зданий с учетом точности геометрических параметров монтажа. – Вильнюс: Техника.-1995.-392с.
4. Коваленко Г.В., Корда Я.В. Применение вероятностных методов в строительном проектировании/ Труды Братского государственного университета, Серия: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири. Юбилейный выпуск к 55-летию Братского государственного университета. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012.- С.171-174.

УДК 332.6

Рынок недвижимости города Братска

Н.А. Свергунова

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: рынок недвижимости, оценка эффективности рынка недвижимости, методологические основы рынка недвижимости.

В работе рассматривается эффективность рынка недвижимости на основе системного и статистического анализа, позволяющее обеспечить эффективное функционирование.

рование рынка недвижимости в целом и совершенствовать методики оценки эффективности.

В современных условиях рынок недвижимости субъектов РФ является весомой составляющей, как экономики отдельных регионов, так и российской экономики в целом.

На этапе формирования этого сегмента рынка появляется потребность в знании закономерностей развития и функционирования рынка недвижимости, факторов, определяющих спрос и предложение, проблем и методов управления недвижимостью на этом рынке и т.д.

В рамках исследования невозможно остановиться на всех проблемах формирования, функционирования, развития и эффективного управления рынком недвижимости в России. В силу характера российского рынка недвижимости в проводимом исследовании в прикладных разделах автором рассматривался только рынок недвижимости г. Братска.

Основными проблемами современного рынка жилья России являются проблемы связанные с недоступностью жилья основной массе населения. Это такие факторы как: дефицит платежеспособного спроса населения; высокие кредитные ставки; административные барьеры, неурегулированные законодательством взаимоотношения между органами исполнительной власти, застройщиками и строителями; недостаточные объемы строительства жилья; дефицит заемных и привлеченных финансовых средств и неиспользованный в полной мере арсенал государственных регулирующих средств воздействия на жилищный сектор экономики и др.

Основной целью социальной статистики в этой области должно являться наблюдение за решением жилищной проблемы, в том числе изменениями в жилищных условиях населения, за процессами на рынке жилья, оказывающими влияние на деятельность отраслей жилищно-коммунального хозяйства [1]. Если же брать физические объемы наличия жилья на вторичном и первичном рынках, принимая во внимание объективную потребность населения в жилье, то можно говорить об остром дефиците предложения, особенно нового жилья [2].

Для успешного развития рынка недвижимости необходимо привести в порядок рассмотреть методики оценки эффективности рынка недвижимости. Методологические основы рынка недвижимости мало изучены и представлены в литературе. Определенная значимость в современных условиях и недостаточная научная разработанность этой темы определяет актуальность данной работы.

В основу оценки эффективности можно положить базовую концепцию финансового менеджмента – концепцию эффективности рынка (Capital Market Efficiency Concept). Эффективность рынка капитала, а также рынка недвижимости характеризуется уровнем его информационной насыщенности и доступности информации участникам рынка. На эффективность рынка недвижимости влияет его активность, которая характеризуется показателями, позволяющими идентифицировать малоактивный рынок со средней активностью и рынок с повышенной активностью (рис. 1).

Сегодня наблюдаются незначительное введение жилищного фонда в городе Братске, что можно объяснить совокупностью следующих факторов: отсутствием достаточных средств на развитие инженерной инфраструктуры у муниципального образования; высокими процентами кредитования застройщиков; низкой покупательской способностью населения на вновь создаваемое жилье; низкой долей федерального софинансирования по реализации совместных программ по строительству социального и арендного жилья, переселению граждан из аварийного жилья [3].

Анализ технологий оказания риэлтерских услуг на сегодняшний момент показывает, что они отстают от требований современных условий развития данного сегмента экономики. Корни такого состояния кроются в оценке эффективности рынка недвижимости.

Совокупность перечисленных выше моментов позволила сделать вывод о необходимости разработки комплексной методики оценки эффективности рынка недвижимости.

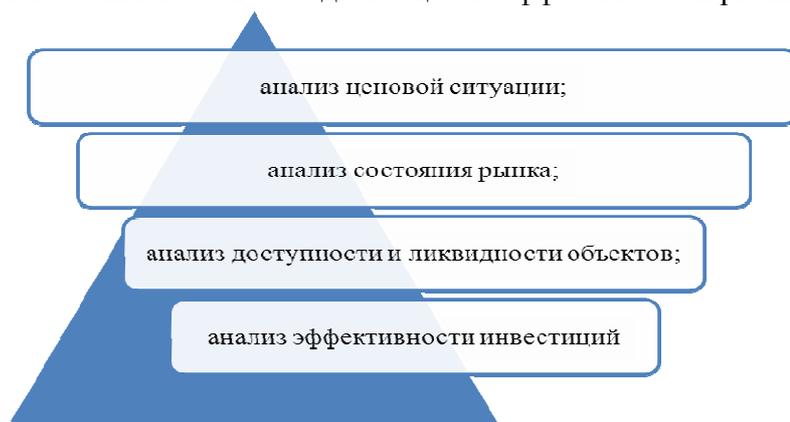


Рис. 1. Направления исследования рынка недвижимости

К проведению анализа использовались – однокритериальный и многокритериальный подходы. Однокритериальный подход позволил предусмотреть оценку рынка недвижимости по одному критерию (стоимости на квартиры). Однако, он ограничен в использовании, так как не учитывает различные особенности рынка недвижимости. Многокритериальный подход предусматривал оценку рынка недвижимости по ряду критериев, учитывающих различные факторы, влияющие на эффективность рынка недвижимости (средняя стоимость 1 м² в зависимости от планировочного решения квартиры). Как показало исследование, второй подход является более объективным и может быть использован в работе лицами, принимающими решения о проведении определенных операций на рынке недвижимости.

Методика анализа эффективности рынка недвижимости оценивалась с помощью набора показателей (индикаторов) состояния рынка:

1. Ценовая ситуация оценивалась с помощью:

- среднеарифметической взвешенной цены предложения на рынке недвижимости;
- размаха вариации цены 1 м²;
- частного распределения цен по совокупности объектов недвижимости;
- среднеквадратического отклонения цен по выборке объектов недвижимости, позволяющее отразить средний размер колеблемости цен на рынке средневзвешенной цены;
- коэффициента вариации, показывающего умеренные однородные процентные размеры колеблемости на рынке недвижимости относительно средневзвешенной цены для квартир.

2. Конъюнктура спроса и предложения.

3. Активность рынка недвижимости.

Совершенствование методики позволило систематизировать и уточнить показатели, а также оценивать ситуацию на отдельных сегментах рынка недвижимости г. Братска. Такой подход к методике оценки эффективности рынка недвижимости дает возможность, сделать рынок более прозрачным, увеличить доходы, идущие от операций с недвижимостью и налогообложения объектов недвижимости.

Литература:

1. Свергунова Н.А. Анализ рынка жилья в г. Братске / Молодая мысль: Наука. Технологии. Инновации: материалы VII (XIII) Всероссийской научно-технической конференции. – Братск: Изд-во БрГУ, 2015. – 255 с.

2. Свергунова Н.А. Рынок жилья в г. Братске. Сборник «Актуальные вопросы экономики региона: анализ, диагностика и прогнозирование». Материалы V Международной студенческой научно-практической конференции. Нижегородский филиал МИИТ; редактор: Н.В. Пшениснов, 2015. 249-250 с.

3. Свергунова Н.А. Анализ состояния жилищного фонда города Братска в современных условиях. Молодая мысль: Наука. Технологии. Инновации: материалы VIII (XIV) Всероссийской научно-технической конференции. – Братск: Изд-во БрГУ, 2016. – 296 с.

УДК 691

Обоснование применения теплоизоляционного штукатурного слоя в фасадных системах

В.И. Сивкова, А.И. Казыева, П.Н. Артюхова

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: теплоизоляционный штукатурный слой, строительство, сухие строительные смеси, теплоизоляция.

Изучен опыт теплоизоляции ограждающих конструкций, а также основные технологии и теплоизоляционные материалы при возведении и реконструкции зданий. Рассмотрены основные достоинства использования современной сухой строительной смеси, а также основные преимущества использования теплоизоляционного штукатурного слоя. Проведены исследования применения теплоизоляционного штукатурного слоя в г. Братске.

При строительстве и эксплуатации новых и реконструкции старых жилых и промышленных объектов, теплоизоляция является одной из самых актуальных задач. В соответствии с современными требованиями сопротивление теплопередаче увеличилось в 3-3,5 раза по сравнению со старыми нормами теплоизоляции объектов. Кроме того, рост цен на теплоэнергию и коммунальные услуги ставит на передний план жизненно важную потребность в повышении теплоизоляции зданий для снижения затрат на отопление при эксплуатации объектов.

Целью настоящей работы является создание сухой смеси для теплоизоляционного штукатурного слоя с использованием местных сырьевых ресурсов. Задачей работы является повышение энергетической эффективности ограждающих конструкций.

Одним из путей повышения энергоэффективности ограждающих конструкций жилых, общественных и производственных зданий является применение эффективных утеплителей в конструкциях наружных стен, покрытиях, перекрытиях и перегородках. Существующие варианты утепления зданий отличаются как конструктивными решениями, так и используемыми в конструкциях материалами.

Рациональным и эффективным способом повышения теплозащиты эксплуатируемых зданий является дополнительное наружное утепление ограждающих конструкций. При строительстве новых и реконструкции существующих зданий предусматривают теплоизоляцию из эффективных материалов, размещая ее с наружной стороны ограждающей конструкции [1].

По СНиП [2] минимальное требуемое значение приведенного сопротивления теплопередаче стен жилых зданий увеличилось в 3-3.5 раза. Это значит, что толщина наружных стен должна быть увеличена в 3 раза, а это нецелесообразно! И ни один из традиционных строительных материалов (железобетон, кирпич, ячеистый бетон) не способен в однослойной ограждающей конструкции обеспечить требуемое значение сопротивления

теплопередаче при разумной толщине ограждающей конструкции. Однослойные современные материалы [5] требуют дополнительных вложений на защиту от внешнего воздействия, в том числе оштукатуривание.

Требуемое значение может быть достигнуто например в двух- трехслойной ограждающей конструкции, в которой внутренняя несущая часть выполняется из конструкционного материала, а наружные слои из эффективного утеплителя по особым технологиям (сэндвич-панели, навесные фасады, минераловатные плиты, теплоизоляционные маты, термоплекс и т.д.) Кроме того, такая схема позволяет перейти к максимально облегченным ограждающим конструкциям, в которых толщина несущей части определяется только прочностными характеристиками конструкционного материала [3].

В таком разнообразном спектре технологий возрастает роль теплоизоляционных материалов. Основные группы теплоизоляционных материалов, их основные свойства и характеристики, выделяющие их среди остальных материалов, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика теплоизоляционных материалов

Тип материала/характеристика сравнения	Область применения	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м*К)	Горючесть	Стоимость 1 м ³ , руб.	Преимущества
Минеральная вата и изделия из нее	Наружное и внутренне утепление зданий	0,038-0,045	НГ, Г1	1500-3000 руб.	Экологичность, долговечность
Стекловата изделия из нее	Внутренне утепление зданий	0,037-0,046	НГ, Г1	1800-2000 руб.	Экологичность, долговечность
Вспененный пенополистирол	Утепление в слоистой кладке внутри панелей	0,03-0,04	Г4	500-1200 руб.	Повышенная теплоэффективность
Экструдированный пенополистирол	Наружное утепление, утепление подземных частей	0,038-0,041	Г2-Г4	3500-4500 руб.	Повышенная прочность, долговечность
Пенополиуретан	Наружное утепление, утепление внутри панелей	0,03-0,04	Г2-Г4	1500-2500 руб.	Удобство применения, повышенная теплоэффективность
Изоллат	Утепление наружных конструкций	0,005	Г1	1500-2000 руб. за 1 м ² изолированной поверхности слоя	Высокая адгезия к изолируемой поверхности, тонкослойный

Представленные в таблице 1 материалы наиболее эффективны при применении в больших объемах для строительства многоэтажных зданий, а использование их в строительстве малых объектов сложнее с технологической точки зрения и экономически нецелесообразно.

Одним из способов эффективной и недорогой теплоизоляции является применение особых строительных смесей в составе фасадных систем: теплоизоляционного штукатурного слоя, так называемой «теплой штукатурки».

Современные сухие строительные смеси – это продукция, производство которой основано на использовании наукоемких технологий, то есть далеко не банальная смесь песка и цемента. Именно поэтому применение таких смесей позволяет существенно увеличить производительность труда и его эффективность, а также получить отличные результаты, намного превосходящие результаты использования песочно-цементных смесей [4, 6].

Преимущества применения сухих строительных смесей:

- экономия времени - необходимо просто добавить воды и хорошо размешать;
- экономия производственных площадей - отпадает необходимость складировать материалы для изготовления раствора, он делается непосредственно перед работой;
- точное соотношение воды и порошка позволяет получить смесь стабильную и высокого качества;
- экономия транспортных расходов;
- экологичность;
- универсальность - применяются при многих строительных и ремонтных работах;
- простота применения и использования позволяет работать с сухими строительными смесями как профессионалу, так и людям, не относящимся к строительной профессии.

Теплоизоляционный штукатурный слой представляет собой сухую смесь, состоящую из пустотелого материала, цемента, клея и различных пластификаторов. Большую часть объема смеси занимает именно пустотелый материал. За счет этого и осуществляется теплоизоляция. Теплоизоляционный штукатурный слой применяется в утеплении фасадов, стен, перекрытий.

Достоинства:

1. Теплоизоляционный штукатурный слой после нанесения на стену создает единый монолитный слой. Отсутствие стыков позволяет значительно повысить изоляционные качества.
2. Работа по нанесению раствора проводится в один этап. Это позволяет осуществить нанесение раствора на поверхность за один рабочий день. Данный фактор значительно снижает себестоимость работ.
3. Отсутствие мостиков холода. При обработке стен не используется крепежный материал, через который холод проходит к основным стенам.
4. Простота технологии дает возможность проведения работ своими силами, без привлечения наемных рабочих
5. Во время утепления поверхности не осуществляется глубокое бурение поверхности стен. Это позволяет не допустить ослабления конструкции бетонных панелей и их разрушения от вибрации.
6. Нет необходимости выравнивать поверхности перед нанесением раствора. Недостатки устраняются сразу, в процессе нанесения теплоизоляционного штукатурного слоя, который является отличным заполнителем для щелей и дыр.
7. Уникальная возможность проводить изоляционные, восстановительные и утеплительные работы на сложных поверхностях. Благодаря свойству приставать к любому материалу и сохранять форму, раствором теплоизоляционного штукатурного слоя можно покрыть любую выпуклую или вогнутую поверхность.
8. Теплоизоляционный штукатурный слой может иметь такой состав, который препятствует появлению и размножению насекомых, бактерий и грибков. В таком покрытии никогда не появится плесень, не поселится колония муравьев или рой пчел.
9. Экологическая чистота материала позволяет наносить его на стены застекленных балконов. Это значительно быстрее и дешевле, чем традиционное утепление с использованием обрешетки, стекловаты и МДФ-панелей.
10. Готовую поверхность нет необходимости шлифовать после высыхания. Она выглядит как довольно модное и практическое покрытие под «шубу».

Проанализировав рынок недвижимости в городе Братске можно сделать предположение о том, что применение теплоизоляционного штукатурного слоя будет целесообразным. В правобережном округе много деревянных домов, отапливаемых печью, и если посчитать затраты на дрова, а за зиму уходит около 2-х машин стоимостью 6 тысяч за маши-

ну, то можно сделать вывод о том, что будет выгодно использовать теплоизоляционный штукатурный слой (цена 100 руб за м²), который сократит теплопотери во много раз, следовательно, и расходы сократятся.

Известные сегодня теплоизоляционные штукатурные слои в качестве наполнителя могут содержать древесные опилки, вспученные гранулы вермикулита или перлита, или пенополистирольные шарики. В последнее время в качестве заполнителя в теплоизоляционные бетоны и растворы применяют вспененный полистирол [4, 7]. Существует также наполнитель в виде вспененного в вакууме кремния или пеностекла, величина пор которого больше молекулы воздуха и меньше молекул воды, что наделяет его рядом полезных свойств. Физические свойства наполнителей в итоге определяют свойства «теплых штукатурок».

В итоге можно сделать вывод, что теплоизоляционный штукатурный слой конкурентоспособен и будет перспективен для небольших городов и небольших строений, а также он является альтернативой для традиционных методов утепления дома. А во многих случаях теплоизоляционный штукатурный слой намного эффективнее, чем другие отделки стен. Данная технология позволяет сэкономить на строительстве, получать снаружи красивые и долговечные, а изнутри теплые и экологичные здания.

Литература

1. ГОСТ 33740-2016 «Системы фасадные теплоизоляционные композиционные с наружными штукатурными слоями. Термины и определения» / Информационная система «СтройКонсультант»;
2. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.- Взамен СНиП П-3-79*; введ. 26-06-2003.- М.: Госстрой России, 2003.-31с.: ил. – (Строительные нормы и правила);
3. Белых С.А., Галанцева Д.А. Стеновые теплоизоляционные материалы и изделия из наполненных пеностекельных композиций // Всероссийская научно-техническая конференция с участием молодых ученых.-2015. - С.-74-76;
4. Белых С.А., Буянова Э.Э., Черниговская М.Н. Подбор и оптимизация кладочных растворов пониженной теплопроводности с использованием золы-уносы и пенополистирола// Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. - 2012. - Т. 3. С. - 179-183;
5. Кудяков А.И., Белых С.А., Лебедева Т.А. Стеновые теплоизоляционные материалы и изделия из наполненных пеностекельных композиций //Под ред. А.И. Кудякова. Томск, 2016.
6. Белых С.А., Кудяков А.И., Чикичев А.А.. Сухая строительная смесь с повышенной адгезионной прочностью для отделки кирпичных поверхностей во влажных помещениях// Журнал: Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета.-2017. – С.-122-133;
7. Пат.2341495 Российская Федерация, МПК: С 04 В 38 08, С 04 В 28 26, С 04 В 16 08, С 04 В 18 00. Формовочная смесь для изготовления теплоизоляционного материала / Белых С.А., Соколова А.А., Трофимова О.В., Фадеева А.М.;заявитель и патентообладатель Братск. науч.-исслед. ин-т связи.- № 2007109028/03;заявл. 12.03.2007;опубл. 20.12.2008,Бюл. №35.-3с.

УДК - 691.535

Оценка свойств и оптимизация состава малоклинкерного цемента для строительных растворов

С.А. Белых, Е.В. Собчук

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: малоклинкерный цемент, домол, зола уноса, микрокремнезем.

Были приготовлены сложные вяжущие из портландцемента, микрокремнезема и золы-уноса путем их совместного помола в шаровой мельнице. На основе данных вяжущих готовились строительные растворы из которых формовались образцы-балочки размерами 4x4x16 см для дальнейших испытаний. После проведения оценки качественных показателей было выявлено, что возможно замещение цементной составляющей на 15-35 % на тонкодисперсные отходы промышленности.

В нашем регионе накоплено большое количество топливных золошлаковых отходов, качество которых контролируется, а сами отходы являются востребованным вторичным ресурсом в производстве строительных материалов. Промышленность производства строительных материалов имеет огромный опыт по использованию золошлаковых отходов. Накоплен опыт и данные исследователей о эффективном применении зол-уноса при производстве сухих строительных смесей, в том числе кладочных и штукатурных растворов за счет высокой степени химической и технологической готовности продукта[1,2].

Компания ПАО «Иркутскэнерго» в настоящее время использует сочетание таких углей, как угли Ирбейского, Мугунского, Азейского и Ирша-Бородинского месторождений, поэтому состав золошлаковых смесей и золы-уноса от сжигания смесей углей постоянно меняется. В связи с этим необходимо постоянно контролировать свойства указанных отходов при использовании в качестве сырья для строительных материалов [1,3,4,5].

Производителям сухих строительных смесей часто не требуется большое количество портландцемента с точки зрения обеспечения необходимой прочности, а перерасход цемента происходит для обеспечения слитной структуры искусственного камня. На практике цементную составляющую часто заменяют тонкодисперсными компонентами, в том числе золой-уноса.

Использование многотонажных отходов промышленности взамен энергоемкого клинкера портландцемента снижает энергоемкость строительных смесей [6,1].

Целью исследования является оценка свойств и оптимизация состава малоклинкерного цемента для строительных растворов на основе тонкодисперсных многотонажных отходов.

Для достижения поставленной цели использовали: портландцемент Ангарского завода марки – 500, зола-унос ТЭЦ-6 (бывшая ТЭЦ-7 в г. Братске ПАО «Иркутскэнерго»), микрокремнезем Братского завода ферросплавов и суперпластификатора С-3. Количество золы-уноса в экспериментальных составах варьировалось от 14,8 до 26,7% от общей массы сложного вяжущего, микрокремнезема от 3,4 до 11,1% а количество суперпластификатора С-3 составляло 1,2% от массы цемента [5]. Составы сырьевых смесей приведены в таблице 1.

Таблица 1

Составы сырьевых смесей для получения композиционных вяжущих

Исследуемый состав	Цемент, (%)	Зола, (%)	Микрокремнезем, (%)
Контрольный	100	-	-
I	65	25,2	9,8
II	74,1	14,8	11,1
III	69	27,6	3,4
IV	80	16	4
V	71,4	21,4	7,2
VI	68,9	20,7	10,4
VII	74,1	22,2	3,7
VIII	66,7	26,7	6,6
IX	76,9	15,4	7,7

Сырьевые смеси изготавливались путем помола в шаровой мельнице в течении часа. Помимо помола, шаровая мельница помогает добиться равномерного перемешивания

составляющих в смеси. Для достижения наиболее точных результатов исследования необходим контроль исходных сырьевых материалов. Методика исследования цемента основывается на ГОСТ 310.3-76 «Цемент. Методы испытаний». Контролируемые свойства это - нормальная плотность цементного теста, сроки схватывания цементного теста, активность цемента, тонкость помола. До и после помола у составляющих и полученных смесей рассчитывалась истинная плотность по формуле: $\rho^{-1} = m^1/\rho^1 + m^2/\rho^2 + m^n/\rho^n$ и удельная поверхность (измерялась на приборе ПСХ-11м). Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Физические характеристик сложных вяжущих

Составы по табл.1	Истинная плотность, $\rho_{ист}$, г/см ³	Удельная поверхность, S, см ² /г	Усредненный диаметр частиц, d, мкм	Относительная погрешность полученных данных, %
I	2,86	4780	4,4	+/- 0,1
II	2,87	5545	3,8	+/- 0,1
III	2,84	5673	3,7	+/- 0,1
IV	2,98	4836	4,2	+/- 0,2
V	2,85	5393	3,9	+/- 0,2
VI	2,84	5536	3,8	+/- 0,1
VII	2,87	4872	4,3	+/- 0,1
VIII	2,82	5019	4,2	+/- 0,1
IX	2,89	5289	3,9	+/- 0,1
ПЦ-500Д0	3,1	3407	5,7	+/- 0,1
Микрокремнезём	2,3	45900	0,6	+/- 0,2
Зола	2,4	2647	9,6	+/- 0,1

В экспериментальных составах присутствует пластифицирующая добавка суперпластификатор С-3, наличие добавки уменьшает водопотребность вяжущего. Было проведено определение нормальной плотности цементного теста на приборе Вика, данные приведены в таблице 3.

Таблица 3

Нормальная плотность цементного теста (сложных вяжущих)

Составы по табл.1	Водовяжущее отношение	Глубина погружения пестика, мм
Контрольный	0,275	7
I	0,202	5
II	0,195	6
III	0,205	5
IV	0,207	6
V	0,205	5
VI	0,2	7
VII	0,206	5
VIII	0,202	7
IX	0,202	5

Из полученных смесей были приготовлены цементнопесчаные растворы нормальной плотности. Были заформованы образцы балочки размерами 4x4x16 см. Образцы проходили ускоренное твердение в камере тепловлажностной обработки при температуре изотермической выдержки 85⁰С. Испытания образцов проводили через 20 часов после тепловлажностной обработки. В качестве «контрольного» был изготовлен состав на основе исходного цемента. Образцы были подвергнуты испытанию на изгиб и на сжатие. Полученные данные представлены в таблице 4.

Анализ полученных данных показывает, что после помола в течение одного часа, удельная поверхность цемента увеличивалась с 3407 см²/г до 4598 см²/г. У составов комплексных вяжущих этот показатель варьируется от 4780 до 5673 см²/г. Большая удельная

поверхность комплексных вяжущих объясняется наличием в их составе микрокремнезема удельная поверхность которого составляет 45900 см²/г.

Таблица 4

Нормальная густота раствора и прочностные характеристики

Составы по табл.1	Водовязущее отношение	Удобоукладываемость на столе Скрамтаева, $d_{распл}$, мм	Средняя прочность на изгиб, $R_{изг}$, МПа	Средняя прочность на сжатие, $R_{сж}$, МПа
Контрольный	0,5	108	7,41	36.53
I	0,36	110	8,69	46.8
II	0,34	115	11,36	61.4
III	0,38	108	9,21	51.9
IV	0,364	111	9,63	44.8
V	0,34	114	9,73	50.8
VI	0,36	115	9,72	56.03
VII	0,34	107	9,89	61.86
VIII	0,34	110	8,6	55.9
IX	0,36	106	9,48	65.4

Несмотря на значительные увеличение удельной поверхности, нормальная густота цементно – песчаных растворов приготовленных, как на молотом цементе, так и на комплексных вяжущих снизилась по сравнению с исходным цементом с 50 до значений 34 – 36%.

Снижение показателей нормальной густоты объясняется наличием в составах пластификатора С-3. Невысокая разница этого показателя, у составов на исходном цементе так и на комплексных вяжущих, свидетельствует о том, что микрокремнезем и зола – уноса в используемых диапазонах не вызывают существенного изменение водопотребности.

Прочностные показатели цементно-песчаных растворов, приготовленных с использованием сложных вяжущих, отвечают указанным в технических условиях, но позволяют экономить цемент, снижая его расход на 15 – 35%.

Полученные данные подтверждают эффективность применения сложных составов комплексных вяжущих с тонкодисперсными многотонажными продуктами промышленности.

Литература

1. Буянова Э.Э., Черниговская М.Н., Меркульева Т.А., Самусева М.Н. Обеспечение стабильности свойств золошлаковых отходов Иркутской области при применении в цементных материалах (статья). Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. Издательство: Иркутский государственный университет путей сообщений.-2010. -№4. – С.235-239.
2. Буянова Э.Э., Черниговская М.Н., Брылякова А.О. Экспериментальное определение параметров технологических операций производства безобжигового зольного гравия (статья). Системы. Методы. Технологии.-2011 г. - №1(9). – С.98-103.
3. Белых С.А., Буянова Э.Э., Черниговская М.Н. Изучение влияния состава бурых углей на фазовый состав гидратированного цементного камня с золой-уноса (статья). Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки.-2011 г. №2. – С.185-193.
4. Собчук Е.В., Шмырко А.А. Оценка качества золы ТЭЦ ЗАО «Иркутскзолопродукт» (статья). Молодая мысль: Наука. Технологии. Инновации: материалы Всероссийской научно-технической конференции.-2016 г. №8(14). – С.92-94.
5. Зиновьев А.А., Собчук Е.В., Беков Ф.Б. Эффективность получения и применения композиционного цемента на основе минеральных добавок из попутных продуктов местных производств (статья). Молодая мысль: Наука. Технологии. Инновации: материалы Всероссийской научно-технической конференции.-2016 г. №8(14). – С.99-102.

6. Белых С.А., Кудяков А.И., Чикичев А.А. Сухая строительная смесь с повышенной адгезионной прочностью для отделки кирпичных поверхностей во влажных помещениях (статья). Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета.-2017 г. - №1(60). – С.122-133.

УДК 728.1.012.18

Нормативы структуры жилищного фонда

Л. В. Перетолчина, Д. В. Соколова

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: недвижимое имущество; рынок недвижимости; структура жилищного фонда; уровень комфорта

В статье рассмотрены региональные и местные нормативы градостроительного проектирования в структуре жилищного фонда дифференцированного по уровню комфорта в регионах Российской Федерации. Проведен анализ квартир в регионах Сибири: Иркутска, Красноярска, Новосибирска, Тюмени, Челябинска, Екатеринбурга и установлен новый вид категорий квартир

С переходом от централизованной, плановой к рыночной экономике начал развиваться новый сектор экономики России – рынок недвижимости. Отправной точкой его развития следует считать 1990 г., когда "Закон о собственности в СССР" признал понятие частной собственности, которое в дальнейшем было законодательно оформлено и для земельных участков, зданий и сооружений и их обособленных частей - помещений. Таким образом, рынок недвижимости – молодой рынок, во многом отстающий от своих зарубежных конкурентов.

Один из секторов рынка недвижимости, а именно рынок жилой недвижимости, можно рассмотреть подробнее с разных сторон. Например, скорость строительства, комфортность и другие. Обеспеченность населения комфортным жильем - один из наиболее важных социальных показателей развития общества, ключевая характеристика уровня благосостояния людей, качества их жизни. В России остро стоит проблема обеспеченности населения комфортным жильем. Казалось бы, раз существует такая проблема, то необходимо ее решать. Чтобы ее решить нужно много строить, однако и по показателям строительства нового комфортного жилья наша страна сильно отстает от стран Западной Европы, США и даже некоторых стран СНГ. Жилищное строительство - одна из крупнейших отраслей национальной экономики. Рынок жилищного строительства всегда был привлекателен для инвесторов. Россияне и иностранные инвесторы активно вкладывают свои средства в недвижимость. Состояние жилищной сферы и рынка жилья является одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на уровень и динамику основных демографических показателей.

Социальная стабильность общества, уровень безработицы, мобильность рабочей силы и другие факторы во многом определяются наличием достаточного объема жилого фонда, отвечающего современным требованиям общества, возможностью приобретения жилья представителями самых широких слоев населения.

Объектом исследования являются крупные города Российской Федерации.

Предметом исследования является влияние градостроительных факторов на изменение цен на рынке недвижимости.

Оценить степень различия в подходах к нормированию жилищного фонда по уровню комфортности.

Переход страны к рыночным отношениям создал рынок недвижимости.

Согласно Гражданскому Кодексу РФ к недвижимым вещам (недвижимое имущество, недвижимость) относятся земельные участки, участки недр и все, что прочно связано с землей, то есть объекты, перемещение которых без несоразмерного ущерба их назначению невозможно, в том числе здания, сооружения, объекты незавершенного строительства. (в ред. Федеральных законов от 30.12.2004 N 213-ФЗ, от 03.06.2006 N 73-ФЗ, от 04.12.2006 N 201-ФЗ)[1]

Под рынком недвижимости следует понимать определенную систему экономических отношений, в которой осуществляется передача прав собственности от продавца к покупателю.

Рынок Российской недвижимости - один из динамично развивающихся рынков. Наиболее «продвинутому» и успешно функционирующему его сегментом можно считать рынок квартир.

В своде правил СП 42.13330.2011 « Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» (Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*) представлена следующая структура жилищного фонда по уровню комфорта (таблица 1) [2].

Таблица 1

Структура жилищного фонда, дифференцированного по уровню комфорта

Тип жилого дома и квартиры по уровню комфорта	Норма площади жилого дома и квартиры в расчете на одного человека, м	Формула заселения жилого дома и квартиры	Доля в общем объеме жилищного строительства, %
Престижный (бизнес-класс)	40	$k=n+1$ $k=n+2$	$\frac{10}{15}$
Массовый (эконом-класс)	30	$k=n$ $k=n+1$	$\frac{25}{50}$
Социальный (муниципальное жилище)	20	$k=n-1$ $k=n$	$\frac{60}{30}$
Специализированный	-	$k=n-2$ $k=n-1$	$\frac{7}{5}$
Примечания 1 Общее число жилых комнат в квартире или доме k и численность проживающих людей n . 2 Специализированные типы жилища - дома гостиничного типа, специализированные жилые комплексы. 3 В числителе - на первую очередь, в знаменателе - на расчетный срок. 4 Указанные нормативные показатели не являются основанием для установления нормы реального заселения.			

Согласно Градостроительному Кодексу РФ нормативы градостроительного проектирования подразделяются на региональные нормативы градостроительного проектирования, которые дорабатываются каждым регионом в отдельности и местные, которые разрабатываются местными органами власти.

При анализе региональных нормативов градостроительного проектирования (РНГП) классификация типа жилья входит в рамки свода правил (СП) 42.13330.2011, представленного в таблице 1, но есть регионы в которых добавляется пункт «Высококомфортный тип жилья» с площадью от 45 м^2 на одного человека, выбиваются из этого типа жилья регионы площадью от 60 м^2 на одного человека, такие как Самарская, Свердловская и Челябинская области (таблица 2) [3].

Анализ местных нормативов градостроительного проектирования показал следующее, к выше перечисленным пунктам классификации добавляется высококомфортный тип жилья с площадью от 45 м^2 на одного человека, а г. Воронеж площадь высококомфортного типа жилья составляет от 60 м^2 на одного человека (таблица 3) [3].

Анализ нормативов градостроительного проектирования показал следующее: регионы Российской Федерации, не смотря на большие различия, пока подходят одинаково к структуре жилищного фонда по уровню комфорта.

Таблица 2

Региональные нормативы градостроительного проектирования

Регион	Тип жилого дома и квартиры по уровню комфорта	Норма площади жилого дома и квартиры в расчете на одного человека, м ²
Самарская обл.	Высококомфортный тип жилья	60 и более
	Престижный тип жилья	40
	Массовый тип жилья	30
	Социальный тип жилья	20
	Специализированный тип жилья	-
Свердловская обл.	Высококомфортный	60 и более
	Повышенной комфортности	30-59
	Массовый	21-29
	Социальный	18-20
	Специализированный (кроме общежитий, жилых помещений маневренного фонда и для временного поселения вынужденных переселенцев и лиц, признанных беженцами)	18-20
Челябинская обл.	Высококомфортный (элитный)	60 и более
	Престижный (бизнес-класс)	40
	Массовый (эконом класс)	30
	Социальный (муниципальное жилище)	20
	Специализированный	-

Таблица 3

Местные нормативы градостроительного проектирования

Регион	Город	Тип жилого дома и квартиры по уровню комфорта	Норма площади жилого дома и квартиры в расчете на одного человека, м ²
Воронежская обл.	Воронеж	Высококомфортный (Элитный)	60 и более
		Престижный (Бизнес - класс)	40
		Массовый (Эконом – класс)	30
		Социальный (муниципальное жилище)	20
		Специализированный	-

При рассмотрении конкретных планировок квартир установлен такой факт что, в городах Сибири на рынке недвижимости присутствуют квартиры планировочная структура которых составляет 1,5 комнатные, 2,5 комнатные площадью, которую сложно отнести к определенной категории жилья по уровню комфорта (рис. 1). Это связано с кризисом, который повлиял на уровень платежеспособности населения. При этом в Европейской части страны преобладают традиционные планировки (рис. 2).



Рис. 1. Планировки квартир в г. Екатеринбург[4]

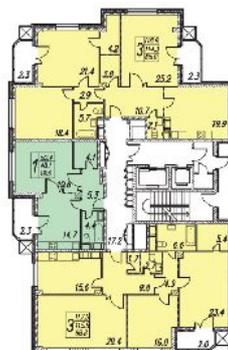


Рис. 2. Планировки квартир в г. Москва[5]

Если вникнуть в детали и рассмотреть конкретные планировки квартир в городах Сибири: Иркутск, Красноярск, Новосибирск, Екатеринбург, Тюмень, Челябинск выделяются следующие критерии, кроме типологии жилого фонда по уровню комфорта, которые влияют на цену квартиры. К этим факторам относятся: местоположение, материал здания, этаж, количество комнат, цена 1 кв.м жилья.

Литература

1. Гражданский Кодекс Российской Федерации (ГК РФ) от 30 ноября 1994 года N 51-ФЗ
2. Свод правил «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. (Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*)»
3. «Федеральная государственная информационная система» Электронный ресурс.- Режим доступа: <http://fgistr.economy.gov.ru/>- Загл.с экрана
4. «Астория дом у метро» Электронный ресурс.- Режим доступа <http://domastoria.ru/kvartiry/1-5-komnatnye-> Загл.с экрана
5. «ЖК Мосфильмовский» Электронный ресурс.- Режим доступа <http://mosfilm.ndv.ru/planirovki.htm>- Загл.с экрана

УДК 711

Основные аспекты формирования общественно-деловых пространств

Л.В. Глебушкина, В.А. Стасевич

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: общественные здания, общественно-деловые пространства, зарубежный опыт, городское пространство, функция территории.

В статье рассматриваются вопросы создания и существования общественного пространства в современном городе, естественный процесс формирования системы общественных и рекреационных пространств городов в рамках теории урбанизации, выявлены основные закономерности. Анализируется опыт формирования эффективно дейст-

вующих пространств такого типа, формулируются основные принципы их функциональной и архитектурно-образной организации, а также влияние на потенциал поведения. Раскрываются основные принципы проектирования общественных пространств: взаимодействие с окружением, структуризация, иерархичность, оптимизация, преемственность и гармонизация.

Современные города сегодня особенно остро нуждаются в новых подходах к общественным пространствам. Умелая организация публичных мест не только приглашает горожан проводить больше времени «дома», не выезжая за пределы города, но и поддерживает на высоком уровне туристический поток. Как показывает неутешительная статистика, если общественные пространства не продуманы или скучны, туристы не стремятся снова вернуться в этот город.

В архитектурно-градостроительной практике смешение различных типов общественных пространств стало основой нормального функционирования современной городской жизни. Эти «публичные» пространства – улицы и площади, парки и скверы, набережные и молы – формируют облик города. От их внешнего облика, сомасштабности человеку, от качества архитектуры и наполненности различными социальными практиками зависит образ города в целом. Наличие активно функционирующего общественного пространства на территории во многом определяет привлекательность и качество жизни конкретного городского района и, в итоге, самого города [1].

Общественные пространства являются «театром» городской жизни и сосредоточием городского стиля жизни, который отличается от способа общественного существования вне городских территорий. Город Братск имеет рассредоточенную планировочную структуру, планировочные районы города находятся на большом расстоянии друг от друга.

Центральный округ г. Братска является культурным центром города, на его территории располагаются многие достопримечательности. Одним из главных достоинств этого планировочного района является развитая инфраструктура, которая включает в себя кинотеатр, современные супермаркеты и рестораны, а также административные и правительственные учреждения.

Падунский округ города состоит из нескольких поселений: Энергетик, Падун, Бикей, и Южный Падун. Наиболее удобным для проживания является именно Энергетик, так как он имеет развитую инфраструктуру и жители того этого района меньше всего испытывают неудобства, связанные с промышленными выбросами градообразующих предприятий города. Стоит отметить, что именно здесь сохранился кинотеатр для обслуживания жителей Падунского и Правобережного округов.

Правобережный округ состоит из следующих поселений: Гидростроитель, Сухой и Осиновка. К сожалению, в данный момент именно этот район практически не застраивается, так как он не относится к престижным. В жилых районах Правобережного округа проживает около пятнадцати процентов жителей города (около сорока тысяч человек), что обусловлено удаленностью этих поселков и относительно низким уровнем жизни. Если житель Правобережного округа захочет развлечься, то он вынужден ехать в Центральный округ или Энергетик, где можно сходить в кино или в ресторан. Одной из главных достопримечательностей этой части города стал горнолыжный курорт, называющийся «Орехов камень».

Из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что общественного пространства на территории города Братска имеют удовлетворительную оценку лишь на территории Центрального округа. Учитывая специфику планировочной структуры города, активно функционирующие общественные пространства должны дублироваться по планировочным районам города, иметь развитую структуру и быть взаимозаменяемыми.

На основе анализа различных пространств разнообразных по климату, размеру и культурным особенностям городах, сформулируем основные константы - фундаментальные качества, позволяющие общественному пространству с большим потенциалом стать элементом социального каркаса, моделирующим социальную жизнь на «сцене городского театра», т.е. поведение горожан в нем [2].

Основные качества таких фокусных пространств, заключается в следующем:

а) Доступность (смежность с основными маршрутами движения горожан, либо некое исключительное расположение, см. рис. 1). Недоступное для человека пространство выключено из социальной жизни города, даже если оно обладает всеми другими основными качествами, физическим или эстетическим комфортом. Городское сообщество его «не видит», и такого рода пространство может быть «приватизировано» какой-либо из городских субкультур, подчеркивающих его изоляцию из общей социальной жизни.



Рис. 1. Пешеходный переход над транспортной магистралью, Шанхай, КНР. Пешеходное кольцо в сверхплотном деловом центре рядом с телебашней стало не только утилитарным объектом, но и местом паломничества туристов

б) Безопасность – важная как психологическая, так и физическая характеристика, включающая понятия физического комфорта. При этом психологическая безопасность наиболее важна, хотя для различных климатических поясов или иных особенностей эксплуатации необходимы действия по обеспечению должного уровня физического комфорта. В ином случае пространство не работает, оно становится «не обживаемыми», поскольку человек не может чувствовать себя комфортно в нем, так как не выполнено необходимое условие для полноценного общения и социальных взаимодействий в пределах «психологической зоны комфорта» в сознании человека (рис. 2).



Рис. 2. Партер в парке Пекина, КНР. Идеальное травяное покрытие окружено аллеями, на которых идет активная социальная жизнь, поддерживаемая масштабами и умиротворяющим влиянием открытых пространств

в) «Оборудованность». Функционально общественное пространство может существовать и без дополнительного оборудования (например, улица без асфальта в российском городе все равно остается улицей), но для современного города наличие сервисов, повы-

шающих как физический комфорт, так и эстетические качества среды, повышает шансы публичного пространства на его привлекательность для горожан и наполненность социальной активностью (как минимум, это означает основные элементы благоустройства: присутствие травяного покрытия, обработка поверхности земли системами тротуарного покрытия, обеспечения необходимых траекторий движения, пандусов, городской мебели, освещения (функционального и эстетического), а также специализированного оборудования, для маломобильных групп населения) (рис.3).



Рис. 3. Лестница в «никуда» на Таймс-сквер, Нью-Йорк, США. Мобильный элемент городского оборудования является одновременно и временной сценой, и источником освещения, и городской скульптурой – объектом современного искусства

г) Возможность наблюдения действия – вероятно, одно из важнейших качеств пространства, которое является общим для всех этих фокусных зон города, в остальном могущих сильно различаться – предполагает наличие природных и искусственных перспектив, позволяющих горожанину-зрителю, находясь в этом пространстве, наблюдать движение людей, воды, автомобилей, природные явления (море, небо, и т.д.) (рис. 4).



Рис. 4. Рокфеллер плаза в Нью Йорке, США. Рождественский общественный каток перед зданием Рокфеллер-центра. Зрителей вокруг не меньше, чем катающихся. Одно из самых популярных мест в зимнем Манхэттене

д) Возможность само репрезентации (участие в «театре» городской жизни). Кроме перечисленных качеств, самыми востребованными общественными пространствами становятся те, где человек может свободно заниматься различными практиками межличностного общения и взаимодействия, либо практиками «само репрезентации» в максимально широкой и насыщенной социальной среде. Это качество публичного пространства привлекает людей в такой же степени, как и возможность наблюдений «театра» городской жизни (рис. 5).



Рис. 5. Парк комплекса Императорского дворца в Пекине. Местные жители на отдыхе

е) Мультифункциональность позволяет пространству быть максимально востребованным разными социальными группами и отдельными людьми. Чем больше возможностей реализации различных стратегий поведения – от «самоизоляции» до максимальной включенности в социальные взаимодействия предлагает пространство, тем большим потенциалом развития оно обладает.

Перемены городских обычаев и городской жизни в современную эпоху происходят быстро. Город, будучи системой, совмещающей разнообразную деятельность большого количества людей, генерирует громадное число субкультур, социальных систем поведения, а объединяющим элементом этих групп служит общественное пространство как катализатор и основной механизм поддержания самой сущности города. Те пространства, которые обладают перечисленными качествами, насыщены людьми и формируют распределение социальных функций и населения в городе (рис. 6).



Рис. 6. Набережная в Венеции. Лагуна в Венеции – транспортная магистраль, и вода связывает все публичные пространства в единую систему, выстраивая также «воздушную» перспективу пейзажа

Развитие общественных пространств – это многосторонний подход к концептуальному планированию, рабочему проектированию (дизайну) и эксплуатации общественных пространств. Чтобы успешно этим заниматься, необходимо уметь внимательно наблюдать, слушать и задавать вопросы людям, которые живут, работают и проводят свободное время в определенном месте для того, чтобы определить их потребности и устремления. В дальнейшем эта информация используется для создания общего видения или концептуального плана – приемлемого для всех представления о том, каким это пространство

должно стать в будущем. Это видение (концептуальный план) может быстро преобразоваться в стратегию по внедрению (рабочий проект) [3].

Чем больше сообществ занимаются развитием общественных пространств и чем больше профессионалов называют свои услуги «развитие общественных пространств», тем важнее сохранить истинное значение данного понятия. Хорошее общественное пространство невозможно просто измерить физическими характеристиками: это живое пространство, которое отвечает потребностям людей и в котором функциональность важнее формы [4].

Литература

1. Алина Звенигородцева. Города меняют «начинку» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.gazeta.ru/realty/2014/05/30_a_6053713.shtml (дата обращения: 16.03.2015)

2. Pellegrino, P. La semiotique generative des espaces urbains // The man and the city: spaces, forms, meanings. V.I. Ekaterinburg: Architecton, 1998. P. 45–57.

3. Шпаковская, Е.С. Проблема взаимодействия уникальных элементов культуры и пространственной среды в крупнейшем городе // Некоторые проблемы урбанизации и градостроительства: сб. статей / под ред. А.С. Ахиезера. М., 1980. 95 с.

4. Рябова, Е.К., Янковская, Ю.С. Современные тенденции формирования зданий и комплексов архитектурных вузов: зарубежный опыт // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 4 С.70-72.

УДК 691.41

Разработка способа упрочнения глинокремнеземистого керамического материала с органоминеральной добавкой

И.А. Макарова, С.И. Дерунов, Ю.А. Тимофеев, Ю.С. Гаврищук

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: керамический материал, микрокремнезем, суглинок, добавка, упрочнение, оптимизация, технологические параметры.

Получение керамических материалов с широким спектром свойств возможно на основе пыли газоочистки производства ферросплавов. Для направленного регулирования физико-технических свойств кремнеземистого черепка реализуется смешивание основного компонента с закарбонизованным суглинком и органоминеральной добавкой. Рассматриваются способ упрочнения керамического материала путем варьирования технологических параметров изготовления изделий (влажности шихты и удельного давления прессования).

Реализация потенциальных возможностей экспериментальной шихты из микрокремнезема и закарбонизованного суглинка может быть достигнута путем подбора добавки - интенсификатора спекания и технологических параметров изготовления – влажности пресс-порошка и удельного давления прессования. Базовый состав шихты включает 70 мас.% микрокремнезема (МК) и 30 мас.% суглинка (СГЛ). В качестве добавки-интенсификатора спекания используется шлак минеральный от газоочистки производства алюминия (ШГО). Рекомендуемое количество добавки - 5 мас. % сверх базового состава шихты [1, 2].

Целью данного исследования является разработка способа упрочнения керамической матрицы для обеспечения выпуска пустотелых изделий полусухого прессования и оптимизации температуры обжига.

Изучено влияние удельного давления прессования и влажности пресспорошка на свойства керамического материала.

Оптимизация технологических параметров прессования проведена с помощью математического моделирования. В качестве первой переменной рассматривается удельное давление прессования (МПа) в диапазоне $19 < X_1 < 38$, интервал варьирования 9,5. В качестве второй переменной принята влажность пресс порошка (мас. %) в диапазоне $16 < X_2 < 22$, интервал варьирования 3. План эксперимента в кодированном и натуральном выражении приведен в табл. 1.

Таблица 1

План эксперимента

Эксперимент	Кодированные значения		Натуральные значения	
	x_1	x_2	X_1 , МПа	X_2 , %
1	+1	+1	38	22
2	-1	+1	19	22
3	+1	-1	38	16
4	-1	-1	19	16
5	+1	0	38	19
6	-1	0	19	19
7	0	+1	28,5	22
8	0	-1	28,5	16
9	0	0	28,5	19

В качестве откликов фиксировались: средняя плотность; прочность при сжатии в сухом состоянии, после водопоглощения и водонасыщения ($R_{сж1}$, $R_{сж2}$, $R_{сж3}$); водонасыщение по массе; водопоглощение по массе при нормальных условиях; коэффициент размягчения (K_p); коэффициент конструктивного качества (ККК). Усредненные для каждого состава данные об откликах эксперимента представлены в табл. 2.

Таблица 2

Отклики эксперимента

Эксперимент	$R_{сж1}$, МПа	$R_{сж2}$, МПа	$R_{сж3}$, МПа	ρ_m , г/см ³	V_n , %	V_m , %	K_p	ККК, МПа
1	46,24	49,75	47,08	1,426	23,396	23,273	1,018	32,725
2	44,64	40,2	43,36	1,371	26,01	25,832	0,971	26,632
3	49,22	37,02	35,47	1,38	25,019	24,81	0,721	35,29
4	44,44	40,75	41,94	1,324	27,6	27,493	0,944	33,597
5	47,72	41,94	42,65	1,414	25,1	24,897	0,894	33,563
6	35,12	39,89	37,74	1,33	28,627	28,603	1,075	27,03
7	47,46	49,24	44,96	1,377	24,992	24,399	0,947	34,441
8	34,95	39,98	37,78	1,352	26,9	26,87	1,081	26,249
9	41,26	47,32	47,87	1,376	25,153	25	1,16	30,256

Математическая обработка полученных результатов проводилась на персональном компьютере по программе "Модель" для многофакторных зависимостей с использованием метода наименьших квадратов.

В результате обработки экспериментальных данных получены следующие уравнения регрессии для кодированных значений переменных:

1) прочность при сжатии обожженных образцов:

$$y = 39,17 + 3,17x_1 + 1,63x_2 + 3,3x_1^2 + 3,1x_2^2 - 0,8x_1x_2$$

2) прочность при сжатии после вакуумирования в течение 40мин.:

$$y = 45,66 + 1,31x_1 + 3,57x_2 - 3,92x_1^2 - 0,2x_2^2 + 3,32x_1x_2,$$

3) прочность при сжатии после выдерживания в воде в течение 48ч.:

$$y = 41,68 + 0,36x_1 + 3,37x_2 - 2,16x_1^2 - 0,99x_2^2 + 2,55x_1x_2,$$

4) средняя плотность:

$$y = 1,37 + 0,03x_1 + 0,02x_2 + 0,01x_1^2 - 0,002x_2^2 - 0,0002x_1x_2,$$

5) водонасыщение по массе:

$$y = 26,105 - 1,448x_1 - 0,859x_2 + 0,282x_1^2 - 0,635x_2^2 - 0,016x_1x_2,$$

6) водопоглощение по массе:

$$y = 24,807 - 1,491x_1 - 0,945x_2 + 0,395x_1^2 - 0,75x_2^2 + 0,031x_1x_2,$$

7) коэффициент размягчения:

$$y = 1,13 - 0,06x_1 + 0,03x_2 - 0,13x_1^2 - 0,09x_2^2 + 0,07x_1x_2,$$

8) коэффициент водонасыщения:

$$y = 0,992 - 0,0015x_1 - 0,004x_2 + 0,005x_1^2 - 0,003x_2^2 + 0,0015x_1x_2,$$

9) коэффициент конструктивного качества:

$$y = 29,51 + 2,375x_1 - 0,215x_2 + 1,165x_1^2 + 1,215x_2^2 + 1,085x_1x_2.$$

Многофакторные уравнения регрессии были использованы для построения однофакторных зависимостей наблюдаемых результативных показателей с помощью табличного процессора Excel и его графического приложения. По полученным однофакторным зависимостям построили соответствующие графические зависимости, представленные на рисунках 1-2.

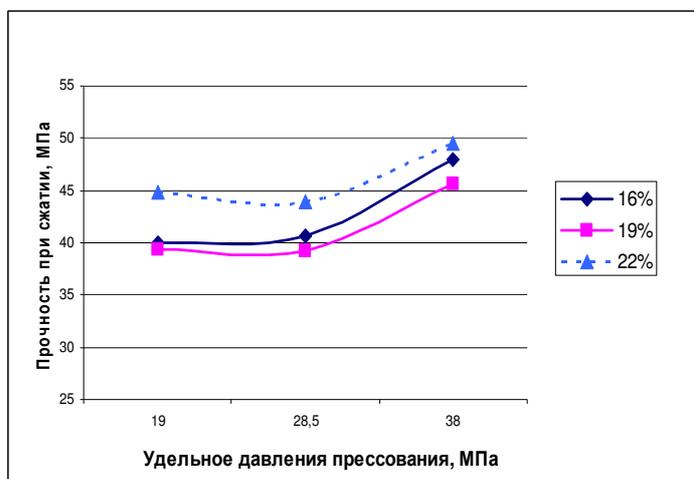


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии от удельного давления прессования

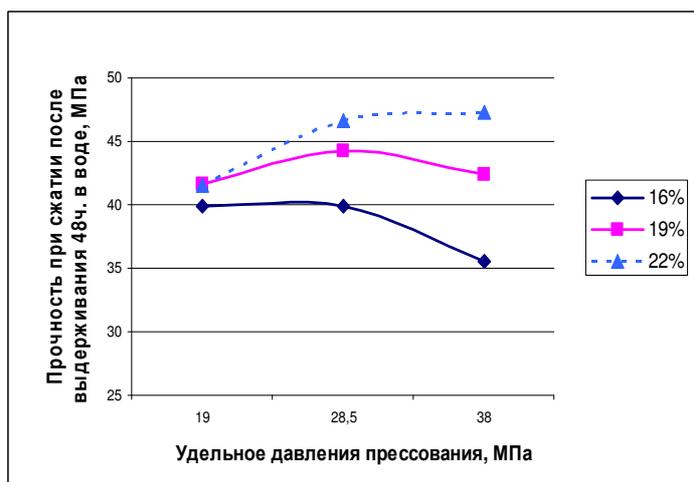


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии после 48 ч. в воде от удельного давления прессования

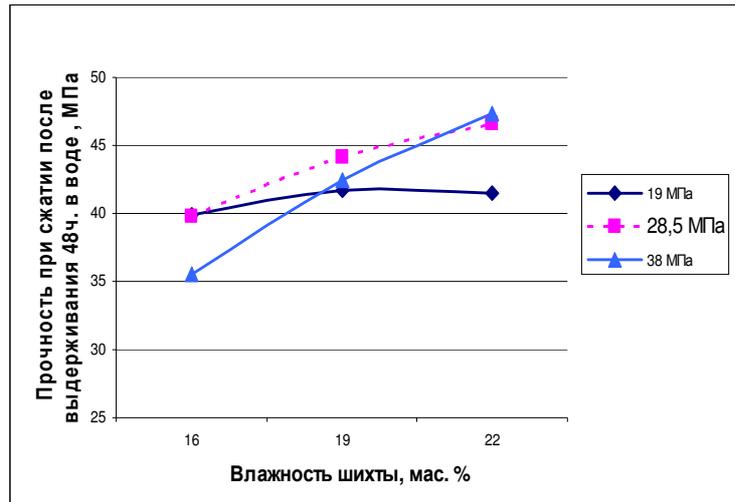


Рис. 3. Зависимость прочности при сжатии после 48 ч. в воде от влажности шихты

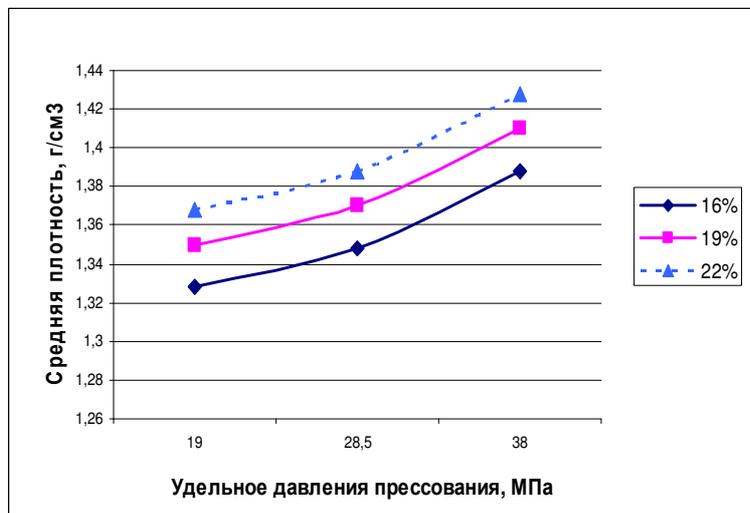


Рис. 4. Зависимость средней плотности от удельного давления прессования

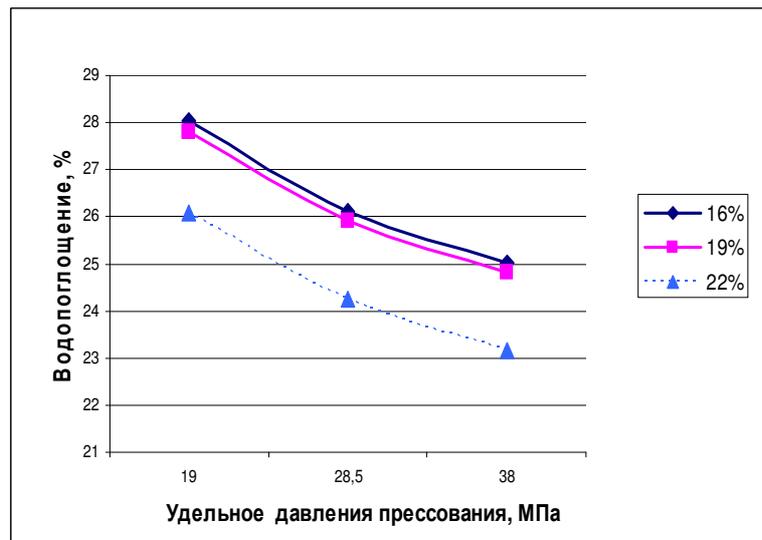


Рис. 5. Зависимость водопоглощения от удельного давления прессования

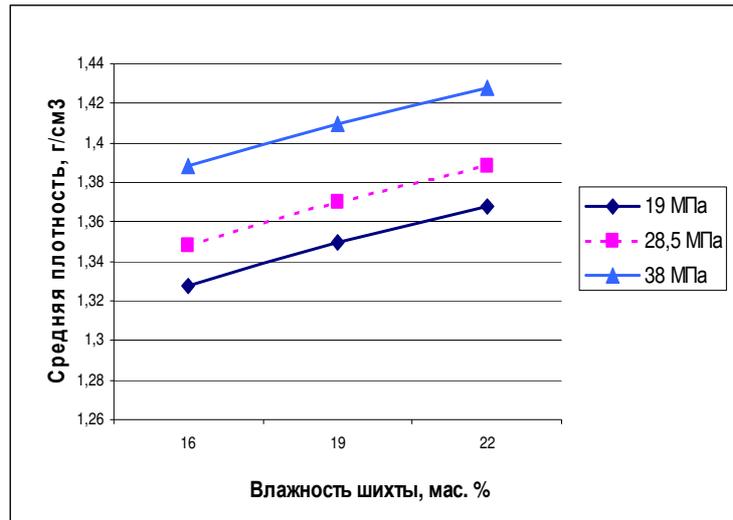


Рис. 6. Зависимость средней плотности от влажности шихты

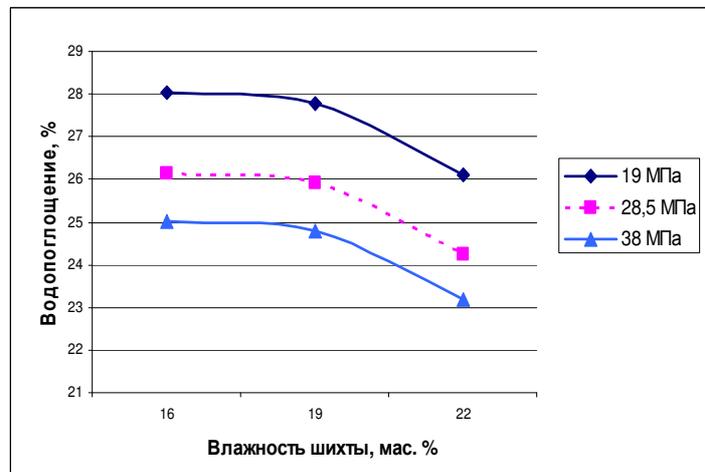


Рис. 7. Зависимость водопоглощения от влажности шихты

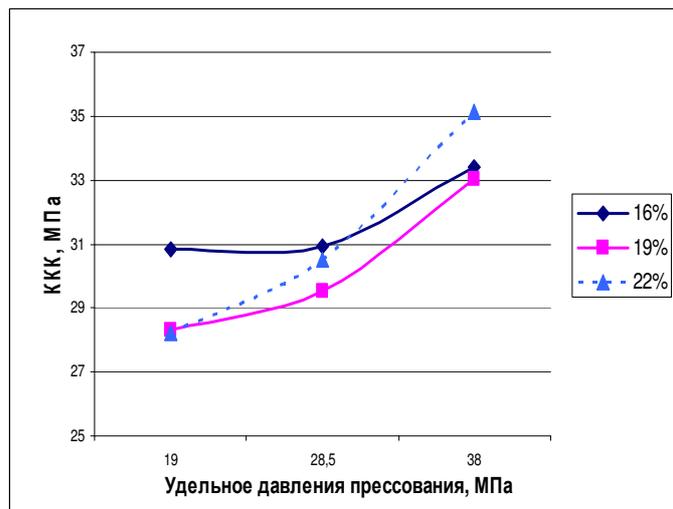


Рис. 8. Зависимость ККК от удельного давления прессования

Выявлено, что повышения влажности шихты с 19 до 22% также упрочняется черепок, при этом положительно влияет на прочность во влажном состоянии.

С ростом удельного давления прессования закономерно увеличивается средняя плотность и падает водопоглощение, аналогичный эффект оказывает повышение влажности пресспорошка.

Максимальный ККК получен при наибольших значениях удельного давления прессования и влажности пресспорошка.

Однако изучение морозостойкости показывает, что образцы, полученные при максимальных значениях параметров прессования имеют склонность к появлению сланцеватости при попеременном замораживании и оттаивании свыше 35 циклов. Поэтому из такого материала можно выпускать только рядовые изделия.

Материал, обожжённый при 900 С⁰ и полученный при среднем удельном давлении 28,5 МПа и влажности шихты 22 %, имеет марку по морозостойкости F50, класс средней плотности 1,2, предел прочности при сжатии 35,1 МПа, что по ГОСТ 530-2012 позволяет отнести к эффективным лицевым керамическим изделиям. При этом кирпич имеет светлую поверхность с розовым оттенком.

Литература

1. Макарова И.А. Способы регулирования свойств глинокремнеземистого керамического материала / И.А. Макарова, С.И. Дерунов, Ю.А. Тимофеев, Ю.С. Гаврищук // «Молодая мысль: Наука. Технологии. Инновации»: материалы VIII (XIV) Всероссийской научно-технической конференции. – Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ», 2016. – 296с.

2. Мухтаров Н.И. Сравнительный анализ способов упрочнения структуры кремнеземистых керамических материалов / Н.И. Мухтаров, А.Л. Макарова, М.И. Цинделиани, В.А. Казаков, Е.О. Сулименко // «Энергия молодых – строительному комплексу»: материалы всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых. – Братск: Изд-во БрГУ- 2013-С.181-186.

УДК 711.01.09

Этапы развития города Душанбе

Л.В. Перетолчина, А.А. Хамроев

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: генплан города, история развития города, территориальные резервы.

Показана история строительства города Душанбе с 1930 года по 2010 год. Названы имена главных архитекторов столицы Таджикистана, отображен процесс преобразования центральных улиц города: Айни, Рудаки, Маяковской.

Приведены принципиальные положения и рекомендации по охране природы и улучшению окружающей среды.

Строительство города началось в 1930 году на основе первого варианта генплана, намечавшего только основные направления преобразования кишлака в современный город. Да, до 30-х годов Душанбе был кишлаком, застроенным, как и вся Центральная Азия тех лет, глинобитными одноэтажными домами без всяких удобств. Генеральный план Душанбе был разработан в 1938 году Ленинградским Государственным институтом градостроительства и инвестиционного развития. Тогда в городе проживало лишь 170 тысяч человек.

Согласно Генплану новая архитектура города предполагала застройку не выше трех этажей. И все из-за высокой сейсмичности района. Основная застройка Душанбе раз-

делилась на несколько этапов. Первый был до Второй мировой войны. Тогда в столице появились здания Национального музея им. Бехзода – 1934 год (Камолитдин Бехзод – знаменитый мастер миниатюры, живший в XV–XVI веках) (рис. 1).

Совсем недавно его перепрофилировали в художественный колледж, а экспонаты перевезли в Национальный музей.

Спустя некоторое время Ваулин будучи главным архитектором тогда ещё новой столицы. В 30-годы он создал знаковые сооружения тогда еще Сталинабада в стиле конструктивизма. Это Дом дехканаина (сейчас это театр им. В. Маяковского), здание Совета народных комиссаров Таджикской ССР, Народный комиссариат земледелия (ныне это Министерство юстиции) и другие.

Академический театр им. А. Лахути был открыт в 1929 году (Абулькасим Ахмедзаде Лахути — классик современной таджикской литературы, который перевел драмы Шекспира на таджикский язык, и адаптировал их специально для театральных постановок).



Рис. 1. Здание национального музея им. Бехзода

Одним из главных архитекторов тогда еще новой столицы был Петр Ваулин родился в 1902 году, в Петербурге Ваулин в 1929 году в Москве познакомился с великим архитектором XX века Ле Корбюзье и проникся его идеей «Зеленого города» или «Города-сада».

Еще одним известным инженером-архитектором Душанбе стал Петр Кузьменко (1908 – 1974 гг.), который приехал в Сталинабад в 1936 году по распределению и построил более 200 зданий этого города. По его проектам были построены спортивный комплекс республиканского стадиона им. Фрунзе с трибунами на 20 000 зрителей, кинотеатры «8 марта», «Ватан», «Горького», здание «старого» Детского Мира на улице Айни и другие.

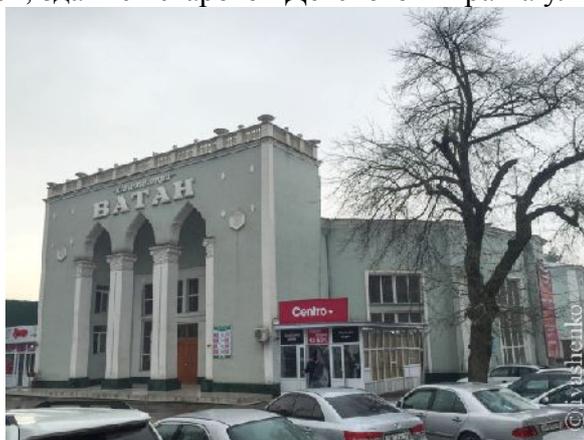


Рис. 2. Кинотеатр Ватан

Кинотеатр Ватан в памяти старшего поколения душанбинцев навсегда останется связанным с индийскими фильмами с участием Раджи Капура, Митхуна Чакраборти и драками в очереди за дефицитными билетами (рис. 2).

Главной магистралью города, где расположились все самые главные здания столицы, стал 12-километровый проспект Ленина (называть главную улицу именем вождя — это еще одна особенность всех городов СССР), однако позже он был переименован в проспект имени Рудаки (рис. 3) (выдающийся поэт, основоположник персидской и таджикской классической поэзии-Абу Абдаллах Джафар Ибн Мухаммад родился в 858 году в селении Панджруд Таджикистана).



Рис. 3. Дом с аркой по проспекту Рудаки в разное время

Дальнейшее строительство прервалось из-за войны, после которой развернулся второй этап застройки столицы. Вдоль проспекта Рудаки возникли все остальные крупные исторические здания. Именно прогулка по этому зеленому проспекту вызывает окунуться в архитектуру тех лет.

Первыми, естественно, начали преобразовываться центральные улицы города. Была снесена не только часть жилых домов, но и административные здания. Почти сразу после обретения независимости стали избавляться от «советского» — в 1992 году был снесен самый большой столичный памятник Ленину, на его место установили памятник Сомони (рис. 4). В 1999 году последний перенесли в парк «Дусти», а его месте был установлен памятник Исмаилу Сомони (основатель первого государства таджиков, существовавшего в IX–X веках).



Рис. 4. Панорамный вид бывшей площади Ленина, сейчас на ней возведен памятник Сомони

В столице появились новые высотные здания: жилой комплекс «Пойтахт-80», 26-этажный бизнес-центр «Душанбе — Плаза», новые здания Национальной библиотеки и

музея, городской сад имени Рудаки с его скульптурой. Были возведены стелла с новым гербом, а в 2011 году построен на тот момент самый высокий флагшток в мире высотой в 165 метров.

Но старого города будет очень и очень не хватать, не будет без всех этих зданий, с колоннами и завитушками, уюта и оригинальности питерской архитектуры в восточном городе.

За сравнительно короткую историю развития города Душанбе было разработано несколько схем и проектов планировки (генеральных планов). Последним из них был генплан проектного института «Душанбегипрогор», утвержденный Советом Министров Таджикской ССР №382 от 30 декабря 1983 года. Расчетная численность населения столицы тогда была принята в количестве 750 тыс. человек.

При его разработке учитывались ограниченность территориальных резервов и сложность их освоения, высокий уровень загрязнения городской среды, специфика социально-демографических условий и др. Тогда, на основании проведенного анализа этих особенностей и изучения территорий, окружающих город, был выбран вариант развития на юг с выносом Душанбинского аэропорта за пределы города и с выходом городской застройки на берег реки Кафирниган.

Генеральным планом предусматривалась организация системы транспортных магистралей с четкой дифференциацией движения. Вокруг города предусматривалось создание обходных автомобильных дорог.

Также были разработаны принципиальные положения и рекомендации по охране природы и улучшению окружающей среды. А именно, вывод за черту города вредных в санитарном отношении промышленных предприятий и аэропорта. Также предполагалась заменить неблагоустроенное и ветхое жилье новым, с высоким уровнем благоустройства.

Литература

1. Булатов М.С. Геометрическая гармонизация в архитектуре Средней Азии IX-XV вв. Изд. второе. М.: Наука-1988, 364 с.
2. Веселовский В.Г. Архитектура и градостроительство в Таджикистане. Душанбе-1967, 319с.
3. Веселовский В.Г., Гендлин Д.Д. Архитектура Советского Таджикистана. М: Стройиздат – 1972, 109с.
4. Мамаджанова С, Мукимов Р. Архитектурное наследие Душанбе. - Душанбе: Метрос-1993, 175с.
5. Архитектура Советского Таджикистана. Москва: Стройиздат-1987, 287с.

УДК 624.046.5

Определение риска обрушения несущей системы многоэтажного здания 121 серии

В.А. Люблинский, Д.В. Харина

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: степень надежности, вероятностный расчет, оценка риска.

В данной статье рассмотрен обзор существующих подходов к оценке рисков обрушения зданий, с помощью математической модели, основанной на теории вероятности, с помощью односвязной диафрагмы жесткости было определено количество испытаний, для исследования напряженно-деформированного состояния было выбрано 9-ти этажное жилое здание по 121 серии. Расчет выполнялся на основе дискретно-

континуальной модели, позволяющей учитывать эффект пространственной работы сложных систем зданий.

В России случившиеся аварии зданий и сооружений, характеризующиеся высокой степенью обрушения строительных конструкций, часто являются следствием низкого уровня ресурса безопасности построенных объектов.

Очень важным фактором, влияющим на степень надежности сооружений, является риск, которому подвергаются находящиеся в них люди [1].

Обеспечивая определённый нормативными документами запас по нагрузкам и по прочности материалов, предопределяется очень малая вероятность разрушения конструкций или сооружения. Основанием для этого служит подтверждаемая опытом и соответствующими наблюдениями случайная природа нагрузок и характеристик материалов, но значение этой вероятности принималось исходя из принципа экономической целесообразности.

При практической реализации данного метода вероятностная природа данного явления "спрятана" и невидима для проектировщика при использовании рядовых методов расчёта. Реальный разброс физических характеристик конструкций и строительных объектов регламентируется специальными нормативными документами, как правило, дополняющими СНиП и СП и используемыми на стадии производства. На практике для проектировщика при расчёте конструкций критерием, определяющим соответствие конструкции нормативным требованиям, является сравнение двух заключительных показателей:

для первого предельного состояния: $P_{расч} > N_{расч}$;

для второго предельного состояния: $P_{норм} > N_{норм}$.

Обрушение сооружений может происходить по двум схемам: либо с постепенным накоплением напряжений и деформаций и последующим обрушением несущих конструкций, либо быстротечно (прогрессирующее обрушение) при возможно даже кратковременном, но существенном перегрузе важного несущего элемента конструкций, при разрушении которого и возможно последующее прогрессирующее обрушение.

Современное проектирование основано на принципе равнонадежности всех конструктивных элементов здания. Очевидно, что такой подход в задачах жизнеобеспечения неприемлем. Понятно также, что детерминистический подход к подобным задачам также неприемлем. Возможен лишь вероятностный подход, в котором вероятность разрушения каждого элемента дифференцирована и назначена в зависимости от ожидаемых последствий.

Многоэтажное здание является сложной многократно статически неопределимой системой.

При вероятностном расчёте могут использоваться следующие методы [2]:

- Метод линеаризации функции;
- Метод статистических испытаний;
- Метод Монте-Карло.

Суть определения надежности по методу Монте-Карло заключается в организации цикла из n (>100000) статистических испытаний конструкции с последующей обработкой результатов испытания. Причем при каждом испытании генерируется случайные реализации всех исходных величин согласно их плотности вероятностей.

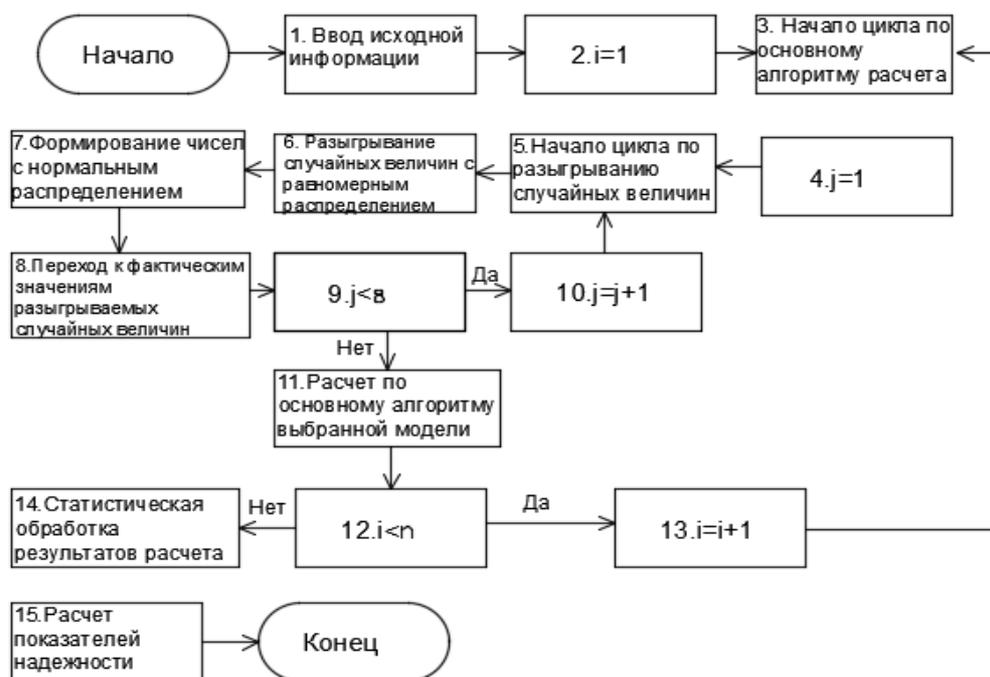


Рис. 1. Блок-схема метода Монте-Карло вероятностного алгоритма оценки надёжности конструкций

Предыдущие исследования показали, что расчет внецентренно-сжатых элементов с переменными эксцентриситетами по длине необходимо производить по деформированной схеме. Для этого можно использовать существующие методики, которые позволяют производить расчет сжатых элементов без их разделения на короткие и гибкие, с малыми и большими эксцентриситетами.

Определение допустимого риска является одним из принципиально важных аспектов анализа риска.

В настоящее время существует несколько подходов к оценке допустимого риска, из которых целесообразно выделить следующие:

1). Допустимый риск регламентируется специальным государственным региональным органом, который занимается социальным планированием и, в частности, оптимизацией суммарных рисков в государстве или регионе.

2). Допустимый риск от ЧС приравнивается к другим распространенным видам риска (например, риску гибели в автокатастрофе и т.п.). Такой допустимый риск носит название сбалансированного.

3). Использование оптимизационной процедуры, в которой вместо абсолютного минимума критерия оптимальности, принимается условный минимум, определяемый ограничением по надежности.

4). Замена неэкономического риска на чисто экономический, и решение оптимизационной задачи.

Расчет строительных конструкций по несущей способности связан с оценкой их силового сопротивления внешним нагрузкам и воздействиям. Такой расчет можно разделить на два независимых этапа. На первом этапе определяются усилия, возникающие в элементах конструкции, на втором производят проверку конструкции на основе сопоставления действующих там усилий и потенциальной возможности этих конструкций оказывать им необходимое сопротивление. Такой расчет называется расчетом по недеформируемой схеме.

Для оценки надежности многоэтажных зданий был принят статистический метод (метод Монте-Карло), т.к. он обладает принципиальным преимуществом: возможностью

оценки надежности конструкции с учетом многих случайных факторов, влияющих на несущую способность и действующие усилия и отличается простотой программирования.

В реальном многоэтажном здании все несущие конструкции находятся в пространственном взаимодействии. Нагрузки, действующие на столб, оказывают влияние и на другие столбы, с которыми данный столб взаимодействует. Это играет значительную роль при оценке надежности столбов.

В качестве примера рассмотрим 9-ти этажное жилое здание 121 серии. По конструктивной схеме - бескаркасное, с продольными и поперечными несущими стенами. В бескаркасном здании расчетными столбами являются столбы стеновых панелей. Связями сдвига служат закладные детали, соединяющие панели между собой, надпроемные перемычки и в некоторых случаях участки перекрытий, примыкающие к смежным столбам панелей.

Расчетная схема здания приведена на рисунке 2. Также показана нумерация столбов, приведены геометрические характеристики всех элементов участвующих в работе системы здания. Система координат принята в произвольной точке. Направление осей Y и Z (см. рисунок 2). Предполагается, что столбы жестко связаны с основанием, которое принято неподатливым.

Столбы воспринимают вертикальные и горизонтальные нагрузки. Пространственная система здания работает также и на кручение от этих нагрузок.

Расчет здания производится с постоянными внешними воздействиями.

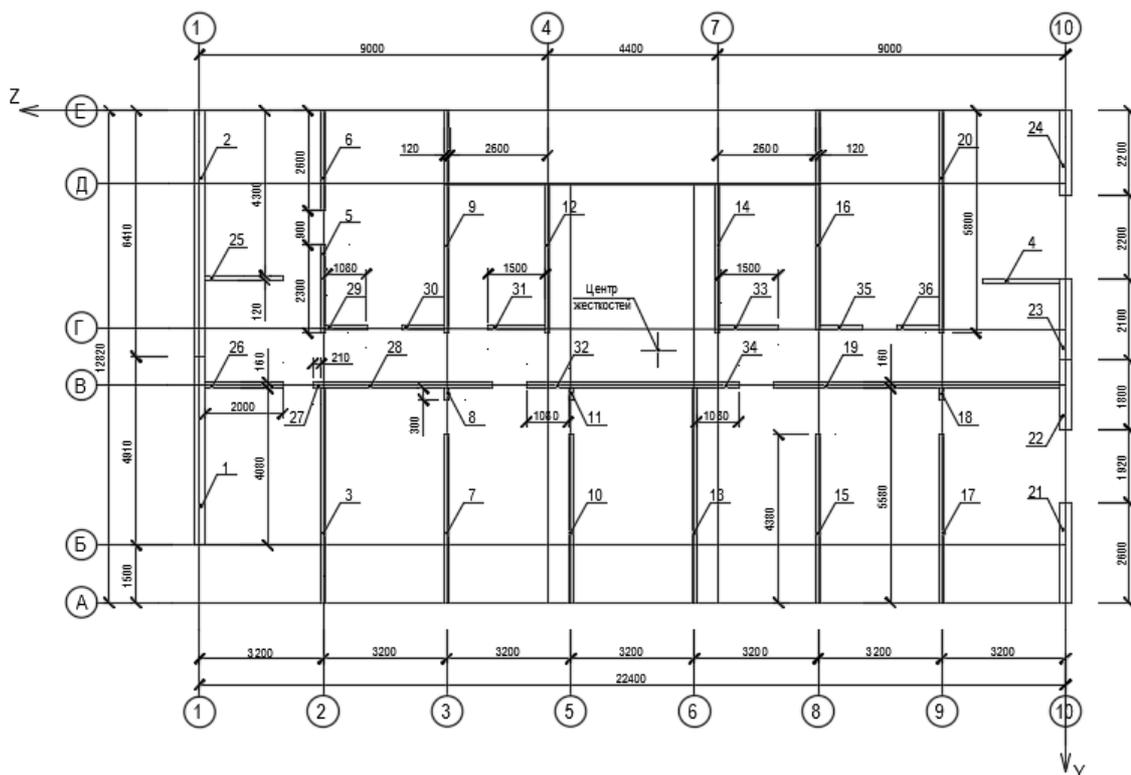


Рис. 2. Расчетная несущая система здания 121 серии

Проведенные исследования по оценке риска на основе машинных экспериментов с использованием дискретно-континуальной модели здания показали, разброс величины риска. В целом можно сказать, что 39 % столбов сооружения нуждаются в дополнительном обследовании, так как у них наблюдается значительное увеличение риск обрушения.

Также были получены численные результаты показателя надежности по отказам и риск обрушения для каждого столба [3]. Для удобства результаты одного из столбов показаны на графиках.

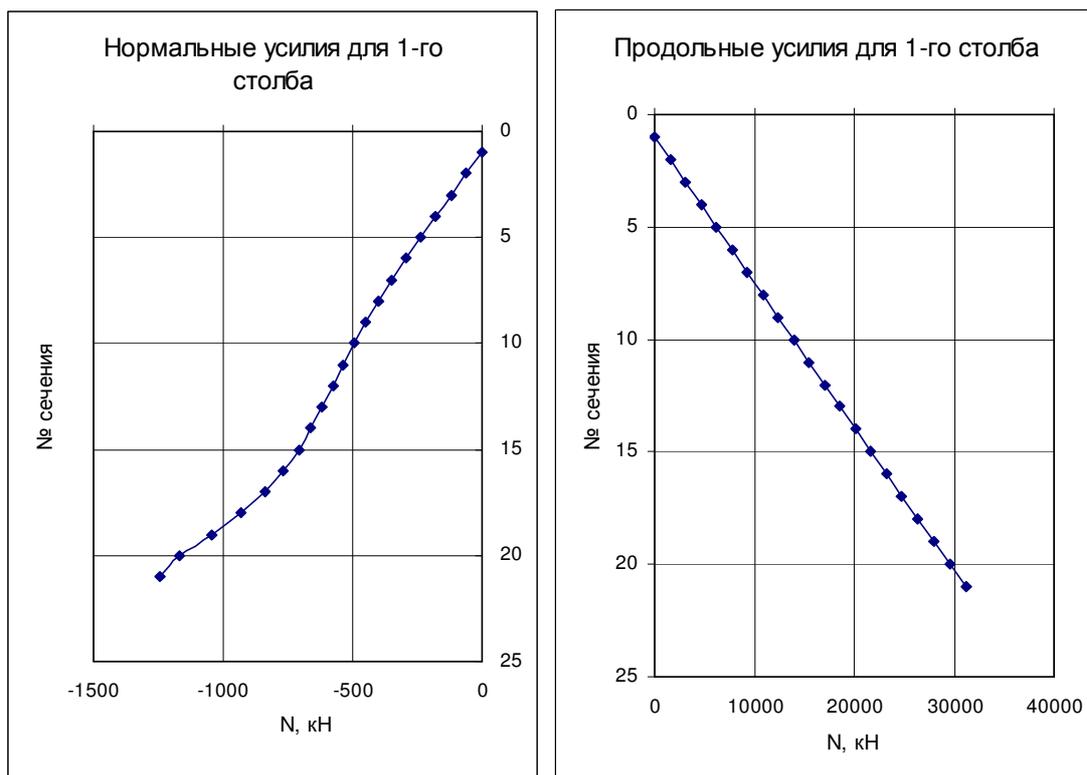


Рис. 3. Столб с риском обрушения по нормальным усилиям $0,945650 \cdot 10^{-6}$, по продольным - $0,945650 \cdot 10^{-6}$

Проведенные исследования по оценке риска на основе машинных экспериментов с использованием дискретно-континуальной модели здания показали, что определение показателя риска необходимо определять от 200 тысяч испытаний и более, так как от этой точки наблюдается стабилизация разброса величин надежности по отказам [4].

Для этого нужно уточнять нагрузки, прочностные и деформативные характеристики несущих конструкций многоэтажных зданий и их соединений между собой. Так как ущербы, возникающие вследствие отказов, имеют стоимостное выражение, даны решения вероятностно-оптимизационной задачи определения максимума целевой функции полезности конструкции и коэффициенты экономической ответственности в зависимости от уровня риска. При таком подходе возможно при задании уровня риска определить ответственность любой конструкции, его, значимость, весомость и вклад в общую безопасность.

Исходя из вышеизложенного, можно констатировать, что определение фонового риска возможно с использованием предложенной математической модели.

Литература

1. Том X. Безопасность строительства, надежность здания и сооружений. – Электронный ресурс.
2. Вероятностные методы оценки надежности сборных железобетонных конструкций / Сост. И.В. Дудина, А.Г. Тамразян – Братск: БрГТУ, 2002. – 48с.
3. В.А. Люблинский, Е.В. Шевченко. Риск в строительстве: Строительство: материалы, конструкции, технологии: материалы VI Межрегиональной научно-технической конференции. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2009.-250с.
4. А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа, - М. ДМК Пресс, 2007.- 600с.

УДК 711.73

Выявление главной проблемы транспортной инфраструктуры в больших городах России

Л.В. Перетолчина, М.А. Ядрышникова

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, магистрали общегородского значения, магистрали районного значения, уровень автомобилизации, транспортный поток.

В статье представлено общее описание улично-дорожной сети города и общая характеристика магистральных улиц. Приведено описание задач развития транспортной инфраструктуры города. Сформулированы главные причины возникновения проблем транспортной инфраструктуры в больших городах России с численностью населения от ста до двухсот пятидесяти тысяч человек. Выполнена подборка больших городов России в количестве двадцати городов и проиллюстрирована в двух таблицах с информацией о численности и количестве транспорта на одну тысячу человек в каждой из групп этих городов. Выведены пути решения главной проблемы транспортной инфраструктуры в больших городах и подобраны наименования улиц города Братска, на которых будет намечено обследование.

Улично-дорожная сеть города формируется как целостная система, взаимосвязанная с сетью транспортных магистралей района расселения. Структура сети определяется общей планировочной структурой и размерами города, взаиморасположением его частей. Улично-дорожная сеть и городской транспорт обеспечивают движение населения и грузов. В совокупности они формируют транспортную инфраструктуру города [4].

Общеизвестно, что в первую очередь лицо человеческих поселений определяет природный ландшафт, а вторым по значению фактором выступает уличная сеть. В тех случаях, когда город становится многоэтажным, характер изначального ландшафта скрадывается, и на первое место выходит система улиц. Ее свойства во многом зависят не только от типа жилищ, других зданий и промежутков между ними, но и от особенностей транспортных средств, передвигающихся по улицам и другим проездам.

Эволюция городов обусловлена развитием транспорта в неменьшей степени, чем развитием промышленности. Бесспорно, в частности, что беспрецедентный рост и возникновение новых городов в 20 веке связано с изобретением двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и широкой добычей дешевой нефти. Именно ДВС, установленный на судно, локомотив, автомобиль, а позднее – самолет, дал человеку невиданную ранее свободу перемещения людей и грузов и стимулировал урбанизацию.

Задачей транспортной инфраструктуры, таким образом, являются взаимосвязь между функциональными элементами города (жилыми районами, местами приложения труда, центрами различных категорий, местами отдыха и т.д.) с целью обеспечения рационального функционирования этих элементов и возможности их пространственного развития [2].

База данного исследования составляет двадцать городов России, численностью от ста до двухсот пятидесяти тысяч человек. Не смотря на то, что в перечень воли города, в которых численность населения растет, и города в которых численность населения падает, уровень автомобилизации в обеих группах возрастает.



Рис. 1. Транспортная инфраструктура России 2010 – 2030 гг.

Таблица 1

Города с численностью населения, которая возрастает [1; 3]

Название города	Численность населения на 2006 год (человек)	Численность населения на 2016 год (человек)	Количество автомобилей на 1000 жителей 2012 г.	Количество автомобилей на 1000 жителей 2014 г.
1. Сыктывкар (Республика Коми)	229 000	243 546	243	266
2. Энгельс (Саратовская область)	194 800	224 213	212	273
3. Мытищи (Московская область)	161 800	201 130	327	340
4. Жуковский (Московская область)	101 300	108 427	327	340
5. Обнинск (Калужская область)	105 400	111 360	277	344
6. Долгопрудный (Московская область)	78 400	100 567	327	344
7. Нижнекамск (Татарстан)	226 618	236 197	230	283
8. Псков (Псковская область)	197 000	208 145	292	334
9. Великий Новгород (Новгородская область)	218 000	8	255	289
10. Щелово (Нижегородская область)	113 600	123 520	241	241

Таблица 2

Города с численностью населения, которая уменьшается [1; 3]

Название города	Численность населения на 2006 год	Численность населения на 2016 год	Количество автомобилей на 1000 жителей 2012 г.	Количество автомобилей на 1000 жителей 2014 г.
1. Норильск (Красноярский край)	213 200	177 428	277	280
2. Новочеркасск (Ростовская область)	179 500	170 233	261	278
3. Златоуст (Челябинская область)	190 000	169 057	263	267
4. Салават (Башкортостан)	157 000	153 973	264	258
5. Новомосковск (Тульская область)	127 800	126 479	231	287
6. Новокуйбышевск (Самарская область)	111 800	103 908	257	268
7. Северодвинск (Архангельская область)	195 200	185 075	227	234
8. Шахты (Ростовская область)	248 000	236 749	261	278
9. Арзамас (Нижегородская область)	106 800	104 785	241	241
10. Елец (Липецкая область)	113 000	105 384	277	280

Магистральным улицам принадлежит ведущая роль в обеспечении транспортной связи между районами города. При проектировании жилых районов внесение изменений в начертание магистральной сети, закрепленной в генеральном плане города, почти невозможно. Желательна, однако, проверка запроектированной магистральной сети в пределах районов с точки зрения ее соответствия требованиям транспортного обслуживания населения и допустимой интенсивности автомобильного движения. Проверяется, правильно ли отнесены улицы к категории магистральных в соответствии со следующими условиями (одним из них или их совокупности):

- 1) движение по улицам общественного транспорта;
- 2) прохождение по ним потока автотранспорта, интенсивность которого превышает предел, допускающий еще свободный переход проезжей части пешеходам в любом месте;
- 3) движение автотранспорта, транзитного по отношению к прилегающим межмагистральным территориям [4].

По классификации (СНиП) различают магистральные улицы общегородского и районного значения.

В плане любого города выделяются несколько больших магистральных улиц, обычно связывающих центры его планировочных районов, крупные жилые и промышленные районы между собой, с общегородским центром и крупными внешними автомобильными дорогами. Эти общегородские магистральные улицы дополняются сетью районных магистралей, структура и плотность которой определяется, как указано выше, требованиями обслуживания населения общественным транспортом, а так же интенсивностью движения автотранспорта, транзитного по отношению к прилегающей застройке [2].

Появление транспортных проблем в исследуемых городах связано с ростом уровня автомобилизации (табл. 1; 2). Количество машин на дорогах с каждым годом растет, это

приводит к росту интенсивности потока автотранспорта, в первую очередь в жилых районах. При такой динамике роста автомобилей, существующие магистрали в рамках тех требований, которые к ним предъявляются, перестают выполнять свои функции. Таким образом существующая транспортная сеть требует реорганизации.

Для решения данной проблемы, необходимо провести экспериментальное обследование улиц и дорог (магистрали общегородского значения, магистрали районного значения), направленное на выявление интенсивности потока и доли грузового транспорта, в разное время года и в разное время суток. Запланировано обследование по городу Братску на улицах: Наймушина, Пирогова, Подбельского, Мира, Комсомольская.

Литература

1. Бугакова Н. С., Гельвановский М. И., Глисин Ф. Ф., Горячева И. П., Гохберг, В.Б. Житков Л. М., Климанов В. В., Кузнецова О. В., Кулибина И. Ф., Скатерщикова Е. Е., Харламова И. В. «Регионы России. Социально-экономические показатели. 2015» Статистический сборник: Р32 Стат. сб. / Росстат. - М., 2015. - 1266 с.
2. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНИП 2.07.01-89*.
3. «Автостат. Аналитическое агенство» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://www.autostat.ru> - Загл.с экрана
4. Сидорин А. М. «Архитектура и строительство России». Научно – практический и Культурно – просветительский журнал

УДК 692.5

Причины возникновения аварий в сооружениях из ЛСТК

В.А.Пунтус, П.А. Жолудев

Сибирский Федеральный Университет, Свободный проспект 82а, Красноярск, Россия

Ключевые слова: легкие стальные тонкостенные конструкции, аварии, нагрузки

Сегодня строительный рынок металлоконструкций представлен легкими металлическими конструкциями (ЛМК) и легкими стальными тонкостенными конструкциями (ЛСТК). Их использование обуславливается экономическими расчетами, сокращением материалоемкости и сроков возведения здания. Область применения данных строительных систем одна – быстровозводимые здания, но существенное различие заключается в возможностях применения рассматриваемых конструктивных решениях.

Технология ЛМК успешно используется в различных отраслях строительства, вне зависимости от требований к конструктивной схеме будущего сооружения. А вот к использованию легких стальных тонкостенных конструкций применяются более жесткие требования, т.к. прочность таких сооружений значительно ниже, чем у аналогов, возведенных по технологии ЛМК.

В данной статье мы постараемся проанализировать причины разрушения зданий из легких стальных тонкостенных конструкций с целью их изучения и исключения типичных ошибок в дальнейшем их применении.

Для того, чтобы лучше проследить основные факторы разрушения зданий их ЛСТК, разделим процесс строительства на 4 стадии от самой идеи возведения до эксплуатации:

Проектирование

На стадии проектирования выполняется расчет будущей конструкции на прочность, подбор элементов и несущих конструкций, обеспечивающих общую устойчивость здания.



Рис. 1. Разрушения крыши здания из ЛСТК.

На фотографии наблюдается частичное разрушение конструкции крыши и потеря местной устойчивости. В результате анализа сделан вывод, что разрушение произошло по причине неправильного расчета на прочность конструкции крыши. Не обеспечивается должная устойчивость металлоконструкции.

Для избежания подобных аварийных ситуаций, необходимо пользоваться соответствующей документацией, регулирующей нормы проектирования зданий из ЛСТК. Наименование свода правил - «конструкции стальные тонкостенные из холодногнутого оцинкованного профиля и гофрированных листов»

Изготовление материалов и конструкций

Зачастую, с целью обогащения, производители металлоконструкций нарушают стандарты производства изделий, занижая действительные характеристики продукции для уменьшения себестоимости. Такое качество не будет соответствовать заявленным характеристикам. Стандартный случай – уменьшение толщины слоя цинка на поверхности профиля, что отрицательно влияет на надежность будущего строения.



Рис. 2. Аварийное состояние арочного здания

На фотографии выше наблюдается потеря местной устойчивости конструкции. Проанализировав данную аварийную ситуацию, сделан вывод, что причиной происшествия является несоответствие механических характеристик стали, используемой для возве-

дения конструкции: в сертификате указана максимально допустимая нагрузка 330 МПа, на практике же, взятые образцы выдержали лишь 225 МПа.

Возведение здания (строительно-монтажные работы)

Хотя, легкое возведение зданий из ЛСТК является его большим преимуществом, в то же время – это его недостаток. Если рассматривать факторы обрушения конструкций ЛСТК, которые происходят в процессе монтажа, то здесь необходимо выделить низкий уровень квалификации рабочих.



Рис. 3. Обрушение здания в процессе монтажа

Причиной обрушения данной конструкции является пренебрежение технологией сборки и невыполнение работ, предусмотренных проектом, вследствие чего, наблюдается изменчивость диска покрытия и потеря общей устойчивости.

Для предотвращения возможных последствий, монтаж дома следует доверять проверенным фирмам, имеющим хорошую репутацию на рынке строительства, а также высококвалифицированных рабочих.

Эксплуатация здания.

Основная причина разрушений на стадии эксплуатации- воздействие внешних сил и факторов, приведших к деформации всего сооружения. Сооружения из ЛСТК характерны тем, что произошедшие небольшие деформации в одном узле здания, приводят к деформации в другом его месте, что обеспечивается неравномерным распределением напряжений в конструкции.

Факторы разрушения ЛСТК исследуются проектировщиками, инженерами и строителями. Каждый из специалистов предлагает свое решение проблемы, но пока безрезультатно. Увы, несущие элементы из легких стальных тонкостенных профилей, по-прежнему, не устойчивы и не долговечны. Меняются конструктивные схемы быстровозводимых зданий и сооружений из ЛСТК, некоторые элементы несущих конструкций разрабатываются даже индивидуально, только общий показатель долговечности конструкций стоит на месте, а факторов разрушения ЛСТК становится с каждым днем больше, как и примеров разрушения.

Литература

- 1) Факторы разрушения легких стальных тонкостенных конструкций ЛСТК. - Режим доступа: <http://stroy-trading.ru/information/article/360>.
- 2) Техничко-экономические аспекты применения технологии ЛСТК при реконструкции зданий гражданского и сельскохозяйственного назначения. Режим доступа: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39592>.
- 3) СНиП II-23-81 «Стальные конструкции», Еврокод 3-136 с.
- 4) ЛСТК за и против. Режим доступа: <http://domalstk.ru/lstkyesno>.

УДК 624.04

**Подбор конечных элементов в расчетно-вычислительном комплексе
«SCAD 21.1» на примере многоэтажного жилого дома
из монолитного железобетона**

Ю.М. Кряжева

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: метод конечных элементов, расчетная схема, стержневые конечные элементы.

В данной работе рассмотрены типы конечных элементов, используемые в расчетной схеме многоэтажного жилого дома, смоделированной в программном вычислительном комплексе SCAD.

В настоящее время при проектировании строительных конструкций в проектных организациях значительная часть расчетов выполняется с помощью специальных проектно-вычислительных комплексов. Применяемые в инженерной практике проектирования строительных конструкций программные вычислительные комплексы отличаются друг от друга методическими и сервисными разработками, но все они включают в себя статические и динамические расчеты конструкций и отдельных их частей, выполняемые методами строительной механики. Алгоритмы численных расчетов в этих программах в основном строятся на методе конечных элементов (МКЭ), реализуемом в форме метода перемещений [1].

Наиболее доступным для изучения считается Structure construction automatic design (SCAD). Проектно-вычислительный комплекс Structure CAD реализован как интегрированная система прочностного анализа и проектирования конструкций на основе МКЭ и позволяет определить напряженно-деформированное состояние конструкций от статических и динамических воздействий, а также выполнить ряд функций проектирования элементов конструкций.

В основу комплекса положена система функциональных модулей, связанная между собой единой информационной средой. Эта среда называется проектом и содержит полную информацию о расчетной схеме (РС), сохраняется как файл с расширением SPR в папке SDATA. Расчетная схема [2] – идеализированное описание конструкции в виде узлов, линий, связей, назначений жесткостей, нагрузок.

В МКЭ [2] расчетная схема сооружения или конструкции представляется как совокупность некоторых типовых конечных элементов (КЭ), соединенных между собой и с основанием в жестких узлах. Библиотека КЭ содержит:

- различные виды стержневых систем – размер поперечного сечения меньше длины (колонны, балки, ригели), к ним относятся шарнирно-стержневые элементы, рамные, балочного роста, жесткая на упругом основании,
- пластинчатые (плоские) – толщина меньше остальных размеров (стена, фундаментная плита, перекрытие), к ним относятся плиты, оболочки, балки-стенки,
- объемные элементы, в которых сопоставимы геометрические размеры, - специальные – моделируют условия (не конструкцию), например, упругую связь, упруго-податливое соединение.

Рассмотрим используемые стержневые КЭ совместно с системами координат в SCAD. Вся стержневая система рассматривается в общей системе осей координат. Общая система используется при назначении нагрузки на расчетную схему, и в этой системе оп-

ределяются перемещения узлов расчетной схемы. В SCAD используется правая система осей координат XYZ. Плоская стержневая система находится в плоскости XOZ.

В МКЭ [2] каждый элемент относится не только к общей системе координат, но и к своей собственной (местной) системе координат. В местной системе координат выдаются результаты расчета по определению усилий M, Q, N в узлах элементов и в его сечениях.

Согласно представленной ниже таблицы 1, на примере многоэтажного жилого дома из монолитного железобетона расчетную схему представим в виде набора тел стандартного типа (стержней, пластин, оболочек и т. д.).

Таблица 1

Классификация конечных элементов

№ типа КЭ	Наименование	Допустимые признаки схемы	Назначение и возможности	Вычисляемые напряжения и усилия
1-10	Стержни		Произвольные стержневые системы с учетом: 1. наличия жестких вставок на концах; 2. упругого основания по одному (типы 2, 3 и 7) или двум направлениям главных осей инерции (типы 5, 6 и 10); 3. сдвига и предварительного обжатия (типы 2, 5, 6, 10). <i>Примечание:</i> элементы типа 6 и 7 сохранены для преемственности версий.	
1	плоской фермы	1, 2, 4, 5, 8, 9		$N, M(M_Y), Q(Q_Z)$
2	плоской рамы	2, 5, 8, 9		
3	балочного роста-верка	3, 5, 8, 9		$M_K(M_X), M_Y, Q_Z$
4	пространственной фермы	4, 5, 8, 9		$N, M_K, M_Y, Q_Z, M_Z, Q_Y$
5	пространственный	5, 8, 9		
6	пространственный с учетом сдвига	5, 8, 9		
7	балочного роста-верка на упругом основании	3, 5, 8, 9		$M_K(M_X), M_Y, Q_Z$
10	универсальный	1-5, 8, 9		в зависимости от типа схемы
11-20	Тонкие плиты	3, 5, 8, 9		Изгибаемые пластины, лежащие в плоскости XOY: 1. изотропный, ортотропный и анизотропный материал; 2. упругое основание
111-120	Плиты по теории Рейсснера-Мидлина			
21-30	Плоская задача теории упругости	1, 2, 4, 5, 8, 9	Позволяют рассчитывать два типа конструкций: 1. плосконапряженное состояние для изотропного, ортотропного и анизотропного материала; 2. плоскую деформацию для изотропного, трансверсально-изотропного, ортотропного и анизотропного материала	N_X, N_Z, N_{XZ} плосконапряженное состояние и плоская деформация; N_Y — плоская деформация
31-40	Объемные конечные элементы	4, 5, 8, 9	Для решения пространственной задачи теории упругости, для изотропного, трансверсально-изотропного, ортотропного и анизотропного материала	$N_X, N_Y, N_Z, T_{XY}, T_{XZ}, T_{YZ}$
41-50	Тонкие обо-	5, 8, 9	Расчет тонких и средней	N_X, N_Y, T_{XY}

	лочки		толщины оболочек. Элементы нулевой кривизны (плоские): 1. изотропный, ортотропный и анизотропный материал; 2. упругое основание	M_x, M_y, M_{xy}, Q_x и Q_y, R_z — при наличии упругого основания
141-150	Оболочки по теории Рейснера-Мидлина		Геометрические особенности оболочки учитываются геометрией вписанного многогранника	
51-60	Упруго-податливые связи	любой	Учет: 1. действия упругого основания на узлы конструкции, включая присоединенную (законтурную) его часть; 2. упругой связи между двумя узлами конструкции	реакции по направлениям заданных связей
61-70	Осесимметричные	11	Для расчета осесимметричных конструкций. Все элементы лежат в сечении тела плоскостью ROZ	N_x, N_y, N_z, T_{yz}
71-80	Многослойные оболочки , учитывающие поперечный сдвиг, обжатие слоев и кривизну	8	Прочностной расчет тонких, средней толщины и толстых однослойных и многослойных изотропных, трансверсально-изотропных и ортотропных оболочек. Могут резко отличаться упругие характеристики слоев, для которых применение гипотезы прямых нормалей становится неправомерным, так как может привести к искажению результатов	$N_x, N_y, N_z, T_{xy}, T_{xz}, T_{yz}$ Вычисляются на верхней и нижней поверхностях каждого слоя
81-90	Многослойные оболочки , учитывающие межслоевые сдвиги и кривизну	9	Могут резко отличаться упругие характеристики слоев, для которых применение гипотезы прямых нормалей становится неправомерным, так как может привести к искажению результатов	
100	Жесткое тело	любой	Объединение узлов абсолютно жестким (твердым) телом	нет
151-160	Нуль-элементы	любой	Для назначения связей (задания перемещений) по направлениям, которые не совпадают с направлениями осей общей системы координат	реакции по направлениям перемещений (углов поворота)
200	Пустой элемент	любой	Используется только при задании исходных данных в текстовом виде. Позволяет исключить любой элемент из расчетной схемы без изменения нумерации элементов	нет

В расчетную схему, представленную на рисунке 1, многоэтажного жилого дома из монолитного железобетона включены конечные элементы следующих типов.

Стержневые конечные элементы, для которых предусмотрена работа по обычным правилам сопротивления материалов. Описание их напряженного состояния связано с местной системой координат, у которой ось $X1$ ориентирована вдоль стержня, а оси $Y1$ и $Z1$ — вдоль главных осей инерции поперечного сечения.

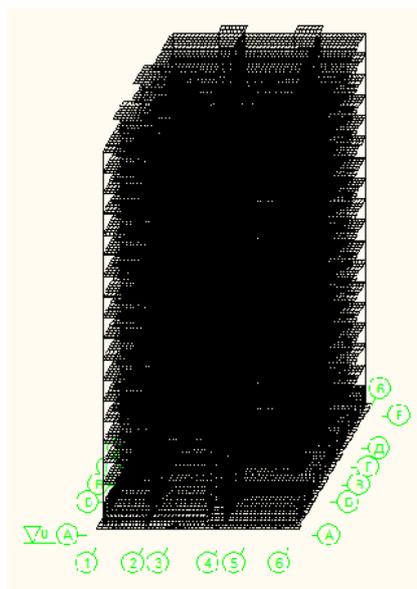


Рис. 1. Расчетная схема многоэтажного жилого дома

Некоторые стержни присоединены к узлам через абсолютно жесткие вставки, с помощью которых учитываются эксцентриситеты узловых примыканий. Тогда ось $X1$ ориентирована вдоль упругой части стержня, а оси $Y1$ и $Z1$ — вдоль главных осей инерции поперечного сечения упругой части стержня.

К стержневым конечным элементам рассматриваемой расчетной схемы относятся следующие типы элементов:

Элемент типа 5, который работает по пространственной схеме и воспринимает продольную силу N , изгибающие моменты M_y и M_z , поперечные силы Q_z и Q_y , а также крутящий момент M_k .

Конечные элементы оболочек, геометрическая форма которых на малом участке элемента является плоской (она образуют многогранник, вписанный в действительную криволинейную форму срединной поверхности оболочки). Для этих элементов, в соответствии с идеологией метода конечных элементов, истинная форма перемещений внутри элемента приближенно представлена упрощенными зависимостями. Описание их напряженного состояния связано с местной системой координат, у которой оси $X1$ и $Y1$ расположены в плоскости элемента и ось $X1$ направлена от первого узла ко второму, а ось $Z1$ ортогональна поверхности элемента.

Треугольный элемент типа 42, не является совместным и моделирует поле нормальных перемещений внутри элемента полиномом 4 степени, а поле тангенциальных перемещений полиномом первой степени. Располагается в пространстве произвольным образом.

Четырехугольный элемент типа 44, который имеет четыре узловые точки, не является совместным и моделирует поле нормальных перемещений внутри элемента полиномом 3 степени, а поле тангенциальных перемещений неполным полиномом 2 степени. Располагается в пространстве произвольным образом.

Таким образом, на примере многоэтажного жилого дома, в программном комплексе SCAD для составления расчетной схемы были определены конечные элементов для дальнейшего вычисления расчетных сочетаний усилий (PCY).

Литература

1. Немчинов Ю.И. Расчет пространственных конструкций (метод конечных элементов). Киев: Будівельник, 1980. — 232 с.: ил.
2. Стренг Г., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов. — М.: Мир, 1977. — 350 с.

УДК 624.04

Расчетная схема на примере многоэтажного здания из монолитного железобетона в расчетно-вычислительном комплексе «SCAD 21.1»

Ю.М. Кряжева

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: пространственная система, расчетная схема, дискретная модель, метод конечных элементов.

В данной статье рассмотрена математическая модель расчетной схемы на примере многоэтажного жилого дома из монолитного железобетона в расчетно-вычислительном комплексе «SCAD 21.1».

Каждое многоэтажное здание представляет собой инженерную систему, в которой отличительными особенностями является: конструктивная схема здания, степень статической неопределимости, физико-механические свойства материалов несущих конструкций, высота системы, количество вертикальных несущих элементов, количество многообразных связей, объединяющие вертикальные конструкции в единую пространственную систему [2].

Исходя из этого, следует, что современные многоэтажные здания являются сложными пространственными системами, которые в зависимости от этажности, особенностей конструктивной системы и действующих нагрузок, рассчитываются с разной степенью детализации с использованием различных расчётных схем [2].

Согласно [1], для расчета здания рекомендуется использовать дискретную расчетную модель, основанную на математической и геометрической дискретизации пространственных конструкций, рассчитываемую методом конечных элементов (МКЭ).

Расчет конструктивных систем методом конечных элементов следует производить с использованием специальных сертифицированных в России компьютерных программ, согласованных с НИИЖБ: Лира, Мономах, STARK-ES, SCAD и других.

По [1], расчетная схема здания включает данные о нагрузках и физическую модель. Физическая модель здания представляет собой трехмерную систему из колонн, стен, плит, балок и их сопряжений, а также данные о физико-механических свойствах материалов. Распределение усилий в пространственно-деформируемых системах в значительной степени определяется жесткостными характеристиками элементов и их сопряжениями, которые зависят как от материала и его напряженного состояния, так и от качества изготовления и монтажа, наличия дефектов, предыстории загрузки, типа конструкции, влажности материала, степени повреждения (износа), температуры и других факторов. Влияние этих факторов при проектировании учесть сложно. Поэтому геометрические параметры и физические характеристики материалов и конструкций в расчетах принимаются заданными.

Подготовка расчетной схемы включает в себя [2]:

- схематическое представление конструктивного решения, анализ конструктивных элементов (стержни, пластины), установление перечня нагрузок, действующих на сооружение;
- принятие решения о характере закрепления узлов, опирания и соединения элементов в узлах (жесткое, шарнирное, упругоподатливое);
- прослеживание траектории восприятия внешних нагрузок конструктивными элементами и передача усилий с одного элемента на другой или на основание;
- проверка выбранной расчётной схемы на геометрическую изменяемость. При её

обнаружении необходимо вернуться к анализу соединений в узлах и опорах. В некоторых случаях усилия в элементах конструкции зависят от деформации.

На примере многоэтажного жилого дома в монолитном исполнении для расчета методом конечных элементов была смоделирована расчетная схема в системе «SCAD 21.1». Расчетная схема здания приведена на рисунке 1, презентационная графика приведена на рисунке 2.

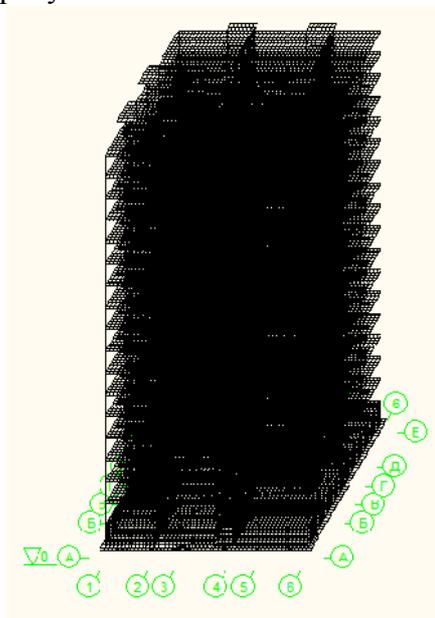


Рис. 1. Схема здания

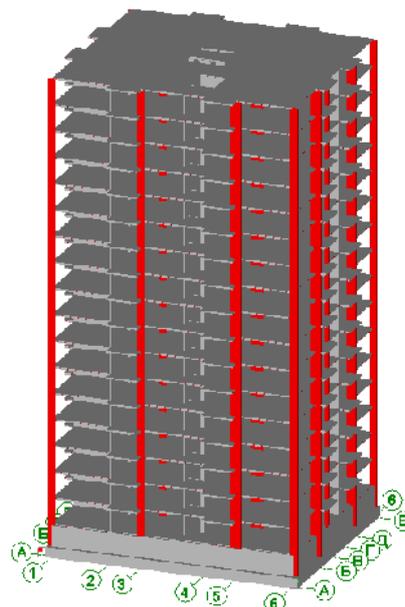


Рис. 2. Презентационная графика

В качестве несущей системы здания используется монолитный железобетонный каркас. Поперечная и продольная жесткость здания обеспечивается монолитным ядром жесткости и постановкой диафрагм, а также созданием жесткого диска перекрытия.

Монолитный железобетонный каркас состоит из:

- 1) Монолитных колонн сечением 300x300 мм, 750x250 мм, 1000x250 мм, 1200x250 мм, 1350x250 мм из бетона класса В30;
- 2) Диафрагм, стен шахты лифта и лестничной клетки – монолитные толщиной 200 мм из бетона класса В30 естественного твердения;
- 3) Стен цокольного этажа толщиной 400 мм, объединенных с колоннами;
- 4) Перекрытий и покрытий – безбалочные плиты толщиной 200 мм из бетона класса В30 естественного твердения.

Для описания расчетной схемы в программе использовались следующие декартовы системы координат:

- 1) Глобальная правосторонняя система координат XYZ, связанная с расчетной схемой;
- 2) Локальные правосторонние системы координат, связанные с каждым конечным элементом.

Расчетная схема рассматривалась как система общего вида, деформации которой и ее основные неизвестные представлены линейными перемещениями узловых точек вдоль осей X, Y, Z и поворотами вокруг этих осей. Количество узлов в расчетной схеме — 3361, количество конечных элементов — 8309, общее количество неизвестных перемещений и поворотов — 413379, количество загрузок — 20, количество комбинаций загрузок — 5.

Расчетная схема представлена в виде набора тел стандартного типа (стержней, пластин, оболочек и т.д.), называемых конечными элементами и присоединенных к узлам.

Тип конечного элемента определяется его геометрической формой, правилами, определяющими зависимость между перемещениями узлов конечного элемента и узлов

системы, физическим законом, определяющим зависимость между внутренними усилиями и внутренними перемещениями, и набором параметров (жесткостей), входящих в описание этого закона и др.

Узел в расчетной схеме метода перемещений представляется в виде абсолютно жесткого тела исчезающе малых размеров. Положение узла в пространстве при деформациях системы определяется координатами центра и углами поворота трех осей, жестко связанных с узлом. Узел представлен как объект, обладающий шестью степенями свободы - тремя линейными смещениями и тремя углами поворота.

Все узлы и элементы расчетной схемы нумеруются. Номера, присвоенные им, трактуются только, как имена, которые позволяют делать необходимые ссылки.

Основная система метода перемещений выбирается путем наложения в каждом узле всех связей, запрещающих любые узловые перемещения. Условия равенства нулю усилий в этих связях представляют собой разрешающие уравнения равновесия, а смещения указанных связей - основные неизвестные метода перемещений.

В общем случае в пространственных конструкциях в узле могут присутствовать все шесть перемещений:

- 1 - линейное перемещение вдоль оси X;
- 2 - линейное перемещение вдоль оси Y;
- 3 - линейное перемещение вдоль оси Z;
- 4 - угол поворота с вектором вдоль оси X (поворот вокруг оси X);
- 5 - угол поворота с вектором вдоль оси Y (поворот вокруг оси Y);
- 6 - угол поворота с вектором вдоль оси Z (поворот вокруг оси Z).

Нумерация перемещений в узле (степеней свободы), представленная выше, используется далее всюду без специальных оговорок, а также используются соответственно обозначения X, Y, Z, UX, UY и UZ для обозначения величин соответствующих линейных перемещений и углов поворота.

В соответствии с идеологией метода конечных элементов, истинная форма поля перемещений внутри элемента (за исключением элементов стержневого типа) приближенно представлена различными упрощенными зависимостями. При этом погрешность в определении напряжений и деформаций имеет порядок $(h/L)^k$, где h — максимальный шаг сетки; L — характерный размер области. Скорость уменьшения ошибки приближенного результата (скорость сходимости) определяется показателем степени k , который имеет разное значение для перемещений и различных компонент внутренних усилий (напряжений).

Таким образом, на примере многоэтажного жилого дома, в программном комплексе SCAD была составлена расчетная схема и сделан вывод, что расчетная схема - это геометрическая схема конструкций с учетом соединений между элементами действующими нагрузками, принимаемыми для выполнения расчетов методом конечных элементов. Расчетная схема служит основой для проведения машинных экспериментов по оценке напряженно-деформированного состояния несущих систем многоэтажного здания и его изменения в процессе возведения и эксплуатации.

Литература

1. СП 52-103-2007 Железобетонные монолитные конструкции зданий. М.: НИИЖБ - филиал ФГУП "НИЦ "Строительство", 2007. -18с.
2. Дроздов П.Ф. Конструирование и расчет несущих систем многоэтажных зданий и их элементов. Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. И доп. М.: Стройиздат, 1977. -223с.

Лесное и зеленое хозяйство, ландшафтное строительство

УДК 630*245; 630*239

Динамика таксационных показателей сосновых древостоев под влиянием рубок ухода за молодняками

С.А. Чжан, Е.А.Сараева

Братский Государственный Университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: рубки ухода, сосняки, интенсивность, таксационные показатели, густота, запас.

В данной статье проанализированы таксационные показатели сосновых древостоев, пройденных рубками ухода за молодняками различной интенсивности. На примере Братского лесничества экспериментально доказана эффективность рубок ухода умеренной (21-30%) интенсивности в 10-20-летних сосняках. В частности, увеличение запаса на 23 %, бонитета и других таксационных показателей по сравнению с таковым в сосновом древостое аналогичного возраста и типа леса, не затронутого рубками ухода, также мы можем проследить улучшение породного состава, и бонитета насаждений.

Опыт научного лесоводства в нашей стране и за ее пределами убедительно доказывает, что рубки ухода являются основным лесоводственным мероприятием, обеспечивающим выращивание высокопродуктивных устойчивых насаждений целевого породного состава [1 - 3]. Последнее позволяет отнести рубки ухода к одному из мероприятий, позволяющих повысить продуктивность лесов [5] и их пожароустойчивость [3]. В многочисленных источниках убедительно доказывается, что удаление в процессе рубок ухода нежелательных деревьев позволяет повысить долю участия главной породы в составе древостоев [6], улучшить условия для развития ассимиляционного аппарата у оставляемых на доращивание деревьев [4] и прирост древесины. Нельзя не отметить, что рубки ухода в сочетании с другими мероприятиями по уходу за лесом (гидротехническая мелиорация, внесение минеральных удобрений и др.) обеспечивают повышение эффективности последних [2].

История изучения лесоводственной эффективности рубок ухода насчитывает уже много десятилетий. Однако некоторые вопросы остаются нерешенными, что и определило направление наших исследований.

Проблема разработки программ рубок ухода и установления режима их проведения объясняется отсутствием постоянных пробных площадей с длительным переходом исследований, поскольку большинство опубликованных работ ограничиваются лишь коротким периодом.

Цель исследования – анализ влияния рубок ухода на рост и развитие сосновых древостоев.

Объектом исследования явились 15 пробных площадей сосновых насаждений, произрастающих на территории Братского лесничества.

В сосновых насаждениях 10-летнего возраста были проведены осветление и прочистки интенсивностью от 21 до 30 %.

На участках с №№ 1 - 6, 12 - 15 были проведены прочистки, а на участках №№7 – 11 - осветление, участки №№ 15 - 20 являются контрольными, рубки ухода на них не проводились (табл. № 1).

Таблица 1

Показатели исследуемых участков до рубки,
с указанием проектируемых видов ухода

№п.п	Участковое лесничество	Дача	Квартал	Выдел	Породный состав	Возраст, лет	Высота	Диаметр	Тип леса	Класс бонитета	Полнота	Запас кубм/га	Вид рубки
1	Илирское	Добчурская	28	7	6С4Б	10	2	2	разнотравный	3	0,7	10	прочистка
2	Илирское	Добчурская	28	10	4С1Л5Б	20	5	2	разнотравный	3	0,8	50	прочистка
3	Илирское	Добчурская	28	13	5С5Б	10	2	2	разнотравный	3	0,8	20	прочистка
4	Илирское	Илирская	31	43	4С2Л4Б	20	5	3	разнотравный	4	0,6	15	прочистка
5	Тангутское	Тэмьская	93	11	2С1Л4Б 3Ос	15	3	2	разнотравный	3	0,7	20	прочистка
6	Тангутское	Тэмьская	66	10	2С1Л4Б 3Ос	20	5	3	разнотравный	3	0,8	25	прочистка
7	Илирское	Добчурская	122	2	10С	15	2	2	брусничный	4	0,9	20	осветление
8	Илирское	Добчурская	122	4	7С3Б	15	2	2	брусничный	4	0,8	20	осветление
9	Тарминское	Большеокинская	41	1	3С3Б4О с	8	1	1	разнотравный	3	0,8	10	осветление
10	Тарминское	Большеокинская	41	4	4С6Б	8	1	1	разнотравный	3	0,7	10	осветление
11	Тарминское	Большеокинская	41	7	4С3Б3О с	10	2	2	разнотравный	3	0,8	20	осветление
12	Тарминское	Калтукская	47	1	4С5Б1О с	20	5	4	разнотравный	3	0,8	50	прочистка
13	Тарминское	Калтукская	47	5	4С1Л4Б 1Ос	20	6	4	разнотравный	2	0,9	70	прочистка
14	Тарминское	Калтукская	47	7	5С5Б	20	7	6	разнотравный	3	0,7	60	прочистка
15	Тарминское	Калтукская	47	9	4С1Л5Б	18	8	6	разнотравный	2	0,8	90	прочистка
16	Тарминское	Калтукская	1	14	4С5Б1О с	10	2	2	разнотравный	3	0,7	10	-
17	Тарминское	Калтукская	2	6	6Б2Ос1 С1Л	5	2	2	разнотравный	3	0,4	5	-
18	Тарминское	Калтукская	15	25	4С1Л3Б 2Ос	13	2	2	разнотравный	3	0,7	10	-

19	Тарминское	Калтукская	40	13	4С5Б10с	20	6	6	разнотравный	2	0,9	70	-
20	Тарминское	Калтукская	42	9	6С4Б	15	3	4	разнотравный	3	0,6	20	-

Таблица 2

Показатели исследуемых участков после проведения рубок ухода

№п.п	Участковое лесничество	Дача	Квартал	Выдел	Породный состав	Возраст, лет	Высота	Диаметр	Тип леса	Класс бонитета	Полнота	Запас км/га
1	Илирское	Добчурская	28	5	9С1Б	45	12	12	бруснично-разнотравный	3	0,9	170
2	Илирское	Добчурская	28	9	8С2Б	40	13	12	разнотравный	2	0,8	170
3	Илирское	Добчурская	28	11	5С5Б	20	6	4	разнотравный	2	0,8	60
4	Илирское	Илирская	31	43	6С2Л2Б	38	11	10	разнотравный	3	0,8	130
5	Тангуйское	Тэмьская	93	26	4Б3Ос2С1Л	35	12	12	разнотравный	3	0,6	20
6	Тангуйское	Тэмьская	66	10	5С3Л2Б1Ос	40	13	12	разнотравный	3	0,7	180
7	Илирское	Добчурская	122	7	10С	40	12	10	бруснично-разнотравный	3	0,9	170
8	Илирское	Добчурская	122	14	5С5Б	55	15	14	разнотравный	3	0,7	180
9	Тарминское	Большеокинская	41	1	5С3Ос2Б	24	7	8	разнотравный	3	0,6	70
10	Тарминское	Большеокинская	41	4	5С5Б	24	7	8	разнотравный	3	0,6	70
11	Тарминское	Большеокинская	41	6	5С3Б2Ос	42	11	12	разнотравный	3	0,6	130
12	Тарминское	Калтукская	47	1	4С1Л4Б1Ос	40	11	12	разнотравный	3	0,7	150
13	Тарминское	Калтукская	47	5	4С1Л4Б1Ос	35	10	10	разнотравный	3	0,7	120
14	Тарминское	Калтукская	47	8	5С1Л4Б	50	13	12	бруснично-разнотравный	3	0,6	140
15	Тарминское	Калтукская	47	9	6С2Л2Б	50	13	12	бруснично-разнотравный	3	0,6	110
16	Тарминское	Калтукская	1	14	3С5Б2Ос	40	10	9	разнотравный	4	0,5	70
17	Тарминское	Калтукская	2	6	6Б2Ос1С1Л	35	8	7	разнотравный	4	0,4	89
18	Тарминское	Калтукская	15	25	3С4Б3Ос	38	9	8	разнотравный	4	0,5	120
19	Тарминское	Калтукская	40	13	2С7Б1Ос	55	11	12	разнотравный	3	0,6	70

20	Гарминское	Калтукская	42	9	5С6Б10с	30	9	8	разнотравный	4	0,7	110
----	------------	------------	----	---	---------	----	---	---	--------------	---	-----	-----

На рисунке 1 представлен сравнительный анализ таксационных показателей.

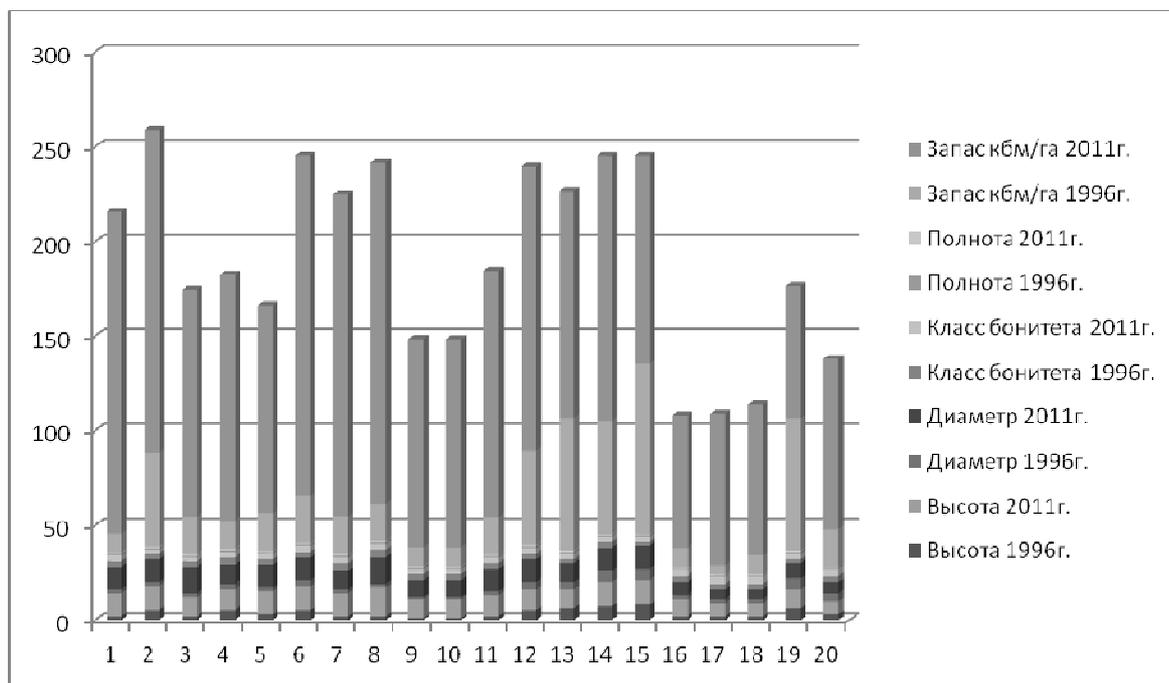


Рис. 1. Динамика изменения таксационных показателей

Главным показателем эффективности любого лесоводственного мероприятия является прирост по запасу. Потери в запасе на контрольных участках (№16-20) составили в среднем 23% по сравнению с участками, на которых были проведены рубки ухода (№1-15). Контрольные участки проигрывают также по показателям полноты – на 15%, диаметра 18 %, высоты 11 % в пользу участков №16-20.

Данная статистика доказывает эффективность проведения рубок ухода за молодняками и положительную динамику по всем таксационным показателям древостоев.

Литература

1. Чжан С.А., Пузанова О.А. Лесоводство и лесовосстановление на вырубках. УП для бакалавров направления подготовки 250400 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», 250100 «Лесное дело» всех форм обучения учеб. пособие. – Братск: ФГБОУ ВПО «БрГУ», 2012. – 105 с.
2. Правила ухода за лесами (Утверждены приказом МПР России от 16.07.2007 №185). - 43с.
3. Тихонов А.С. Лесоводство: Учебное пособие / А.С.Тихонов.- СПб.:СПБЛТА, 2002.- 332 с.
4. Луганский Н.А. Повышение продуктивности лесов: Учебное пособие /А.Н. Луганский.- Екатеринбург: Ур. гос. ЛТА,1995. - 297 с.
5. Пшеничникова Л.С. Формирование и продуктивность сосново-лиственных молодняков / Л.С. Пшеничникова:- М., 1978. – 198 с.
6. Залесов С. В. Рубки ухода: Учеб. Пособие / С.В. Залесов.- Екатеринбург: Уральский лесотехнический институт, 1993. - 112 с.

Менеджмент

УДК 330.322.214

Влияние ставки ЦБ РФ на инвестиционную активность Приангарья (Иркутская область)

Л.В. Глебушкина, Е.В. Перетолчина, Е.А. Жданова

Братский Государственный Университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: ключевая ставка, ставка рефинансирования, инвестиции в основной капитал, инвестиционная активность, взаимозависимость.

Данная статья посвящена исследованию инвестиционной активности Иркутской области. В статье рассмотрены практические аспекты воздействия такого инструмента денежно-кредитной политики, как процентная ставка, устанавливаемая Центральным банком Российской Федерации, на динамику инвестиций. Показана важность ключевой ставки для инвестора, рассмотрены принципы формирования и управления ключевой ставкой в современный период. Приведена динамика изменения ключевой ставки с момента ее ввода.

На основании данных официальной статистики авторами представлена динамика объема инвестиционных вложений в основной капитал (в сопоставимых ценах) с 2002 по 2016 годы. Произведена оценка характера влияния ставки, устанавливаемой Банком России, на объем инвестиций в основной капитал региона. Предложены направления стимулирования инвестиционной активности как условия повышения результативности денежно-кредитного регулирования.

Инвестиции — это важнейший и наиболее дефицитный экономический ресурс. Экономически обоснованное вложение собственных и привлеченных ресурсов способствует росту эффективности производства и конкурентоспособности предприятий, внедрению инновационных технологий, созданию новых рабочих мест, повышению занятости населения и уровня его благосостояния, обеспечивает стабильное поступление налоговых платежей в бюджеты различных уровней. От того насколько эффективны будут инвестиции, зависит благосостояние как самого инвестора, так и отдельно взятого предприятия. Уровнем инвестиционной активности и масштабами инвестиционной деятельности определяется не только успешная деятельность предприятий в долгосрочной перспективе, но и общее состояние экономики страны.

В данном исследовании целью ставится определение характера влияния ставки, устанавливаемой Центральным банком Российской Федерации, на объем инвестиций в основной капитал по Иркутской области за последние 15 лет, то есть с 2002 по 2016 год.

Рассмотрим исследуемые показатели более подробно.

Традиционно все инвестиции по форме вложения подразделяют на инвестиции в основной капитал (капитальные вложения) и финансовые (портфельные) инвестиции.

Вложения в основной капитал, на взгляд авторов, закладывают основу стабильного функционирования предприятий и организаций в любых видах экономической деятельности. Поэтому особое значение приобретает статистический анализ такого вида инвестиций с целью выявления на его основе имеющихся негативных тенденций и выработке комплекса мероприятий, способствующих их повышению. Капитальные вложения осуществляются путем приобретения экономических активов, т.е. объектов, владение и пользование которыми приносит их владельцам экономическую выгоду в течение определенного

периода времени. Ориентация на будущие доходы при вложении капитала – существенная черта, отличающая инвестиции от текущих затрат на производство товаров и услуг.

В статистическом учёте инвестиции в основной капитал представляют собой затраты на строительство, реконструкцию (включая расширение и модернизацию) объектов, которые приводят к увеличению их первоначальной стоимости и повышению полезного эффекта использования, приобретение машин, оборудования, транспортных средств, производственного и хозяйственного инвентаря, на формирование рабочего, продуктивного и племенного стада, насаждение и выращивание многолетних культур и т.д., инвестиции в объекты интеллектуальной собственности: программное обеспечение и базы данных, оригиналы произведений развлекательного жанра, литературы и искусства, научные исследования и разработки, создание и приобретение изобретений, полезных моделей и промышленных образцов, разведка недр и оценка запасов полезных ископаемых, включая произведенные нематериальные поисковые затраты [1].

Инвестиции в основной капитал формируются по институциональным секторам, представляющим собой группы схожих по типу институциональных единиц. Существует два рода институциональных единиц: юридические лица или общественные организации и физические лица или группы физических лиц в форме домашних хозяйств.

В работе используются данные только Федеральной службы государственной статистики России, поэтому их объективность и надежность подтверждается качеством ведения статистического учета в стране, которая оценивается европейскими специалистами на 4 по пятибалльной шкале [2].

Публикация окончательных итогов осуществляется в декабре года, следующего за отчетным, поэтому данные за 2016 год учтены без учета субъектов малого предпринимательства и инвестиций, не наблюдаемых прямыми статистическими методами.

В качестве переменной рассматривается ставка Банка России.

Ставка рефинансирования рассматривалась как значимый инструмент ДКП государства с 1992 по 2013 год включительно, т.е. более 20 лет. Своего максимума учетная ставка достигла в октябре 1993 года (210 % в условиях гиперинфляции), минимума – в середине 2010 года (7,75 %). В период с 14 сентября 2012 года по 31 декабря 2015 года ставка не менялась и была установлена на уровне 8,25 %. С этого момента она полностью потеряла свое влияние и остается лишь формальной величиной, т.к. фигурирует во многих законодательных актах, в основном при исчислении штрафов и пени [3, 4].

В целях применения ключевой ставки в качестве индикатора стоимости заемных средств с 1 января 2016 года к отношениям, в которых используется ставка рефинансирования, вместо указанной ставки применяется ключевая. Для целей исследования в период стационарной ставки рефинансирования целесообразно брать в расчет ключевую.

Необходимо понимать отличие учетной ставки от ключевой. Ставка рефинансирования — процентная ставка при предоставлении Банком России кредитов коммерческим банкам. Ключевая ставка – процентная ставка Банка России по операциям предоставления и абсорбирования ликвидности на аукционной основе на срок одна неделя. Иными словами, это минимальная ставка, по которой ЦБ РФ предоставляют семидневные кредиты банкам, и максимальная ставка, по которой ЦБ РФ готов привлечь депозиты. Кроме того, Банк России определил ширину процентного коридора в 2 п.п. как оптимальную для ограничения волатильности процентных ставок денежного рынка.

За последние три года ключевая ставка менялась 15 раз. Впервые понятие ключевой ставки было введено в нашей стране в сентябре 2013 года на уровне 5,5 %, максимальное значение 17 % было достигнуто в декабре 2014 года, а затем ставка постепенно снизилась до 10 % в сентябре 2016 года и с тех пор не менялась, хотя и имеет место быть обещание о ее снижении во втором квартале 2017 году [5]. Динамика изменения ключевой ставки в РФ с момента ее введения представлена на рис. 1.

Для сравнения – в группу стран с низкой ключевой ставкой (менее 1 %) входит порядка 40 государств. Это практически вся Европа, США (0,25 %), Англия (0,5 %), Япония (0,1 %). Им доступна дешевая ипотека, они чаще берут кредиты и обеспечивают себе более высокий уровень жизни. Это объясняет наличие в России множества компаний с иностранными инвестициями. Такие фирмы получают кредит в другой стране, например, под 1 % в долларах, а не под 10 % в России в рублях. Конечно, в этом случае присутствует валютный риск (и другие факторы и риски), но разница в процентах оправдывает его.

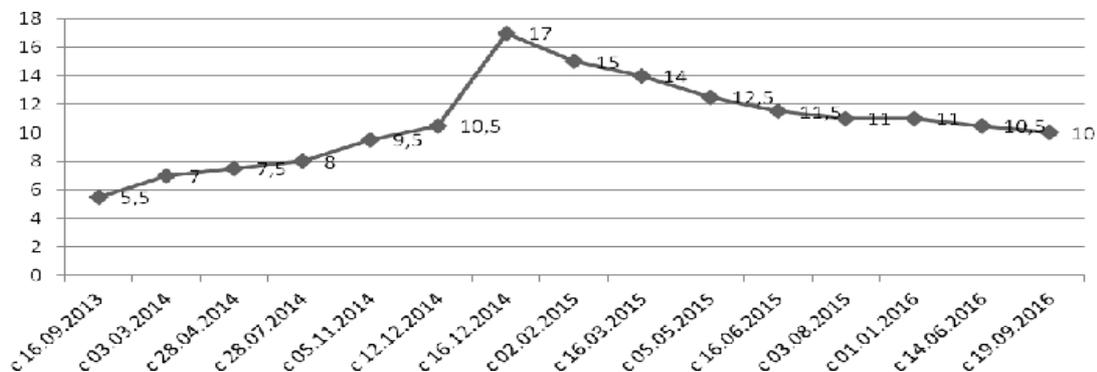


Рис. 1. Динамика изменения ключевой ставки

В данной работе были использованы среднегодовые показатели обеих ставок.

Длительность исследования 15 лет имеет смысловое содержание, т.к. исходит из общей цикличности экономических циклов. Период характеризуется несколькими значимыми событиями, влияющими на инвестиционную активность. Для наглядности динамика инвестиций в основной капитал в Иркутской области и среднегодовой ставки регулятора за анализируемый период представлена на графике (рис. 2).

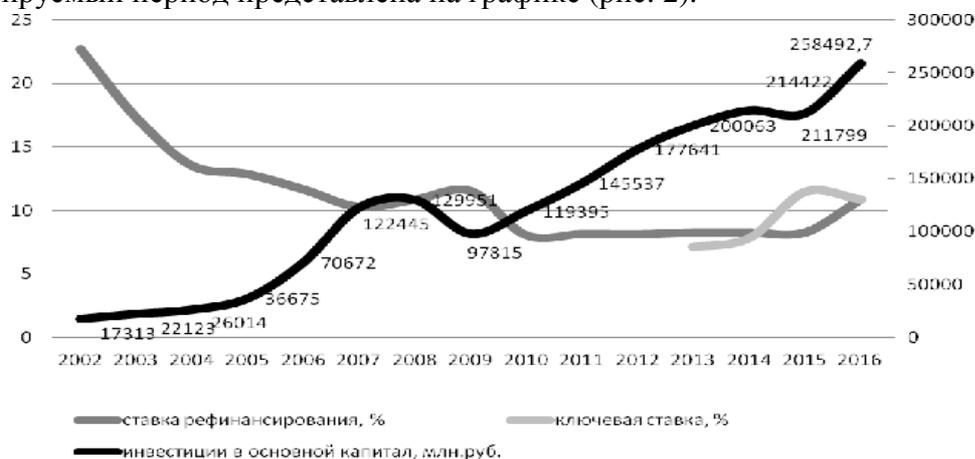


Рис. 2. Динамика инвестиций в основной капитал и среднегодовой ставки

Начало периода (2002 год) характеризуется посткризисным состоянием экономики после финансово-экономического и политического кризиса 1998 года, в котором произошла деноминация, а также и девальвация рубля, как следствие дефолта. В этом же году на территории ЕЭС введен евро. Кроме того, экономика страдает от продолжающейся Второй Чеченской войны. В 2004 году началась Оранжевая революция на Украине. 2005 год характеризуется вступлением в силу закона о монетизации льгот и началом газовых конфликтов между Россией и Украиной. 2007 год – период благоприятной конъюнктуры мировой экономики для развития регионов, это время получения первых результатов привлечения стратегических инвесторов. Тем не менее, это год начала конфликта с Грузией.

Наиболее значимый год в XXI веке для мира и России 2008 год. Экономический рост сопровождался ростом цен на нефть, которые достигли своего исторического макси-

мума в июле 2008 года, а затем их резким падением. Одновременно с этим, начавшийся в США кризис, связанный с лавинообразным ростом невозврата кредитов, спровоцировал глобальную рецессию. В этом же году выборы третьего президента России, война в Южной Осетии и девальвация рубля.

2009 год характеризуется резким спадом в экономике России из-за влияния мирового финансового кризиса, снижением величины инвестиций в основной капитал, в т.ч. и притока иностранных инвестиций. Во многом влияет негативная реакция на войну в западных СМИ. Продолжение кризиса в России в 2010 и 2011 годах связывают с так называемым «сырьевым проклятием». Падение инвестиций в экономике было бы еще большим, если бы ни необходимость завершения олимпийской стройки в Южном Федеральном Округе.

2014 год характеризуется событиями, оказавшими значительное влияние на инвестиционный климат в России и настроения работающих в стране иностранных инвесторов. Наиболее важными из них стали изоляция России и резкое снижение цен на нефть, что привело к существенному ухудшению макроэкономической ситуации в России, повышению инфляции, нестабильному курсу рубля, затруднениям с привлечением финансирования и высоким процентным ставкам, ограничениям во внешней торговле и сложностям в работе на отраслевых рынках. С сентября 2014 года курс рубля стремительно обесценивался, существенно возрос чистый отток капитала из страны. По итогам 2014 года рубль стал худшей валютой мира по версии Bloomberg, потеряв 58 % своей стоимости по отношению к доллару. В России начался валютный кризис, вызвавший впоследствии новый финансово-экономический кризис в стране и очередную девальвацию рубля. Ключевая ставка в декабре подскочила до 17 % (на 65 пунктов).

Для российской экономики 2015 год был периодом адаптации к падению цен на нефть и другим внешним шокам, проявившимся в 2014 году. Ухудшение внешнеэкономической конъюнктуры, сохранение действия двусторонних торговых и финансовых санкций привели к сжатию торгового баланса, усилению экономической неопределенности, ужесточению неценовых условий кредитования. В этих условиях совокупный спрос сократился. В то же время в 2015 году происходила адаптация экономических субъектов к новым условиям. Неблагоприятные внешние и внутренние факторы структурного и циклического характера привели к снижению инвестиционной активности. Банк России с 2015 года реализует ДКП в рамках режима таргетирования инфляции. Поскольку влияние ДКП на экономику проявляется с определенным лагом (до двух лет), решения об уровне ключевой ставки принимаются на основе макроэкономического прогноза. В «Основных направлениях единой государственной денежно-кредитной политики на 2015 год и период 2016 и 2017 годов» была поставлена цель снизить инфляцию до уровня 4 % в 2017 году и удерживать её.

В 2016 году инвестиционный спад в целом по России продолжился: по итогам первого полугодия сокращение инвестиций в основной капитал по полному кругу организаций составило 4,3 % в годовом выражении. Второй квартал 2016 года стал десятым подряд кварталом падения инвестиций в основной капитал в России [6]. Экономические прогнозы не позволяют говорить об инвестиционном провале, несмотря на то, что наблюдается заметное падение инвестиций. Интересно, что Иркутская область смогла увеличить объем инвестиций на 20,5 %. Запуск новых крупных проектов, таких как строительство газопровода «Сила Сибири», привел к росту объема строительных работ. Рост инвестиций назвать бурным нельзя, но позитивный тренд налицо. Однако далеко не для всех крупных проектов складывается благоприятная перспектива. В частности, никак не удастся «пристроить» Непское месторождение калийных солей из-за отсутствия стратегических инвесторов. Строительство Братского металлургического завода было включено в перечень приоритетных инвестиционных проектов РФ на 2014–2020 годы, однако его реализация может быть отменена, поскольку у проекта нет ни одного заинтересованного инвестора.

В результате исследования была явно выявлена экспоненциальная (или показательная) зависимость между величиной ставки, устанавливаемой ЦБ РФ, и величиной инвестиций в основной капитал (коэффициент аппроксимации 0,704). Приблизительно также показала себя и степенная функция зависимости (0,698). Коэффициент корреляции значим (-0,692) и означает достаточно высокую степень обратной зависимости между данными.

Для любой экспоненциально растущей величины, чем большее значение она принимает, тем быстрее растёт. Экспоненциальный рост в итоге оказывается более быстрым, чем любой степенной и тем более линейный рост.

Для принятия правильных решений необходимо предвидеть, как те или иные инструменты ДКП страны влияют на основные макроэкономические переменные. Поскольку основным инструментом денежно-кредитной политики ЦБ РФ является ключевая ставка, важно понимать, как сильно экономика реагирует на ее изменения. Доступ к операциям по этой ставке имеют лишь банки, а не экономические агенты напрямую (фирмы, домохозяйства). Таким образом, изменения ставки не оказывают непосредственного влияния на объем инвестиций и эффект достигается лишь через изменение стоимости банковских операций, однако именно процентная ставка является экономическим фактором, оказывающим существенное влияние на объем инвестиций на макроуровне.

Использование ключевой ставки – общепринятая мировая практика. Большим плюсом ее применения является влияние на инфляцию и общее оздоровление экономики. В качестве минуса можно выделить большую инертность и низкую эффективность данного механизма в кризисное время. При ухудшении экономической ситуации, связанной с внешним воздействием и обусловленной факторами, которые неподвластны ЦБ РФ, негативные процессы происходят быстрее, чем успевают сработать изменения ключевой ставки. Она не всегда становится спасением от инфляции или от снижения инвестиционной активности. Это только один из инструментов, используемых государством для регулирования экономики.

Следует отметить, что внутри страны наблюдаются диспропорции в инвестиционной активности, обусловленные различиями в социально-экономическом развитии регионов. Получается, что тесное взаимодействие федеральных и территориальных органов власти способствует повышению инвестиционной активности и снижению инвестиционных рисков. Рассматривать прибыль как основной источник инвестиций не рекомендуется, т.к. нехватка финансовых ресурсов будет восполняться за счет роста цен на продукцию, а это может привести к сокращению объемов продаж и, соответственно, снижению уровня прибыли. В настоящее время большинство предприятий перешло на кредитование, т.к. инфляция обесценила собственные средства фирм. Для того, чтобы активизировать инвестиционную деятельность, преодолеть диспропорции в инвестиционной активности регионов, необходимо добиться в стране стабильной финансовой системы и, соответственно, приемлемого уровня инфляции, создание экономических условий для роста производства продукции, обновления ассортимента и улучшения качества товаров и услуг.

Литература

1. Приказ Федеральной службы государственной статистики от 18.09.2014 № 569 «Об утверждении официальной статистической методологии определения инвестиций в основной капитал на региональном уровне» (с изм. на 25.01.2017).
2. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики России. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru>.
3. Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть первая.
4. Налоговый кодекс Российской Федерации.
5. Официальный сайт Центрального банка Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cbr.ru>.
6. Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики. Инвестиции в основной капитал и источники их финансирования. Выпуск № 17, сентябрь 2016.

УДК 519.816

Сравнительный анализ систем поддержки принятия решений

И.О.Кругов

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: Система поддержки принятия решения, взвешенная сумма оценок критериев, многокритериальная теория полезности, корреляция, вербальный анализ, единая порядковая шкала.

Приведены результаты сравнительный анализ отечественных и зарубежных систем поддержки принятия решений с целью выявления возможности импортозамещения в данной отрасли информационных систем. В качестве критериев оценки использовались: многокритериальная теория полезности, корреляция, метода вербального анализа. Основными критериями, для определения оптимальной системы были выбраны устойчивость к возможным неточностям в оценках альтернатив и к возможным ошибкам ЛПП.

Старая истина гласила, что "тот, кто владеет золотом, то владеет миром". Сегодня это не так, миром владеет тот, кто владеет информацией. Но реальную власть дает не сама информация как таковая, а умение её извлекать, собирать, анализировать и с пользой применять. А это означает, что важные для бизнеса данные необходимо использовать с целью получения максимальных выгод. И, если получаемые в результате преимущества велики, то это дает все основания считать такую информацию одним из ключевых бизнес-активов предприятия.

В современных условиях информационные технологии и системы играют и будут играть все большую роль и в достижении стратегических целей компаний. Это влечет за собой новые требования к информационным системам и их функциям. Они не могут оставаться просто инструментом, обеспечивающим обработку информации для отделов и конечных пользователей внутри предприятия.

Однако рынок информационных технологий ежегодно пополняется новыми продуктами. Одни более эффективны, другие менее. Естественно встает вопрос выбора оптимальной системы, чтобы вывести предприятие на новый уровень и повысить конкурентоспособность. Для этого проведем исследование нескольких систем

В ходе исследования проводилось сравнение трех систем поддержки принятия решений (в дальнейшем СППР): DECAID (D), Logical Decision (LD) и ЗАПРОС (Z). Две первые системы основаны на многокритериальной теории полезности — MAUT [1].

Прежде всего, следует заметить, что эти две СППР очень близки друг к другу по конечному результату: обе они направлены на получение количественной оценки полезности для любой альтернативы. Обе они используют аддитивное представление полезности в виде взвешенной суммы оценок критериев (1):

и

где $U(x)$ - полезность многокритериальной альтернативы;
 W_i — количественный вес i -го критерия;
 $U_i(X_i)$ — полезность оценки по i -му критерию [2].

Две СППР различаются способом определения весов и построения функций полезности по отдельным критериям. СППР LD следует полностью основной схеме MAUT [1]. Это значит, что веса определяются путем нахождения точек безразличия на плоскостях

пар критериев, а однокритериальные функции полезности строятся путем сравнения лотерей.

В СППР (D) веса назначаются ЛПР непосредственно путем указания на экране дисплея отрезков на линии, соответствующих важности критериев. Также графическим путем устанавливаются полезности каждой альтернативы по отдельному критерию.

В эксперименте группа испытуемых оценивала пять альтернатив, представлявших собой описание различных мест работы. Альтернативы имели оценки по четырем критериям: зарплата, местоположение, предлагаемая должность, возможность повышения. Первичные оценки были даны в виде словесных определений (кроме зарплаты). В результате эксперимента оказалось возможным сравнивать совпадение ответов испытуемых по упорядочению пяти альтернатив, по количественным весам критериев и оценкам альтернатив, полученным с помощью LD и D. Статистическая обработка проводилась с помощью пакета программ ANOVA[3].

Анализ показал, что при использовании двух СППР группа испытуемых давала разные оценки полезности альтернатив. Были существенные различия в количественных весах критериев и оценках альтернатив по критериям. Для группы в целом только по одному критерию (предлагаемая должность) оценки важности были достаточно близки. Лишь для одного критерия (местоположение) были достаточно близки оценки альтернатив.

В целом корреляция результатов двух СППР не была статистически значимой.

Особый интерес представляло сравнение LD и D с СППР Z. Первичное словесное описание оценок альтернатив в виде трех упорядоченных оценок на шкалах по трем критериям и три уровня оценки зарплаты использовались СППР Z для выявления предпочтений. Сравнение худших оценок по критериям с помощью единой порядковой шкалы (в дальнейшем ЕПШ) позволило получить упорядочение критериев по важности. С помощью ЕПШ сравнивались пять заданных альтернатив [3].

Следует напомнить, что СППР Z не позволяет строго ранжировать альтернативы; некоторые из них могут оказаться несравнимыми, так как информации ЛПР недостаточно для их сравнения. Поэтому сравнивать LD и Z, D и Z можно лишь для тех альтернатив, отношения между которыми можно было выявить системой Z. Оказалось, что для этих альтернатив корреляция результатов для пар LD-Z и D-Z статистически значима.

Что же следует из сравнения трех СППР? Причина несовпадения результатов, полученных с помощью LD и D, заключается, вероятнее всего, в большой чувствительности методов МАУТ к неизбежным человеческим ошибкам. СППР ЗАПРОС мало чувствительна к этим ошибкам. Поэтому отношения между альтернативами, построенные методом ЗАПРОС, намного надежнее.

Как известно, любой прибор имеет определенную точность измерения. По аналогии с этим можно утверждать, что возможности человека производить точные количественные измерения ограничены. Человек не может быть уподоблен точным весам, стрелка которых указывает на количественное значение полезности, веса критерия, оценки альтернативы, вероятности. Нет, эти «весы» имеют существенные дефекты. Поэтому методы, полагающиеся на количественные оценки ЛПР, крайне чувствительны даже к небольшим человеческим ошибкам. Небольшое отличие в измерении весов критериев — и результат применения метода совсем иной.

При этом возникает вопрос: что лучше — иметь ли точный выход СППР (количественные оценки, строгое ранжирование), хотя и весьма ненадежный, или иметь приближенный выход (разбиение альтернатив на классы, частичное ранжирование), но надежный и проверенный? [4] На наш взгляд, второй вариант явно предпочтительнее. Его преимущество становится очевидным на практике, в ответственных реальных задачах, для решения которых и создаются СППР.

Исходя из выше изложенного, можно сделать вывод:

- Вербальный анализ решений предназначен для исследования неструктурированных проблем, имеющих качественное, словесное описание [2].
- Методы вербального анализа решений позволяют сохранить качественное описание проблемы на всех этапах ее анализа. В них применяются качественные способы измерений и порядковые шкалы оценок по критериям. Для построения решающего правила используют психологически корректные операции получения информации от ЛПР. Полученная информация проверяется на непротиворечивость. Методы вербального анализа решений позволяют ЛПР постепенно формировать решающее правило [3].
- Одним из проверенных практикой методов вербального анализа решений является ЗАПРОС, который позволяет строить частичный порядок на множестве многокритериальных альтернатив. Метод устойчив к возможным неточностям в оценках альтернатив и к возможным ошибкам ЛПР.

Литература

1. Лапко А. В., Ченцов С. В. Многоуровневые непараметрические системы принятия решений; Наука. Сибирская издательская фирма РАН - Москва, 2008. - 192 с.
2. Боярчук Н.Я. Методы анализа данных системы бухгалтерского учета; Братский государственный университет - Братск, 2010. - 195 с.
3. Юдин Д. Б. Вычислительные методы теории принятия решений; Либроком - Москва, 2013. - 320 с.
4. Бритков В. Б. Методическое пособие по курсу "Системы поддержки принятия решений"; Ленанд - Москва, 2009. - 972 с.

УДК 331.5

Исследование тенденций развития современного рынка труда

Е.И. Луковникова, Е.И. Кутузова

Братский Государственный Университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: труд; рынок труда; занятость; безработица; население; рабочая сила; экономический кризис.

В статье рассматриваются тенденции развития современного рынка труда в России, приведены статистические данные Росстата, рассмотрены некоторые аспекты государственной поддержки и дальнейшего развития рынка труда.

Актуальность рассмотрения тенденций развития современного рынка труда обуславливается следующими соображениями.

Рынок труда представляет собой одну из наиболее важных и актуальных сфер экономики. Он является одним из индикаторов, состояние которого позволяет судить о национальном благополучии, стабильности, эффективности социально-экономических преобразований. В свою очередь занятость населения является необходимым условием для общественного воспроизводства, так как от нее зависят уровень жизни людей, издержки общества на подбор, подготовку, переподготовку и повышение квалификации кадров, на их трудоустройство, на материальную поддержку людей, которые лишились работы. Поэтому такие проблемы, как занятость населения, безработица, конкурентоспособность ра-

бочей силы и в целом рынок труда актуальны для экономики страны и представляют интерес для рассмотрения.

Целью данной статьи является исследование тенденций развития современного рынка труда и его проблемы.

Рынок труда — наиболее сложная составляющая рыночной экономики. В отличие, от рынка товаров, он отражает значительно больше социально-экономических явлений общества, на него влияет множество внешних факторов. Формирование и регулирование рынка труда — одна из ключевых проблем трансформации социально-экономических отношений. Рынку труда принадлежит ведущая роль в решении проблем преодоления сложившейся в России неэффективной системы занятости населения, развития конкурентоспособности работников в динамично развивающемся рыночном хозяйстве. В этой связи становление эффективного рынка труда и адекватной системы его регулирования остается для России одной из приоритетных задач на ближайшие годы [1].

В течение последних пятнадцати лет остро встала проблема с трудоустройством молодежи. Учитывая коммерциализацию системы образования и высокую престижность диплома, имеется тенденция бума в сфере высшего образования. В результате этого в стране появилось множество специалистов с высшим образованием, не имеющих должного опыта работы и обладающих навыками и квалификацией, не соответствующего уровня. В свою очередь работодатели не готовы принимать на работу людей с образованием, но без опыта работы. Данная ситуация приводит к росту социальной напряженности среди молодого поколения, результатом которой может явиться политическая нестабильность и революционная напряженность, ярким примером являются страны ближневосточного региона и Украина. В последнее время можно заметить, что преобладающей сферой труда стала сфера услуг, сокращается численность населения, занятого в материальном производстве. Таким образом, на российском рынке труда складывается следующая ситуация: с одной стороны он — трудодефицитный по структуре, а с другой стороны — избыточен по объёму [2].

Современный этап развития экономики России в 2014 – 2016 годах характеризуется обострением проблем на рынке труда, которые связаны с влиянием политических событий и экономических явлений.

Очевидно, что на общую ситуацию на рынке труда оказали воздействие следующие события: сохраняющаяся инфляция; санкции Запада; стагнация экономики; высокий уровень безработицы населения, коррупция и взяточничество властей; низкий уровень жизни большей части населения; события на Украине;

Нельзя сказать, что спрос на рабочую силу кардинально поменялся. Конечно, количество предлагаемых вакансий уменьшилось, но снижение — не резкое. Несмотря на это, экономика России так и останется в состоянии стагнации, без сдвигов в положительную сторону, то серьезного снижения количества вакантных мест и массового увольнения нужно ждать уже в этом году.

Уже сейчас почти три четверти работодателей страны ощущают проявление кризиса. Кризис затронул в большей степени следующие сферы деятельности: сектор банковского обслуживания и инвестиционный сектор; туризм; бизнес, связанный с предоставлением гостиничных услуг; страхование; строительство; индустрия моды; производство и машиностроение; транспорт и логистика.

Многим компаниям пришлось сокращать свой штат сотрудников, и в основном пострадали менеджеры среднего звена и линейные сотрудники. Также было проведено сокращение уровня зарплат.[3]

Рынок труда инерционен: он последний входит в кризис, но и последним выходит из него. На основании проводимого мониторинга ситуации на российском рынке труда наблюдается снижение количества вакансий, подаваемых работодателями в центры занятости, при этом количество безработных продолжает расти. В настоящее время формаль-

но, по статистике, не зафиксировано значительного увеличения напряженности на рынке труда. Специалисты-аналитики оценивают текущую ситуацию на российском рынке труда как тревожно-стабильную. Все больше организаций заявляют о переводе работников в режим неполного рабочего времени или о предоставлении им вынужденных отпусков. В режиме неполного времени часть работников в России трудятся практически постоянно, но в периоды кризиса их число резко возрастает. Работодатели предпочитают вводить такие нормы, чтобы по максимуму сохранить персонал и по минимуму прибегать к сокращениям. Очевидно, будет расти число тех, кого ограничат в трудовом времени или отправят в отпуск «без содержания».

Но, несмотря на сложившуюся ситуацию в стране, все же есть работники, которые могут оставаться абсолютно спокойными за свою работу и зарплату.

На современном этапе развития рынка труда наиболее востребованными являются следующие квалифицированные работники: электрики, сварщики и другие тому подобные профессии; инженеры разной направленности; программисты; врачи и младший медицинский персонал, которые востребованы не только в своей профессии, но и в смежных сферах.

Также в России в сфере занятости развивается IT-рынок вакансий. Предложение на данном рынке постоянно растет. И можно с уверенностью утверждать, что данная тенденция будет сохраняться и в будущем, поскольку все большее число населения осваивает виртуальное пространство, и туда нужно переносить привычные атрибуты жизни.

В последние годы обозначилась устойчивая тенденция снижения спроса на выпускников учреждений профессионального образования всех уровней подготовки. Свои профессиональные возможности по выбранной специальности реализуют менее половины молодых специалистов.

На сегодняшний момент в России рынок труда, а также его состояние в дальнейшем требуют от тех, кто ищет работу, приспосабливаться к новым условиям. Нынешние выпускники высших учебных заведений не могут трудоустроиться, во-первых, из-за того, что те знания, которые были получены ими в ВУЗах, не соответствуют ожиданиям работодателей, а во-вторых, если в настоящее время в связи с сокращением штата сотрудников на многих предприятиях, теряют работу высококвалифицированные кадры, которые имеют не малый стаж и опыт работы, то у молодых специалистов шансов устроиться на работу самостоятельно практически нет [3].

Росстат подвел итоги выборочного обследования рабочей силы (обследования населения по проблемам занятости) по состоянию на вторую неделю февраля 2016 года. Численность рабочей силы (экономически активного населения) в возрасте 15-72 лет (занятые + безработные) в феврале 2016г. составила 75,9 млн.человек, или 52% от общей численности населения страны.

В численности рабочей силы 71,5 млн.человек классифицировались как занятые экономической деятельностью и 4,4 млн.человек - как безработные с применением критериев МОТ (т.е. не имели работы или доходного занятия, искали работу и были готовы приступить к ней в обследуемую неделю).

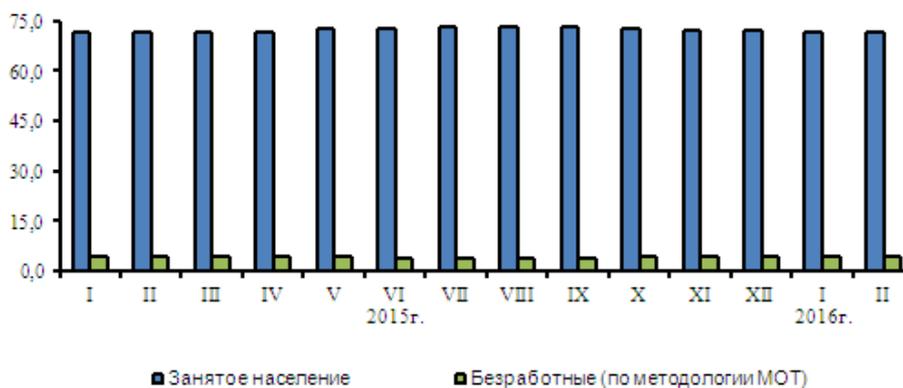


Рис. 1. Динамика численности занятых и безработных (без корректировки сезонных колебаний, млн. человек)

Уровень занятости населения (отношение численности занятого населения к общей численности населения обследуемого возраста) в феврале 2016г. составил 64,9%.

Таблица 1

Численность и состав рабочей силы (без корректировки сезонных колебаний)

	2016 г.		Февраль 2015 г.	Февраль 2016 г. (+, -) к	
	январь	февраль		февралю 2015 г.	январю 2016 г.
<i>Тыс. человек</i>					
Рабочая сила в возрасте 15-72 лет					
занятые	75761	75947	75820	127	187
безработные	4428	4429	4410	19	2
<i>В процентах</i>					
Уровень участия в рабочей силе (рабочая сила к численности населения в возрасте 15-72 лет)	68,7	68,9	68,4	0,5	0,2
Уровень занятости (занятые к численности населения в возрасте 15-72 лет)	64,7	64,9	64,5	0,4	0,2
Уровень безработицы (безработные к численности рабочей силы)	5,8	5,8	5,8	0,0	0,0

Численность занятого населения в феврале 2016г. увеличилась по сравнению с январем на 185 тыс.человек, или на 0,3%, по сравнению с февралем 2015г. - на 108 тыс.человек, или на 0,2%.

Численность безработных в феврале 2016г. по сравнению с январем осталась на том же уровне, по сравнению с февралем 2015г. - увеличилась на 19 тыс.человек, или на 0,4%.

Общая численность безработных, классифицируемых в соответствии с критериями МОТ, в 4,1 раза превысила численность безработных, зарегистрированных в государственных учреждениях службы занятости населения. В конце февраля 2016г. в государственных учреждениях службы занятости населения состояло на учете в качестве безработных 1070 тыс.человек, что на 5,2% больше по сравнению с январем и на 8,0% - по сравнению с февралем 2015 года.

Среди безработных, по методологии МОТ, доля женщин в феврале 2016г. составила 44,9%, городских жителей - 65,9%, молодежи до 25 лет - 22,5%, лиц, не имеющих опыта трудовой деятельности - 26,5%.

Безработица городского и сельского населения характеризуется превышением уровня безработицы среди сельских жителей (8,5%) по сравнению с уровнем безработицы среди городских жителей (5,0%). В феврале 2016г. это превышение составило 1,7 раза.

В феврале 2016г. среди безработных доля лиц, оставивших прежнее место работы в связи с высвобождением или сокращением численности работников, ликвидацией организации или собственного дела, составила 20,0%, а в связи с увольнением по собственному желанию - 23,5% (в феврале 2015г. - соответственно, 20,8% и 25,2%).[4]

Для улучшения существующего положения на рынке труда правительство Российской Федерации использует ряд средств для его поддержания. Так, в текущем году из федерального бюджета несколько раз распределялись субсидии на реализацию дополнительных мероприятий в сфере занятости населения, направленных на снижение напряженности на рынке труда. Среди которых выделены программы переподготовки для женщин с детьми, желающих вернуться на рынок труда. Реализация данных программ облегчит процесс возвращения женщин с маленькими детьми на рынок труда после трехлетнего отпуска по уходу за ребенком. Также государство применяет меры по отношению к молодым специалистам, посредством реализации социальных проектов с участием молодежи. Выделяют меры содействия занятости молодежи, к числу которых относятся: предоставление работодателям стимулов к найму молодых специалистов, развитие программ стажировок и ученичества для выпускников образовательных учреждений профессионального образования, сокращение периода перехода выпускников образовательных учреждений от получения образования к трудовой деятельности. Еще одним направлением в сфере занятости является поддержка структурных экономических изменений путем создания условий, облегчающих трудовую мобильность населения в сочетании с развитием эффективных программ обучения и переобучения.[5]

Таким образом, наряду с поддержкой государства на рынке труда для стабилизации ситуации необходимо преодоление кризисных процессов в экономике, нужна эффективная экономическая политика и растущая национальная экономика, что позволит динамично развивать не только рынок труда, но и обеспечить высокий уровень благосостояния населения страны.

При реализации политики занятости в качестве исходного требования выступает определение перспективных потребностей рынка труда. Особую актуальность приобретает прогнозирование будущего спроса на профессиональные навыки.

Однако очевидно, что ситуация на современном рынке труда требует изменений и со стороны работодателей. И уже сейчас хорошо продуманная кадровая политика стала частью менеджмента. Таким образом, коллектив организации будет восприниматься как капитал, который требует определенных вложений и развития. Отсюда, более крупные компании, в которых доминирует умственная деятельность, и предприятия сферы обслуживания будут более заинтересованы в ценных кадрах, деятельность которых имеет большое значение для качества конечного продукта.

Литературы

1. Эренберг Р. Д. Современная экономика труда. Теория и государственная политика / Р. Д. Эренберг, Р. С. Смит; пер. с англ. под ред. Р. П. Колосовой, Т. О. Разумовой, С. Ю. Рощина. — М.: Изд-во МГУ, 2006. — 777 с.
2. Российская газета [Электронный ресурс] URL: www.rg.ru (Дата обращения: 29.03.2016).
3. Научный интернет-журнал «Мир науки» выпуск 2 – 2015: <http://mir-nauki.com> (Дата обращения: 29.03.2016).

4. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.gks.ru/>

5. Министерство труда и социальной защиты [Электронный ресурс] URL: www.gosmintrud.ru (Дата обращения: 29.03.2016).

УДК 331

Проблемы повышения качества человеческого капитала в России и необходимые меры его развития

Е.И. Луковникова, Е.И. Кутузова

Братский Государственный Университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: человеческий капитал, тенденции, перспективы, управление человеческим капиталом, индекс развития человеческого потенциала.

В статье рассмотрено понятие человеческого капитала, значение человеческого капитала для экономики, а также проблемы его развития в России: состояние образования, здравоохранения, российской науки, формулируются некоторые подходы по повышению качества человеческого капитала в России, совершенствованию механизмов управления им в современных условиях.

Человеческий капитал в широком определении — это интенсивный производительный фактор развития экономики, общества и семьи, включающий образованную часть трудовых ресурсов, знания, инструментарий интеллектуального и управленческого труда, среду обитания и трудовой деятельности. Человеческий капитал является необходимым условием для поддержания конкурентоспособности предприятий и организаций, экономики государства на мировых рынках в условиях глобализации, а также важнейшей характеристикой деятельности органов законодательной и исполнительной государственной власти в стране. Для оценки качества человеческого капитала измеряется уровень жизни, грамотности, образованности и долголетия населения, состояние медицинского обслуживания и производства ВВП на душу населения. Эти показатели учитываются при расчете Индекса развития человеческого капитала (ИРЧП).

Российская Федерация в рейтинге 2015 года поднялась на семь позиций по сравнению с предыдущим годом и занимает 50 место с ИЧР 0.798, открывая список стран с высоким уровнем человеческого развития и разделив это место с Беларусью. Основные показатели России таковы: средняя ожидаемая продолжительность жизни при рождении — 70,1 лет; средняя продолжительность получения образования — 14,7 лет; валовой национальный доход на душу населения — \$ 22 352 в год (по паритету покупательной способности, выраженному в долларах США в ценах 2011 года). В стране проживают около 142 500 000 человек. В целом, на показатели России негативное влияние оказывают социально-экономическое неравенство среди населения, экологические проблемы, относительно низкая продолжительность жизни (особенно среди мужчин, свойственная скорее неблагоприятным странам). Следует также учитывать, что нынешние показатели России рассчитаны по итогам относительно благополучных 2013–2014 годов, тогда как в 2015 году к негативным факторам прибавились значительные экономические проблемы, которые сейчас оказывают существенное отрицательное влияние на развитие государства и благополучие его населения. Тем не менее, Россия пока опережает в рейтинге своих соседей по группе крупнейших государств с быстрорастущей экономикой (БРИКС), где Бразилия занимает в рейтинге 75 место, Китай — 90, Южная Африка — 116, Индия — 130 [1].

В настоящее время в России, наконец, пришло осознание необходимости смены экономической модели развития, о чем свидетельствует анализ многих современных научных публикаций и государственных стратегий, концепций и программ развития. Учитывая, что в настоящее время экономика России переживает кризис.

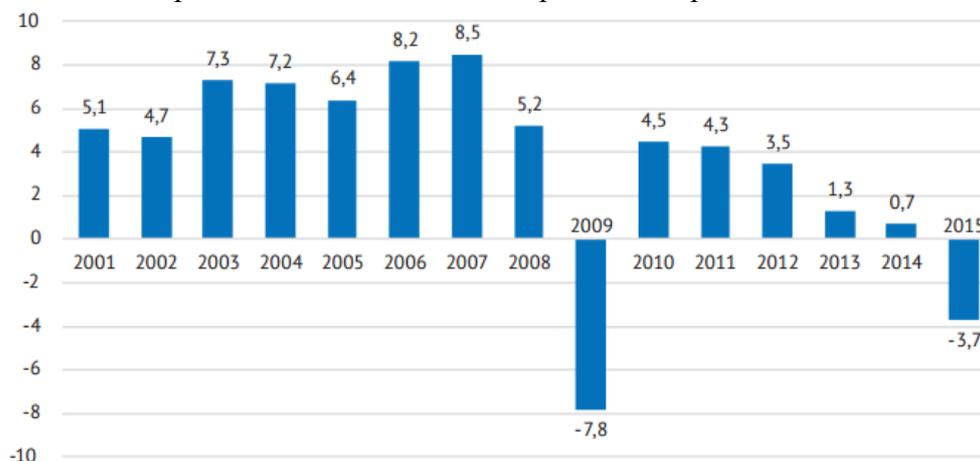


Рис.1. Динамика ВВП, %

Последовательное замедление общеэкономического роста в 2011-2014 годах с 4,3 до 0,7% (против 4,5% в 2010 году), переросшее в 2015 году в падение ВВП на 3,7%, связано как с ослаблением внешнеэкономического фактора роста, который до кризиса выражался в исключительно высокой динамике цен на нефть и возрастающем спросе на продукцию российского экспорта, так и с отсутствием устойчивых внутренних факторов экономического роста [2].

Для повышения качества человеческого капитала и использования его как фактора социально-экономического развития в России необходимо разработать и реализовать комплекс мер по созданию системы управления человеческим капиталом на макро- и микроуровне.

На макроуровне (на уровне государства) необходимо развитие следующих направлений в целях обеспечения укрепления человеческого капитала:

1) необходимо совершенствование государственной политики в области воспроизводства человеческого капитала в обеспечение создания социально ориентированного инновационного общества. Повышение качества человеческого капитала в стране должно быть целью правительства, для чего необходима разработка соответствующей программы;

2) необходимо использование современных методов управления человеческим потенциалом;

3) следует осуществлять мониторинг состояния человеческого потенциала по регионам в разрезе по группам: капитал здоровья, капитал образования, капитал мобильности и т.д.;

На микроуровне (на уровне организации) в России необходимо развитие следующих направлений [3]:

а) создание (совершенствование) системы управления человеческим капиталом в рамках крупных транснациональных корпораций и интегрированных структур. Данное направление активно развивается за рубежом и успешно себя зарекомендовало. Оно обусловлено тем, что на развитие человеческого капитала влияют культурные барьеры, культурная среда, различные нормативные требования и другие факторы. Создание же и внедрение системы управления человеческими ресурсами в крупных компаниях позволило бы более эффективно координировать деятельность сотрудников в различных точках, которые охватывают несколько континентов, в реальном режиме времени;

б) совершенствование кадровой политики, в том числе в части подбора кадров, отвечающих современным рыночным требованиям, оценки и стимулирования персонала. Данное направление требует тщательной разработки в России, т.к. в условиях перехода России к рыночным условиям и встраивания российских компаний в мировую систему рыночных отношений далеко не все из них осознали необходимость и важность трансформации принципов управления персоналом.

Во многих компаниях до сих пор отсутствует система оценки персонала, часто этим понятием подменяют аттестацию, что неверно ввиду особенностей терминологии. А ведь оценка персонала, по сути, является основой для разработки и реализации инструментов стимулирования и мотивации, а, следовательно, и для роста производительности труда. Учитывая отсталость российских компаний в этом вопросе, необходимо, чтобы каждое предприятие осуществило оценку эффективности своей деятельности в контексте реализации стратегии и кадровой политики, провело SWOT- анализ в контексте развития человеческого капитала и определило, исходя из анализа зарубежного опыта и лучшей отечественной практики, те направления и методы, которые следовало бы адаптировать в целях обеспечения повышения эффективности своей деятельности за счет роста производительности труда, мотивации сотрудников.

в) развитие системы повышения квалификации сотрудников. Анализ мировой практики показывает, что сегодня зарубежные компании активно инвестируют в человеческий капитал, что позволяет им укреплять и наращивать свою конкурентоспособность на мировых рынках. В этой связи предлагается ускорить процесс вовлечения и обучения сотрудников через различные учебные материалы, в том числе посредством использования информационно-коммуникационных технологий.

Человеческий капитал в современном мире является основополагающим фактором социально-экономического, научно-технологического прогресса и инновационной деятельности основной движущей силой. Поэтому его развитию должно быть уделено особое внимание на государственном, региональном и корпоративном уровнях. Развитие человеческого капитала – это залог высокой конкурентоспособности национальной и региональной экономики, отраслей промышленности, и их предприятий и организаций.

Восстановление всех составляющих человеческого капитала - культуры, воспитания, образования, здравоохранения, науки, конкурентоспособного качества жизни - является несомненным и первичным приоритетом новой и буквально спасительной (антикризисной) парадигмы и стратегии развития России. Без этого другие проблемы и задачи нерешаемы. Необходимы значительные и приоритетные инвестиции в человеческий капитал. И комплексная стратегия его роста и развития [4].

На наш взгляд, необходимы более серьезные инвестиции в развитие человеческого капитала России, одновременно во все его составляющие, при параллельной борьбе с коррупцией и криминализацией. Самыми важными направлениями являются финансирование науки, образования и здравоохранения, охрана материнства и детства.

Литература

1. Программа развития ООН: индекс человеческого развития в странах мира в 2015 году, опубликованная 16 декабря 2015 года. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://gtmarket.ru/news/2015/12/16/7285> (дата обращения 2.02.2017)
2. Экономика России в 2011-2015 годах С. 5-6. Министерство экономического развития Российской Федерации 2016 год [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.economy.gov.ru (дата обращения 2.02.2017)
3. Батракова Л.Г. Показатели развития экономики знаний / Ярославский педагогический вестник, 2012 – № 2 – Том I (Гуманитарные науки). [Электронный ресурс]. – http://vestnik.yspu.org/releases/2012_2g/24.pdf (дата обращения 2.02.2017)
4. Корчагин Ю.А. Человеческий капитал и инновационная экономика России. Монография. / Ю.А. Корчагин. – Воронеж: ЦИРЭ, 2012.– с. 244

УДК 004.891.2

Системы поддержки принятия решений: проблемы и пути решения

Д.В. Менделева

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: СППР, ЛПР, информация, управленческие решения

Представлена общая характеристика систем поддержки принятия решений и определены основные проблемы, сложившиеся на сегодняшний день при их разработке, сопровождении, внедрении и эксплуатации. Рассмотрены возможные варианты решения обозначенных проблемных ситуаций.

Развитие компьютерных технологий и глобальная информатизация общества привели к использованию огромных объемов накопленной информации. С одной стороны большой объем информации позволяет выполнить более точные расчеты и сделать подробный анализ, с другой – превращает поиск решений в сложную задачу.

В результате необходимости упростить задачу поиска решений появился класс программных систем, призванных облегчить работу по анализу данных. Такие системы принято называть системами поддержки принятия решений (СППР) [1].

Системы поддержки принятия решений – компьютерные системы, целью которых является помощь людям, принимающим решения в сложных условиях для полного и объективного анализа.

СППР предназначена для поддержки многокритериальных решений в сложной информационной среде. Под многокритериальностью понимается тот факт, что результаты принимаемых решений оцениваются не по одному, а по совокупности многих показателей.

В состав системы поддержки принятия решений входят три главных компонента: база данных, база моделей и программная подсистема, которая состоит из системы управления базой данных (СУБД), системы управления базой моделей (СУБМ) и системы управления интерфейсом между пользователем и компьютером. Структура системы поддержки принятия решений наглядно изображена на рисунке 1.

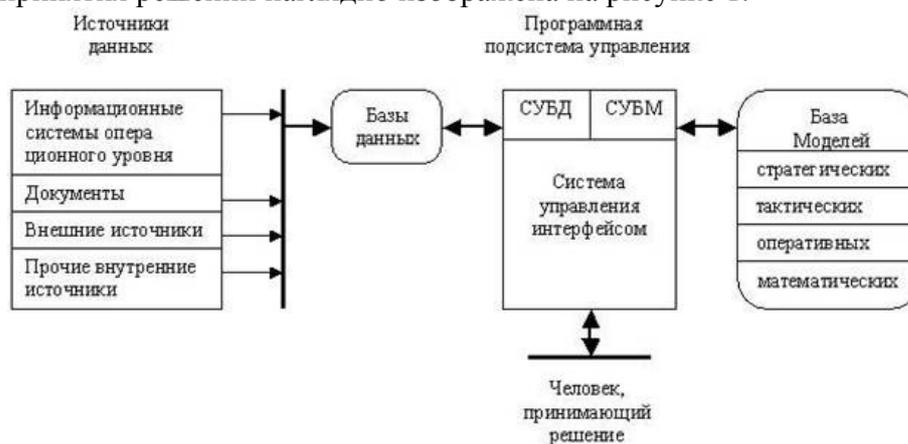


Рис. 1. Основные компоненты СППР

Первые реализации СППР появились в сфере бизнеса. В дальнейшем стали применяться и в других сферах деятельности, где необходимо проанализировать альтернативы, сравнить их, сделать выбор.

Независимо от областей применения СППР они выполняют следующие типовые функции: сбора данных; их обработки, в том числе, направленное на получение сводных

показателей; представление данных, результатов обработки и их интерпретации для непосредственного использования лицами, принимающими решения при принятии решения.

Среди перечисленных функций наиболее сложной для автоматизации с точки зрения построения формальных процедур преобразования данных в информацию, позволяющую ее использование для принятия решения, является построение сводных показателей, характеризующих состояние, эффективности или качества функционирования объекта управления и их интерпретация.

Несомненно, принятие решений должно основываться на реальных данных об объекте управления. Такая информация обычно хранится в оперативных базах данных. Но эти оперативные данные не подходят для целей анализа, так как для анализа и принятия решений в основном нужна агрегированная информация.

Решением данной проблемы является создание отдельного хранилища данных, содержащего агрегированную информацию в удобном виде. Целью построения хранилища данных является интеграция, актуализация и согласование оперативных данных из разнородных источников для формирования единого непротиворечивого взгляда на объект управления в целом.

Практически все существующие на данный момент средства для создания СППР прекрасно справляются с задачами создания СППР на основе хранилищ данных. Однако данные средства не позволяют создавать единые системы поддержки принятия решений для предприятий, чьи подразделения значительно удалены друг от друга. Использование традиционных технологий хранилищ данных не представляется возможным. Сейчас для этих целей используются витрины данных, но они имеют существенные недостатки. Витрины данных, как правило, не связаны друг с другом и одни и те же данные хранятся многократно в различных витринах [3].

Так же существует ряд проблем организации взаимодействия лица, принимающего решения (ЛПР) и СППР в рамках традиционных методов принятия решений. Прежде всего, это корректность получения информации от человека. То есть необходим контроль возможных ошибок, которые может допустить ЛПР в ходе диалога и предъявление ЛПР противоречивых элементов информации для уточнения ответов и своих предпочтений.

В составе СППР имеется большой набор методов и моделей, в том числе математическое программирование, методы теории игр и многие другие подходы. Но в то же время, накопились свидетельства о малом использовании моделей, построенных специально для задач принятия решений. Очевидно, невозможно получить в полном объеме всю объективную информацию, необходимую для успешного применения. Поэтому в такие модели вносятся субъективные допущения и догадки их создателей. В этом кроется причина отказа лица, принимающего решение (ЛПР) от использования таких моделей в реальных ситуациях принятия решений [2].

Следующая проблема СППР заключается в сложности ее сопровождения: систему должны поддерживать специалисты, которые в зависимости от назначения структурных элементов, условно разбиты на группы в соответствии с их обязанностями: системы аналитики, эксперты, исследователи и ЛПР.

В заключение можно отметить, что, несмотря на большое количество работ, посвященных как общим, так и частным проблемам информационного обеспечения СППР, практически нет работ, в которых освещаются вопросы и проблемы формализации задач преобразования данных, описывающих сложные системы или процессы их функционирования, в сводные показатели их целевого назначения.

Важность решения этих проблем заключается в том, что они и составляют основной механизм работы с этими системами. Решение проблем СППР позволит существенно облегчить работу и повысить качество принимаемых решений.

Таким образом, проблемы, возникающие при разработке, сопровождении, внедрении, эксплуатации СППР, можно представить в таблице 1.

Таблица 1

Проблемы СППР и возможные пути их решения

Типы проблем	Суть проблемы	Пути решения проблемы
1. При разработке	Обычно информация об объекте управления хранится в оперативных базах данных. Но эти оперативные данные не подходят для целей анализа, так как для анализа и принятия решений в основном нужна агрегированная информация.	Создание отдельного хранилища данных, содержащего агрегированную информацию в удобном виде.
2. Организационные	Сложность принятия решений для предприятий, чьи подразделения значительно удалены друг от друга.	Создание витрин данных. Витрины данных обычно содержат тематические подмножества заранее агрегированных данных, то их проще проектировать и настраивать.
3. Внутренние факторы ЛПР	Некорректная информация от ЛПР.	- Корректное и тщательное целеполагание и выделение критериев принятия решения; - Адекватное распределение функций, обязанностей и ответственности, при участии нескольких лиц в принятии решения.
4. При сопровождении	Не соответствие обязанностей поддерживающего персонала.	Систему должны поддерживать специалисты, назначенные в зависимости от структурных элементов.

Литература

1. Ларичев О.И. Системы поддержки принятия решений: современное состояние и перспективы развития // Итоги науки и техники - М.: ВИНТИ, 2015. – 164 с.
2. Чурноручский И. Г. Методы принятия решений.- М.: БХВ - Москва, 2012. - 416 с.
3. Центр изучения и развития информационных технологий // Режим доступа: <http://www.ciritas.ru> (дата обращения: 20.03.17)

УДК 631.1

Роль государства в совершенствовании инвестиционной деятельности сельскохозяйственных предприятий

Морнова Ю.В.

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: инвестиционная деятельность, сельскохозяйственные предприятия, государственное регулирование.

В статье рассматривается актуальная на сегодняшний день проблема совершенствования механизмов государственного регулирования инвестиционной деятельности сельскохозяйственных предприятий. Исследуется роль государства в функционировании сельскохозяйственной отрасли на региональном уровне. На основе всестороннего анализа

современного социально-экономического положения аграрного сектора России, опыта функционирования сельскохозяйственной отрасли зарубежных стран обозначен ряд проблем, предложен комплекс мероприятий, ориентированных на повышение эффективности развития данной отрасли.

Исторически Россия всегда являлась страной, где аграрный сектор играл важную роль в её развитии, и даже сейчас, когда доля сельского населения сократилась по сравнению с 1912 годом с 85 до 26% от всего населения страны, сельскохозяйственная отрасль признается аналитиками системообразующей для государства [1]. По мнению А. В. Петрикова и М. Л. Галаса, в прошлом столетии произошли значительные изменения в сфере реформирования сельскохозяйственной отрасли, которые будут определять будущее развитие страны, как утрата крестьянством социального лидерства [2].

Ретроспективный анализ развития сельскохозяйственной отрасли в России, а также опыта социально-экономической политики стран с передовым развитием сельскохозяйственной отрасли доказывает, что функционирование сельского хозяйства в России значительно отстает от зарубежных стран. Для достижения устойчивого экономического роста данной отрасли, необходимо стимулирование инвестиционной политики, посредством совершенствования механизмов государственного регулирования деятельности аграрного сектора страны. Причем, инвестиции, в данном случае, необходимо рассматривать в качестве главного рычага модернизации отрасли, стабильного экономического роста, снижения издержек сельскохозяйственного производства, формирования инвестиционной привлекательности сельскохозяйственных территорий и, как следствие, - обеспечения продовольственной безопасности страны, повышения уровня жизни населения.

Исследуя методологические аспекты совершенствования инвестиционного обеспечения сельскохозяйственной отрасли, особую значимость имеет понятие *инвестиционная деятельность*, которая трактуется как целенаправленный процесс организационно-экономического, финансового, нормативно-правового воздействия хозяйствующих субъектов, направленный на преобразование из одной формы в другую, способствующий получению дополнительной прибыли, достижению экономического, социального, производственного долгосрочного эффекта, а также созданию условий для расширенного воспроизводства [3].

Следует отметить, инвестиционная деятельность применительно к сельскохозяйственной отрасли обладает рядом специфических признаков, к наиболее важным можно отнести:

- прямая зависимость от производственной деятельности, создающая условия оптимизации инвестиционных процессов;
- меньшая степень зависимости от отраслевых особенностей в сравнении с производственной деятельностью;
- неравномерность объемов получаемого дохода по отдельным периодам;
- наличие «лага запаздывания» при формировании прибыли предприятия, отражающего опережение (отставание) во времени одного экономического явления над другим;
- формирует самостоятельный вид различно направленных в отдельные периоды денежных потоков предприятия;
- вероятность инвестиционных рисков;
- существенное значение имеет показатель чистых инвестиций, увеличение которого вызывает рост производства продукции, которое влечет за собой увеличение производства и потребление продукции, рост занятости населения в данной отрасли, увеличение уровня жизни общества, и, в свою очередь, рост экономики страны.

Исходя из вышеперечисленных особенностей осуществления инвестиционной деятельности в аграрном секторе представляется возможным сформулировать следующее

определение *инвестиционной деятельности в сельскохозяйственной отрасли*, заключающемся в осуществляемом на рыночных условиях и не связанном с текущим потреблением, преобразование ресурсов сельскохозяйственных предприятий из одной формы в другую в целях получения прибыли, а также для достижения иного экономического или внеэкономического потенциально долгосрочного эффекта.

Исследование проблем государственного регулирования инвестиционных процессов находится в центре внимания экономической науки, оказывая влияние на различные стороны хозяйственной деятельности, определяя процесс экономического роста страны в целом.

Обращаясь к трудам Е. Певзнера государственное регулирование инвестиционных процессов в условиях экономики рыночного типа представляет собой определение целей и методов их реализации, на основе которых осуществляется политика стабилизации и развития с помощью различных рычагов – программ, механизмов стабилизации и контроля.

П. Ф. Парамонов в своем определении отождествляет роль государственного регулирования и функционирования аграрного сектора, называя им системное воздействие государства на АПК, обусловленное «объективной необходимостью поддержания экономического равновесия, пропорций и доходов в целях достижения наивысшей экономической и социальной эффективности функционирования АПК, продовольственной безопасности страны» [4].

Л.Ф. Губернаторова в своих трудах определяет государственное регулирование инвестиционной деятельности аграрного сектора как воздействие государства в лице соответствующих органов законодательной и исполнительной власти, органов местного самоуправления, а также субъектов, осуществляющих инвестиционную деятельность в сельском хозяйстве [5]. Важно отметить, что государство, в данном случае, выполняет как регулируемую роль, так и выступает в роли инвестора на федеральном и региональном уровнях.

В настоящее время федеральное регулирование инвестиционной деятельности сельскохозяйственной отрасли осуществляется согласно ФЗ «О развитии сельского хозяйства» от 29.12.2006 г. в рамках «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции сырья и продовольствия на 2013–2020 гг.», в которой обозначены приоритетные цели и задачи развития сельскохозяйственной отрасли страны, объемы финансовой поддержки агропромышленного комплекса (АПК) на ближайшую перспективу развития [6].

Реализуя инвестиционную политику в области поддержки аграрного сектора, государство преследует решение ряда задач. Обеспечивая интересы хозяйствующих субъектов, приоритетными направлениями являются: разработка стратегии развития сельскохозяйственных предприятий; организация мероприятий в рамках инвестиционной деятельности, контроль, оценка эффективности ее осуществления; обоснование источников и суммы инвестиционных затрат, финансовых результатов а также периода окупаемости инвестиционных вложений. Ориентируясь на достижение национальных интересов, государство преследует решение следующих задач: обеспечение устойчивого экономического роста, повышения уровня жизни населения страны; осуществление преобразования, развития экономической системы страны; обеспечение защиты национальных интересов во внешнеэкономических отношениях.

Структурными элементами механизмов государственного регулирования инвестиционной деятельности сельскохозяйственной отрасли на уровне регионов является: законодательно-правовое, организационное обеспечение инвестиционной деятельности; обеспечение инвестиционной активности данной отрасли в регионах, формирование благоприятного инвестиционного климата; ресурсное обеспечение инвестиционных процессов.

В рамках данного исследования нами предложена классификация составляющих механизма государственной поддержки инвестиционной деятельности сельскохозяйственных предприятий, комплексно представляющая основные направления государственной поддержки сельскохозяйственной отрасли, ее формы и методы (рисунок).

Учитывая многофункциональность инвестиционной деятельности в области сельскохозяйственного производства, данная классификация отражает, на наш взгляд, основные управленческие решения в сфере эффективного функционирования сельскохозяйственной отрасли, позволяя обеспечить социальную функцию посредством обеспечения освоения сельскохозяйственных территорий; производственную – достижение продовольственной безопасности населения, эффективность инвестиционного обеспечения – рост уровня доходности сельскохозяйственных предприятий; инновационную – возможность технико-технологической модернизации отрасли; государственное воздействие в области товарной, сбытовой, ценовой, коммуникативной политики как элементов агромаркетинговой стратегии развития сельскохозяйственной отрасли.

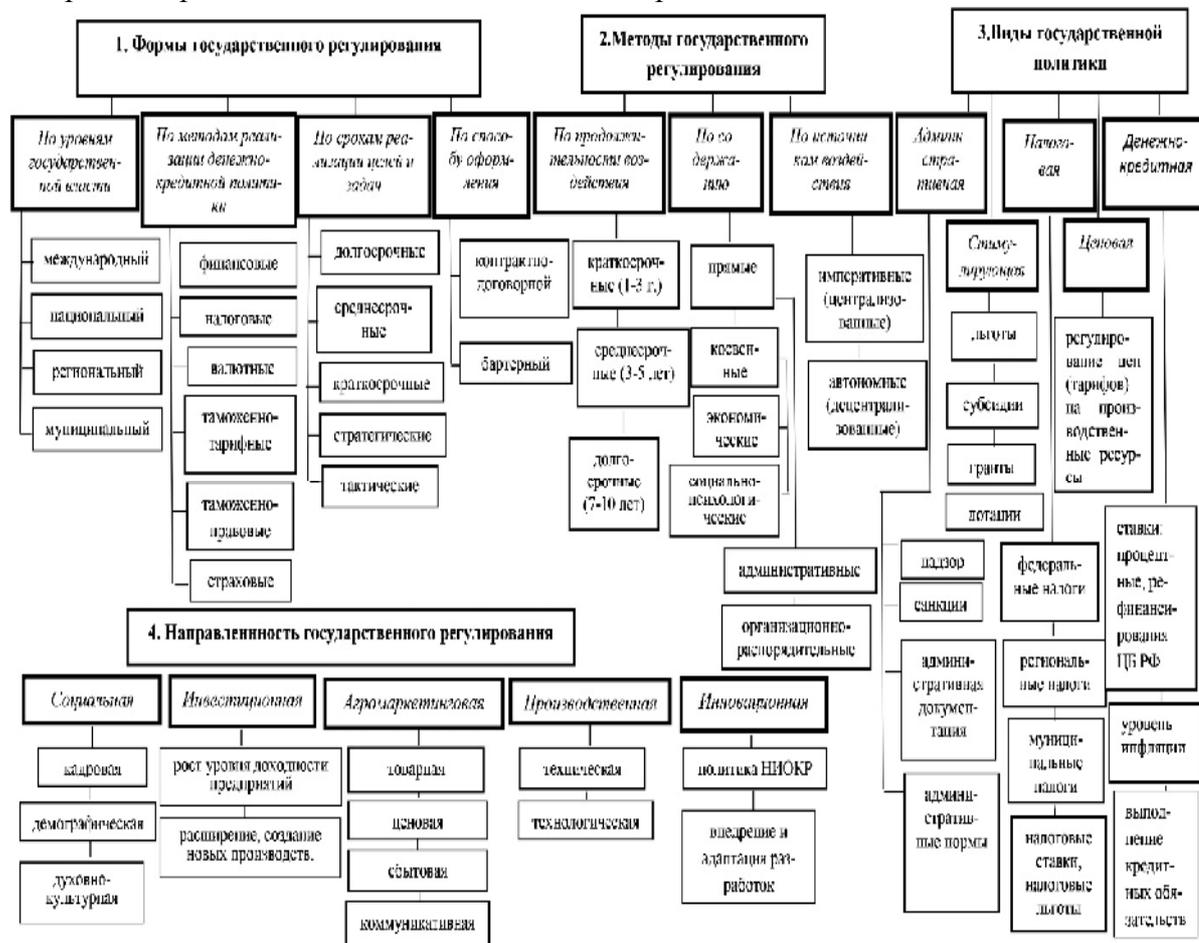


Рис.1. Классификация составляющих механизма государственного регулирования деятельности сельскохозяйственных предприятий

Анализируя современное социально-экономическое состояние данной отрасли на региональном уровне, можно обозначить следующие сложившиеся негативные тенденции:

1. Наличие диспаритета цен на продукцию сельского хозяйства и высокомонополизированных отраслей, производящих ресурсы для сельскохозяйственного производства.

2. Колебания в области ценовой политики, неэластичность спроса сельскохозяйственной продукции, вследствие чего происходит сокращение основных факторов производства (посевных площадей, кормовой базы, применения удобрений и т.д.), а также к ут-

рате инноваций технико-технологических составляющих сельскохозяйственного производства, которое потребует весомых социально-экономических затрат со стороны государства.

3. Низкая развитость сельских территорий.

4. Негативные явления, связанные с загрязнением окружающей среды, водных ресурсов, избыточными количествами удобрений, химических средств защиты растений.

5. Несовершенство информации. Государство должно предоставлять информацию, включающую результаты фундаментальных и прикладных научных исследований, что может способствовать минимальному воздействию рыночных сил.

6. Неполнота рынка. Рынок неспособен обеспечить создание полной сельскохозяйственной системы страхования урожая и доходов сельхозтоваропроизводителей, а также пробелы в области предоставления сельскохозяйственных кредитов, осуществляемые посредством государственной поддержки.

7. Существование серьезных макроэкономических нарушений (высокий уровень безработицы среди сельского населения, рост уровня инфляции и т.д.) [7].

Принимая во внимание тенденции развития сельского хозяйства в регионах страны, а также опыт развитие данной отрасли зарубежных стран, можно сделать вывод, что вопрос развития сельскохозяйственной отрасли в регионах остается дискуссионным. В условиях рыночной экономики, огромное значение имеет совершенствование механизмов государственной поддержки сельскохозяйственных предприятий, формирования инновационных инструментов управления сельскохозяйственным производством. Причем основными инструментами государственной поддержки, по-нашему мнению, является обеспечение благоприятного инвестиционного климата сельскохозяйственной отрасли, формирование механизмов инвестиционной привлекательности аграрного сектора территории регионов.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод об определяющей роли государственного регулирования инвестиционной деятельности сельскохозяйственных предприятий, которое, в свою очередь, выполняет функцию организации привлечения и освоения инвестиционных ресурсов, тем самым обеспечивая эффективность функционирования данной отрасли.

Литература

1. Петриков А.В. Сельское хозяйство России в XX веке / А.В. Петриков, М.Л. Галас. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.russtat.ru/stat/7902001-2.pdf>.

2. Россия в цифрах. 2012: Крат. стат. сб. / Росстат – М., 2012. – 573 с.

3. Патрусова А.М. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Современные тенденции развития теории и практики управления в России и за рубежом сборник материалов III (VIII) международной научно-практической конференции. под ред. Л.И. Ушвицкого. 2014. С. 86-90.

4. Парамонов П.Ф. Организационно-экономические проблемы адаптации/ П.Ф. Парамонов. – Краснодар: КГАУ, 2002. – 549 с. – с. 482.

5. Губернаторова, Л.В. Регулирование инвестиционной деятельности в сельском хозяйстве // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2009. – № 10. – С. 52-56.

6. Морнова Ю.В. Функционирование сельскохозяйственных предприятий Иркутской области в условиях совершенствования антикризисной политики государства. Проблемы социально-экономического развития Сибири. 2016. № 3 (25). С. 38-44.

7. Киселев, С.В. Государственное регулирование сельского хозяйства в условиях переходной экономики. – М.: Ин-т экономики РАД, 1994. – 350 с.

УДК 657.1.011.56

Управленческий учет: сравнительная характеристика программных продуктов

М.А. Серышев

Братский Государственный Университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: управленческий учет, ERP-системы, сравнительный анализ.

В данной статье проводится сравнительный анализ ERP-систем по различным критериям с целью выбора наилучшего решения. Проанализирована ситуация на российском рынке программных продуктов, в частности, ERP-систем.

В современных рыночных условиях эффективность работы каждой организации во многом зависит от своевременного принятия управленческих решений в отношении объемов выпуска, ассортимента и качества продукции, ценовой политики предприятия, обеспечивающего конкурентоспособность на рынке [1].

Поэтому для своевременного и эффективного принятия управленческих решений предприятию необходима информационная система, позволяющая автоматизировать основные функции управления.

Одним из вариантов функционального обеспечения автоматизированных систем управления является управленческий учет, обеспечивающий сбор, регистрацию, обобщение и предоставление информации о хозяйственной деятельности организации и ее структурных подразделений для осуществления учета, планирования, контроля и управления этой деятельностью [2] с целью мобилизации внутрихозяйственных резервов и повышения эффективности финансово-хозяйственной деятельности.

В настоящее время на рынке программных продуктов существует масса предложений, в рамках которых возможно вести управленческий учет. Для выбора наилучшего программного продукта необходимо провести их сравнительную характеристику.

В таблице 1 представлены результаты проведенной нами сравнительной характеристики продуктов, осуществляющих управленческий учет.

На сегодняшний день наиболее широкими возможностями применительно к задачам контроллинга из зарубежных систем обладает система R/3 фирмы SAP AG, из отечественных – «Галактика ERP 9.1» компании «Галактика» и «1С: ERP Управление предприятием 2.0» фирмы «1С».

Таблица 1

Сравнительная характеристика корпоративных информационных систем,
реализующих управленческий учет

Критерий сравнения	SAP R/3	Oracle Application	«Галактика ERP 9.1»	1С: ERP Управление предприятием 2.0
Круг решаемых задач	Возможность комплексной автоматизации предприятия			
Стратегический управленческий учет	Возможность моделирования сценариев развития	Возможность реализации ряда отдельных задач	Возможность реализации ряда отдельных задач	Возможность реализации ряда отдельных задач
Оперативный управленческий	Настройка на конкретную	Необходима дополнительная	Настройка на конкретную ре-	Настройка на конкретную реализа-

учет	сферу применения	разработка приложений	лизацию	цию
Операционные системы	Широкий выбор операционных систем	Широкий выбор операционных систем	Широкий выбор операционных систем	Широкий выбор операционных систем
Реализация	В России и за границей	В России и за границей	В России	В России
Репутация на рынке	Очень высокая на мировом рынке	Очень высокая на мировом рынке	Высокая на российском рынке	Высокая на российском рынке
Аналитические возможности	Полноценный, расширенный набор встроенных аналитических приложений	Полноценный, расширенный набор встроенных аналитических приложений	Широкий набор аналитических приложений	Полноценный, расширенный набор встроенных аналитических приложений
Открытость	+	+	+	+
Масштабируемость	+	+	+	+
Стандартизация	+	+	+	+
Защищенность	+	+	+	+
Наличие информационного хранилища	+	+	Возможно	Возможно
Информационные возможности	Полномасштабные, в т.ч. адаптации для конечного пользователя	Настройка и адаптация Архивация Средства презентации	Достаточно полные	Достаточно полные
Требования к техническим средствам	Большой спектр средств в технологии «клиент-сервер»	Большой спектр средств в технологии «клиент-сервер»	Большой спектр средств в технологии «клиент-сервер»	Большой спектр средств в технологии «клиент-сервер»
Интеллектуальность	Очень высокий уровень интеллектуальности	Очень высокий уровень интеллектуальности	Высокий уровень интеллектуальности	Высокий уровень интеллектуальности
Политика обучения	Посредством учебных центров	Посредством учебных центров за рубежом	Посредством учебных центров	Посредством учебных центров

Исходя из данных таблицы 1 стоит отметить, что представленные ERP-решения имеют схожие характеристики и возможности. Но наиболее приемлемым программным продуктом является «1С: ERP Управление предприятием 2.0». Это обусловлено относительно низкой стоимостью и сроками внедрения по сравнению с другими программными продуктами, возможностью обучения, ведения стратегического, оперативного управленческого учета, высокой долей компании на рынке информационных продуктов и услуг.

Согласно статистическим данным [3] на сентябрь 2016 года большинство проектов реализуются при помощи системы «1С: Предприятие» - более 2,6 тыс. внедрений. Также в число наиболее популярных решений класса ERP входят: «Галактика ERP», SAP ERP, Microsoft Dynamics AX и Microsoft Dynamics NAV.

На рисунке 1 представлены самые популярные ERP-системы на российском рынке программных продуктов.

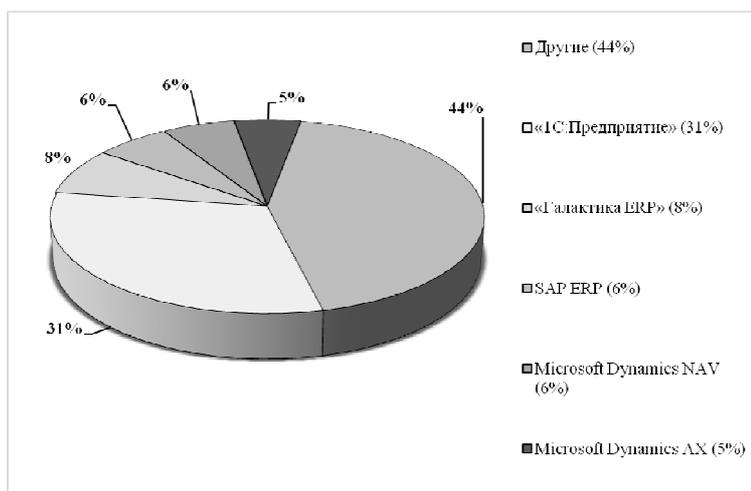


Рис. 1. Сегментация рынка ERP-систем

Также согласно источнику [3], если суммировать внедрения всех ERP-решений по каждому вендору, то в лидерах также окажется компания 1С – свыше 3 тыс. внедрений систем планирования ресурсов предприятия этого разработчика. На втором месте расположилась компания Microsoft – 983 проекта, на третьем – «Корпорация «Галактика» - чуть менее 800 проектов. Топ-10 вендоров ERP представлен на рисунке 2.

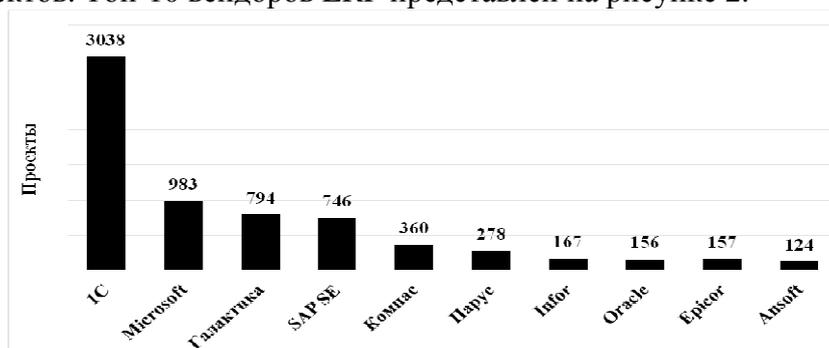


Рис. 2. Вендоры-лидеры по количеству ERP-проектов

Литература

1. Райимбердиева О. Р. Роль и место управленческого учета в управлении предприятием и его совершенствование // Молодой ученый. - 2015. - №10. - С. 775-777..
2. Карминский А.М. Информатизация бизнеса: концепции, технологии, системы / А.М. Карминский, Б.В. Черников, С.А. Карминский; под. ред. А.М. Карминского. - 3-е изд. - Финансы и статистика, 2014. - 623 с.
3. TAdviser – портал выбора технологий и поставщиков [Электронный ресурс]: Самые популярные ERP-системы и вендоры-лидеры. Режим доступа: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Самые_популярные_ERP-системы_и_вендоры-лидеры. – Загл. с экрана. (Дата обращения: 06.03.2017)

УДК 332.72

Управление муниципальной недвижимостью: сравнительная характеристика информационных систем

С.Е. Сивкова

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: информационные системы, реестр, муниципальное управление.

В статье обоснована необходимость в современной информационной поддержке управления муниципальной недвижимостью. Приведена сравнительная характеристика основных систем и баз данных этой предметной области. Проанализированы информационные системы управления муниципальной недвижимостью, выявлена наиболее значимая и многофункциональная информационная система.

В настоящее время работа муниципальных органов власти должна быть обеспечена актуальной и современной информационной поддержкой.

Поэтому возрастает роль систем, направленных на безбумажную технологию обработки информации. В эти системы входят программы электронного документооборота, базы данных, формируемые в органах управления, юридически отвечающих за достоверность и полноту соответствующей информации [1].

Почти каждый муниципалитет сталкивается с потребностью создавать и внедрять информационные системы с целью повышения эффективности муниципального управления, в соответствии с Федеральными законами [2].

На основании распоряжения администрации города создаются муниципальные информационные системы.

Проанализировав и сравнив информационные системы управления муниципальной недвижимостью, были получены данные, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика информационных систем управления муниципальной недвижимостью

Название информационной системы и баз данных	Назначение	СУБД	Владелец
1	2	3	4
«Имущество»	Реестровая система учета муниципального имущества	MS SQL	КУМИ
«Приватизация»	Учет данных по приватизации жилья	MS ACCESS	КУМИ
Реестр муниципальной недвижимости	Реестровая система учета муниципальной недвижимости	MS ACCESS	КУМИ
АЦК-Муниципальный заказ	Система организации процесса муниципальных закупок	MS ACCESS	ДИРИТ
Лицензирование	Система по учету лицензиатов	MS ACCESS	Администрация

В России интегрированной системой, решающей весь комплекс задач по сопровождению жизненного цикла объектов недвижимости и описанию является система «Имущество».

Эта система обеспечивает автоматизацию процессов ввода, контроля, обработки, хранения и выдачи реестровой информации по имущественным объектам, правам и субъектам прав, оформление договоров аренды/субаренды объектов недвижимости, контроль платежей и др. В 2011 году Минэкономразвития РФ утверждает своим приказом порядок ведения органами местного самоуправления реестров муниципального имущества.

Система «Имущество» ориентирована на работу комитетов по управлению муниципальным имуществом, учетных, землеустроительных организаций, имущественных управлений крупных предприятий и государственных имущественных организаций уровня субъекта федерации.

Системой по учету данных по приватизации жилья является информационная система «Приватизация». Процедура перевода муниципального и государственного жилья в частную собственность проводится в соответствии с Законом № 1541-1 «О приватизации жилого фонда в РФ».

Порядок учета муниципального имущества и ведение Реестра муниципального имущества устанавливается в соответствии с законодательством Российской Федерации [3].

Под Реестром понимается муниципальная информационная система, представляющая собой организационно упорядоченную совокупность документов и информационных технологий, реализующих процессы учета муниципального имущества и предоставления сведений о нем.

Учет муниципального имущества включает в себя описание объекта учета с указанием его индивидуальных особенностей, позволяющее конкретно отличить данный объект от других.

Существует комплексная информационная система организации процесса государственных (муниципальных) закупок и электронной торговли «АЦК-Госзаказ/ АЦК-Муниципальный заказ» [4]. Эта система позволяет автоматизировать государственные (муниципальные) закупки в соответствии с принципами, заложенными в Контрактную систему Российской Федерации в сфере закупок, просматривать и анализировать информацию, а также принимать управленческие решения в режиме настоящего времени.

Преимуществами данной системы являются:

- Ведение базы данных о текущих закупках и закупках прошлых лет позволяет получать любую отчетность о ходе процесса осуществления государственных (муниципальных) закупок на любой момент, рассчитывать эффективность закупок и экономию. Система позволяет формировать необходимую статистическую отчетность.
- Органы власти в зависимости от утвержденного регламента на любой стадии обработки документа могут быть включены в процесс согласования, непосредственного формирования и обработки документов.
- Единый электронный документооборот участников процесса закупок с использованием электронной подписи даёт возможность автоматизировать процесс согласования первичных и сводных документов.
- Взаимодействие участников процесса осуществления государственных (муниципальных) закупок обеспечивается установкой автоматизированных рабочих мест или предоставлением web-доступа пользователя к системе независимо от его местоположения и удаленности.

Развитие информационной инфраструктуры в любых учреждениях приводит к закупкам большого количества лицензий на программное обеспечение. Когда уследить за отдельными и неструктурированными программными активами оказывается практически невозможно, приходят к необходимости введения системы управления лицензиями.

ИС «Лицензирование»[5] предназначена для ведения сводного реестра выданных, приостановленных, возобновленных и аннулированных лицензий; ведения сводного банка данных о лицензиатах; ведения базы данных о результатах проверок; соблюдения лицензиатами лицензионных требований и условий; печати необходимых для оформления лицензии документов и подготовка различного вида отчетов по вышеуказанным реестрам.

Итак, основной информационной системой управления муниципальной недвижимостью можно считать систему «Имущество», т.к она эффективна, многофункциональна и у нее очень широкие возможности.

Литература

1. Саак А.Э. Информационные технологии: учебник для бакалавров и специалистов вузов по специальности "Государственное и муниципальное управление" / А. Э. Саак, Е. В. Пахомов, В. Н. Тюшняков. - 2-е изд. - Москва [и др.]: Питер, 2013. - 318 с.
2. Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», от 09.02.2009 № 8-ФЗ «Об обеспечении доступа к информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления», от 27.07.2010 № 210-ФЗ «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг».
3. Информационная система учета муниципального имущества и земель [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://nit.miem.edu.ru/sbornik/2009/sec8/006.html> – Загл. с экрана.
4. АЦК-Госзаказ/АЦК-Муниципальный заказ [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.bftcom.com/products/government/management-of-state-and-municipal-procurement> – Загл. с экрана.
5. Государственная система лицензирования [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://utmagazine.ru/posts/9227-gosudarstvennaya-sistema-licenzirovaniya> – Загл. с экрана.

УДК 519.688

Совершенствование информационного обеспечения учета отходов

Н.Я. Боярчук, В.В.Смирнова

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: информационные системы в учете обращения с отходами; информационной базы данных по обращению с отходами; совершенствованием информационного обеспечения.

Дана характеристика информационного обеспечения в области учета отходов. Рассмотрены пути усовершенствования информационного обеспечения в данной области.

На сегодняшний день актуальность информационных систем в учете в области обращения с отходами крайне низка, что вызвано особенностями сбора и анализа экологической информации, отсутствием цельной концепции применения информационных технологий.

К особенностям относится сложность системы управления и нечеткость механизмов управления, большое количество источников первичной отчетной информации и как следствие неточность и неполнота фактурной и процедурной информации, наличие сложных, слабо структурируемых документов.

В настоящее время необходимо качественно новое решение вопросов, связанных с совершенствованием информационного обеспечения учетов отходов. Это возможно при эффективном функционировании структуры управления с использованием современных информационных технологий и обусловлено необходимостью оперативного принятия управленческих решений при большом объеме информации и разветвленной системе управления.

На основе представляемой первичной информации должна формироваться потенциальная база данных по отходам (кадастр отходов), часть которых могла бы стать составной частью федеральной базы данных по обращению с отходами (государственного кадастра отходов).

В состав информационной базы данных по обращению с отходами должны входить сведения, позволяющие судить о:

- количественном и качественном составе отходов, образующихся у хозяйствующих субъектов, расположенных на территории области;
- движение этих отходов (поступивших от других предприятий или переданных другим предприятиям, в том числе на захоронение);
- свободных резервах на объектах размещения отходов;
- причинах накопления или захоронения отходов на объектах размещения;
- заключение договоров на вывоз отходов и др. [1].

Аналитические исследования, проводимые по данным, занесенным в базу, могут быть использованы для принятия управленческих решений на каждом из уровней системы управления отходами.

В первую очередь это касается вопросов организации (направления) потоков отходов на действующие объекты по использованию, обезвреживанию, размещению отходов, привлечению инвестиций в строительство новых соответствующих экологическим нормам объектов по переработке и размещению отходов. Так, анализ собранной информации позволит выявлять несоответствие объемов приема (передачи) отходов между предприятиями, перевозчиками и объектами по обезвреживанию отходов и таким образом предотвращать образование несанкционированных свалок в процессе неконтролируемого движения отходов.

На основании информации о составе и объемах образования отходов и их размещения может быть организована передача целого ряда отходов предприятий на переработку и обезвреживание.

Данные, собранные в информационной базе отходов, будут использоваться в целях планирования строительства новых объектов по переработке, обезвреживанию и размещению отходов с учетом использования современных разработок и технологий, обеспечивающих как максимальный экономический эффект от использования отходов, так и требования экологической безопасности.

С этой целью должны также использоваться банки природоохранных технологий и оборудования - федеральный и региональные, особенно близко расположенных регионов. Необходимой частью системы государственного управления в области обращения с отходами производства и потребления в Российской Федерации является:

- Государственный кадастр отходов (ГКО). Государственный кадастр отходов представляет собой интегрированный информационный ресурс, в котором систематизированы сведения об отходах, их свойствах, потенциальной опасности и ресурсной ценности, а также сведения осуществляющих объектах размещения отходов и технологиях использования и обезвреживания отходов.

- Федеральный классификационный каталог отходов представляет собой перечень образующихся в Российской Федерации отходов, систематизированных по совокупности приоритетных признаков: происхождению, агрегатному и физическому состоянию, опасным свойствам, степени вредного воздействия на окружающую среду.

- Государственный реестр объектов размещения отходов содержит систематизированные и обобщенные данные о специально оборудованных сооружениях, предназначенных для размещения отходов. [2]

- Банк данных технологий использования и обезвреживания отходов (представлен на рисунке 1) [3].



Рис 1. Банк данных технологий использования и обезвреживания отходов

Данные автоматизации процессов сбора, систематизации и аналитической обработки, данных первичного учета обращения с отходами используются в отчетной документации по охране окружающей, при оценке техногенного воздействия хозяйствующих субъектов на окружающую среду, при осуществлении платы за негативное воздействие на окружающую среду, для нормирования отходов, в целях планирования строительства новых объектов по переработке, обезвреживанию и размещению отходов с учетом использования современных разработок и технологий, обеспечивающих как максимальный экономический эффект от использования отходов, так и требования экологической безопасности, а также могут быть использованы для создания и разработки новых нормативно-правовых документов по совершенствованию системы государственного управления в области охраны окружающей среды.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2015 г. N 1520 "О единой государственной информационной системе учета отходов от использования товаров" [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://base.garant.ru/> - Загл. с экрана.
2. Федеральный закон "Об отходах производства и потребления" от 24.06.1998 N 89-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.consultant.ru/> - Загл. с экрана.
3. Бельдеева, Л. Н. Экологически безопасное обращение с отходами/ Л. Н. Бельдеева, Ю. С. Лазуткина, Л. Ф. Комарова; под общ. ред. Л. Ф. Комаровой; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2013. – 147 с.

УДК 001.895

Инновационная политика: цели, задачи, принципы

Д.С. Шамсутдинова

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: инновационная политика, инновационный менеджмент, нововведение.

Приведен краткий обзор сущности инновационной политики организации, её целей, задач, принципов и этапов разработки.

Инновационный менеджмент сравнительно новое понятие для научной общественности и предпринимательских кругов России. Именно в настоящее время Россия переживает «бум» новаторства. На смену одним формам и методам управления экономикой приходят другие. В этих условиях инновационной деятельностью буквально вынуждены заниматься все организации, все субъекты хозяйствования от государственного уровня управления до обществ с ограниченной ответственностью в сфере малого бизнеса.

Важным элементом, обеспечивающим системный подход к разработке и внедрению нововведений, механизмом реализации инновационной стратегии выступает инновационная политика предприятия, которая представляет собой определение руководством организации целей инновационной стратегии и механизмов поддержки приоритетных инновационных программ и проектов.

Инновационную политику можно представить в рамках трех основных элементов, представленных на рисунке 1.



Рис. 1. Основные элементы инновационной политики

Основная цель инновационной политики - создание организационных условий, обеспечивающих саморазвитие компании и рост конкурентоспособности продукции или услуг, путем внедрения новых технологических процессов, корпоративной структуры, эффективного использования последних достижений науки и техники. Однако цели инновационной деятельности компании зависят от ее специфики, внешних условий и характеристик внутренней среды и могут значительно варьироваться.

Выделяют следующие задачи инновационной политики:

а) прогноз основных направлений научно-технического прогресса и их влияния на основные бизнес-процессы компании, производственную и организационную структуры компании;

б) обоснование приоритетов отдельных направлений инновационного развития, оценка потенциала достижений науки и техники в своей отрасли, в смежных отраслях и конкурирующих компаниях;

в) разработка сценариев возможных последствий инновационного развития (повышение эффективности бизнес-процессов, повышение степени удовлетворенности клиентов, улучшение финансового результата);

г) выбор и обоснование основных инновационных проектов и программ с учетом их влияния на развитие территорий, в которых действует компания;

д) выбор и обоснование процессной организационной структуры компании;

е) разработка первоочередных инновационных мероприятий, способствующих реализации инновационной политики.

К основным принципам инновационной политики предприятия следует отнести:

1) обеспечение увеличения добавленной ценности продуктов и услуг для потенциальных клиентов за счет освоения производства принципиально новых видов товаров и услуг, а также расширение сферы сбыта;

2) непрерывное развитие инновационного потенциала предприятия, путем постоянного обучения и самооценки;

3) комплексное осуществление инноваций, при котором технические, экономические, социальные, психологические инновации тесно взаимосвязаны между собой и взаимно продвигают друг друга;

4) мобилизация персонала;

5) экономическое стимулирование инновации;

6) учет рисков (величина экономического эффекта от реализации инновации пропорциональна степени риска: чем выше риск, тем выше потенциальные результаты инновации).

Формирование инновационной политики предполагает выбор из совокупности альтернативных направлений (путей) осуществления инновационной деятельности, которые могут быть реализованы организацией. На этапе выбора направлений происходит формирование инновационных целей. Для их реализации разрабатывается инновационная стратегия. Инновационная политика может быть направлена на цели развития организации или (при неблагоприятных возможностях роста) на сохранение ее активов в изменившейся ситуации. При разработке инновационной политики широко используют экономико-математические модели. Успешно реализуемая инновационная политика обеспечивает постоянную связь между всеми этапами осуществления инноваций и согласует действия служб предприятия, непосредственно участвующих в инновационном процессе (службы НИОКР, маркетинга, производственного отдела, финансовых служб).

Проблема выявления потребности в инновации значительно упрощается при использовании процессной ориентации организации, т. е. все разработки на предприятии координируются с соответствующими разработками, проводимыми на предприятиях-клиентах.

При разработке инновационной политики принято использовать два подхода:

– Цель внедрения — завоевание, или закрепление, небольшого сегмента рынка с минимальной прибылью с последующим увеличением доли на рынке и прибыли.

– Цель инноваций — получение значительной прибыли на определенном отрезке времени за счет нововведений в какой-либо области. В этом случае, внедрение инновации и её последующее распространение связывается с возможностью значительного снижения себестоимости и роста спроса на продукцию.

При разработке инновационной политики затрагиваются следующие области деятельности:

а) исследования и разработки (фундаментальные, поисковые, ОКР, опытное производство, прикладные исследования и распространение инноваций);

б) сертификация продукции и повышение ее качества; - техническое перевооружение (обновление производственной базы);

в) создание, поддержание и развитие научно-технологического потенциала предприятия;

г) разработка мероприятий, связанных с маркетинговой политикой, с целью освоения рынка инноваций.

Процесс разработки инновационной политики организации может быть представлен следующими этапами:

1 этап – систематизация поступающих идей:

а) сбор информации о технологических изменениях на рынке, об инновациях, поступающих из конструкторских и технологических подразделений, служб маркетинга, сбытовых подразделений, торговых посредников, конечных потребителей (пожелания, требования, рекламации);

б) сбор информации о потенциальных возможностях организации в отношении разработки и освоения продукции, определение степени и размеров риска;

- в) сбор информации о целевых рынках и долгосрочных тенденциях их развития.
- 2 этап – отбор выявленных идей и разработка новых идей (инновации):
- а) определение возможностей практической реализации идей;
 - б) выяснение степени технологической общности новых и традиционных изделий;
 - в) определение соответствия инновации стратегии развития.
- 3 этап – анализ экономической эффективности инноваций:
- а) четкое знание момента начала разработки инновации, когда идея приобретает вид конкретного проекта;
 - б) определение технико-экономических характеристик инновации, оценка ее качества;
 - в) определение расходов (инвестиций) на разработку и внедрение инновации, а также сроков их окупаемости;
 - г) расчет необходимых ресурсов для разработки инновации: финансовых, кадровых, материально-технических;
 - д) определение сроков внедрения инновации;
 - е) анализ и оценка рентабельности инновации.
- 4 этап – разработка инновации:
- а) разработка конкретной инновационной программы с четким разделением обязанностей по подразделениям организации;
 - б) разработка и проведение необходимых испытаний (проверка на экологичность, безопасность и пр.).
- 5 этап – принятие решения о внедрении инновации в производство на основе программы маркетинга по инновации, отражающей:
- а) коммерческое обоснование инновации: рентабельность, степень удовлетворения спроса и потребностей, каналы и методы продажи, наличие опыта в продаже;
 - б) производственные возможности организации: использование имеющихся мощностей, обеспеченность ресурсами, квалифицированными кадрами;
 - в) финансовые возможности: общая сумма инвестиций в освоении и продаже инноваций, источники финансирования, предполагаемые результаты – прибыльность или убыточность на расчетный период;
 - г) соответствие нормативным показателям – стандартам, государственным нормам и т. д.;
 - д) обеспечение патентной защиты инновации.

С целью повышения конкурентоспособности и экспорта наукоемкой продукции, совершенствования системы управленческого учета, повышения эффективности работы информационных, патентных, метрологических служб предприятия, служб маркетинга, ремонта, финансово-экономических и производственно-технологических подразделений определяются мероприятия по развитию новых производств и подразделений. Уточняются системы управленческого учета (сбалансированной системы критериев) и материально-стимулирования реализации инновационной политики предприятия. Увязку целевых установок сверху и инновационных предложений снизу обеспечивает сбалансированная система критериев, которая охватывает также такие подсистемы управления предприятием, как маркетинг, процессный и сетевой менеджмент, финансы. Эта система позволяет увязать инновационную стратегию с системой оперативного управления бизнесом, а также устранить подавляющий приоритет стоимостных оценок, который не позволяет отразить ряд важных аспектов работы предприятия.

Литература

1. Шустов А. А. Инновационная политика предприятия и её влияние на конкурентоспособность продукции // Молодой ученый. — 2013. — №9. — С. 275-282.

2. Квеско Р.Б., Квеско С.Б. Инновационный менеджмент. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. - 160 с.
3. Богомолова И.С., Гриненко С.В., Едалова Е.С., Задорожная Е.К., Развадовская Ю.В., Седова Т.В., Федотова А.Ю., Ханина А.В., Шевченко И.К. Инновационный и проектный менеджмент. Учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2014. – 181 с.
4. Статья. Инновационная политика организации. Институт управления и оценки бизнеса. Учебные материалы для студентов и аспирантов. [Электронный ресурс]. (<http://investobserver.info/innovacionnaya-politika-organizacii/>). Дата обращения – 14.03.2017

Экология и природопользование

УДК 504.064.36

Концепция совершенствования системы мониторинга загрязнения окружающей среды на 2017-2025 годы

А.В. Кобзев, М.А. Варданян

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: окружающая среда, загрязнение, Росгидромет, наблюдательная сеть, Концепция совершенствования системы мониторинга

Состояние окружающей среды непрерывно изменяется. Для наблюдения и последующего анализа этих изменений Гидрометеорологической службой (в настоящее время – Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Росгидромет) в сотрудничестве с рядом министерств и ведомств, а также с Академией наук СССР (сейчас – Российская академия наук) была разработана система мониторинга окружающей среды, являющаяся критически важным компонентом ее охраны. Результаты наблюдений от территориальных подразделений и научно-исследовательских учреждений поступают в Росгидромет, а информация по отдельным природным средам анализируется и обобщается в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Институт глобального климата и экологии Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Российской академии наук (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»). Ежегодные отчеты публикуются в виде «Обзора состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации». Однако действующая система мониторинга устарела как в техническом, так и в организационном плане. Данная работа посвящена изучению механизмов совершенствования системы мониторинга загрязнения окружающей среды в Российской Федерации.

Распоряжением Правительства РФ от 03.09.2010 г. № 1458-р «Об утверждении Стратегии деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года (с учетом аспектов изменения климата), вместе с планом мероприятий первого этапа (2010-2012 годы)» были утверждены основные направления развития наблюдательной сети в Российской Федерации [1]. Это:

- проведение регулярных наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха и их оптимизация путем увеличения частоты наблюдений;
- организации наблюдений в 43 городах с населением свыше 100 тыс. жителей;
- расширения до международных требований перечня определяемых веществ;
- поэтапное внедрение автоматизированных систем непрерывного измерения содержания основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов.

Согласно этому документу, развитие государственной наблюдательной сети должно осуществляться в увязке с государственными программами социально-экономического развития федеральных округов и субъектов РФ с учетом информации, получаемой территориальными системами наблюдений субъектов Российской Федерации и локальными системами наблюдений.

Однако, несмотря на продолжающуюся разработку и усовершенствование методик химического анализа и методик метрологического обеспечения измерений, а также и средств измерений, факторами, сдерживающими развитие государственной наблюдательной сети, являются:

- высокий износ приборов и лабораторного оборудования государственной наблюдательной сети и низкий уровень ее технического оснащения;
- отсутствие источников финансирования мероприятий модернизации сети наблюдения;
- низкий уровень интегрирования процессов сбора, обработки и представления информации, с использованием современных информационных технологий;
- отсутствие у большинства органов государственной власти субъектов Российской Федерации достаточных средств для формирования территориальных систем наблюдения;
- отсутствие принципов согласованности функционирования государственной наблюдательной сети.

Приказом Росгидромета от 02.02.2017 г. №23 утверждена Концепция совершенствования системы мониторинга загрязнения окружающей среды с учетом конкретизации задач федерального, регионального и локального уровней на 2017-2025 годы. Концепция определяет основные направления совершенствования государственного регулирования в данной сфере деятельности, в том числе в части определения требований к формированию и функционированию государственной и локальных систем наблюдений, форматам, содержанию и срокам предоставления информации. Дорожной картой по реализации Концепции предусматривается разработка и реализация предложений по развитию и модернизацию государственной наблюдательной сети, а также интеграции информационных ресурсов, получаемых государственной наблюдательной сетью, территориальными и локальными системами наблюдений с использованием современных средств и технологий сбора, обработки и представления информации [2].

Данная Концепция преследует цель организовать согласованное функционирование государственной наблюдательной сети, а также определение принципов реализации с использованием современных средств и технологий сбора, обработки и представления информации мероприятий по обеспечению интеграции информационных ресурсов, получаемых государственной наблюдательной сетью, территориальными и локальными системами наблюдений в Единый государственный фонд данных (ЕГФД) о состоянии окружающей среды и ее загрязнении.

Целью данной работы является изучить механизмы совершенствования системы мониторинга загрязнения окружающей среды в Российской Федерации.

Установлено, что Концепция предусматривает подготовку соответствующих нормативных актов с требованиями по формированию и функционированию системы наблюдений и реализуемых ими программ наблюдений с учетом принятых международным сообществом документов в данной сфере, а также проверенных в ходе многолетнего использования положений руководящих документов и государственных стандартов.

Найдено, что результаты работы по совершенствованию системы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в России к 2025 году должны привести к следующим достижениям:

- исключению дублирования работ, выполняемых государственной наблюдательной сетью;
- организации и функционированию локальных систем наблюдений мониторинга во всех районах с высоким риском загрязнения;
- соответствию международным стандартам показателей полноты и достоверности показателей мониторинга;
- обновлению и модернизация половины оборудования во всех наблюдательных сетях;
- наличию оперативной и режимной информации о загрязнении окружающей среды во всех учреждениях Росгидромета.

Выявлено, что в соответствии с «Дорожной картой» по реализации Концепции предусмотрены мероприятия совершенствования системы мониторинга. Так, в сфере го-

сударственного мониторинга загрязнения окружающей среды федерального, регионального и локального уровня будут подготовлены предложения к следующим проектам:

- Федерального закона от 04.05.1999 №96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»;
- приказа Минприроды России «Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля, порядка и сроков предоставления отчета «Об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля»;

- приказа Минприроды России «Об утверждении формы отчета об организации и результатах осуществления производственного экологического контроля и методических рекомендаций по ее заполнению, в том числе в форме электронного документа, подписанного усиленной квалифицированной электронной подписью»;

- приказа Минприроды России «Об утверждении требований к формату и содержанию информации, включаемой в государственный фонд данных государственного экологического мониторинга, срокам её предоставления».

Также запланированы в этой сфере уточнение требований к сбору, обработке, хранению и распространению информации о состоянии окружающей среды и разработка требований к проведению наблюдений за состоянием окружающей среды. В частности, в соответствии с Федеральным законом от 21.11.1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» должна быть осуществлена модернизация и автоматизация системы мониторинга радиоактивного загрязнения окружающей среды.

Установлено, что отдельно запланированы мероприятия, связанные с развитием и модернизации государственной наблюдательной сети за загрязнением окружающей среды. К таким мероприятиям относится:

- проведение анализа состава государственной наблюдательной сети и её технического оснащения на основе утверждённых нормативных требований;

- подготовка программы модернизации и развития государственной наблюдательной сети за загрязнением окружающей среды;

- организация согласованного функционирования государственной наблюдательной сети, территориальных систем наблюдения за состоянием окружающей среды и локальных систем наблюдения.

Также запланировано участие в реализации плана работ по созданию государственного фонда данных государственного экологического мониторинга (ГФДГЭМ) в сфере обеспечения интеграции информационных ресурсов.

Выявлено, что будет предпринята разработка и реализация пилотных проектов по организации согласованного функционирования государственной наблюдательной сети, территориальных и локальных систем наблюдения за состоянием окружающей среды и создание единой информационной системы на территории Красноярского края, Московской и Челябинской областей с апробацией унифицированного программного обеспечения для сбора, обработки, обобщения и автоматизированной доставки заинтересованным пользователям информации о состоянии и загрязнении окружающей среды, полученной на федеральном, региональном и локальном уровне, с использованием автоматизированных и дискретных методов наблюдения.

Литература

1. Распоряжение Правительства РФ от 03.09.2010 г. №1458-р «Об утверждении Стратегии деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года (с учетом аспектов изменения климата), вместе с планом мероприятий первого этапа (2010-2012 годы)»

2. Приказ Росгидромета от 02.02.2017 г. №23 «Об утверждении Концепции совершенствования системы мониторинга загрязнения окружающей среды с учетом конкретизации задач федерального, регионального и локального уровней на 2017-2025 годы»

УДК 574

Оценка влияния сточных вод лесопромышленного комплекса на состояние реки Вихорева

Г. Р. Величко

Сибирский Федеральный Университет, Институт экологии и географии, г. Красноярск

Ключевые слова: целлюлозно-бумажная промышленность, сточные воды, поверхностные воды, качество воды.

В работе представлены основные направления производства филиала ОАО «Группа «Илим» в г. Братске, определены компоненты природы, на которые воздействуют технологии данного лесопромышленного комплекса. Выделены основные многотоннажные загрязняющие вещества, поступающие вместе со сточными водами в поверхностные водоемы. Дана характеристика степени загрязненности приемника сточных вод филиала «Группа «Илим» в г. Братске - р. Вихорева.

Целлюлозно-бумажная промышленность — одна из ведущих отраслей лесного комплекса, объединяет технологические процессы получения целлюлозы, бумаги, картона и бумажно-картонных изделий (писчей, книжной и газетной бумаги, тетрадей, салфеток, технического картона и др.).

Филиал ОАО «Группа «Илим» в г. Братске - предприятие целлюлозно-бумажной промышленности, являющееся одним из лидирующих в России по объему варки целлюлозы, а также по производству товарной целлюлозы.

Лесоперерабатывающая промышленность - одна из наиболее водоемких отраслей хозяйства, на предприятиях которой ежедневно расходуется почти 9,2 млн м³ свежей воды. В зависимости от качества и ассортимента продукции удельные затраты воды на технологические нужды колеблются в широком диапазоне. Так, на 1 т картона и бумаги, вырабатываемых из неотбеленной целлюлозы, образуется 10-50 м³ сточных вод, из отбеленной целлюлозы - 150-250 м³ [1].

По определению сточные воды – это воды, использованные на бытовые или производственные нужды и получившие при этом дополнительные примеси, изменившие их первоначальные химический состав или физические свойства, а также атмосферные воды, стекающие с территорий промышленных предприятий [2].

Физико-химический состав сточных вод зависит от выпускаемой продукции. Сточные воды целлюлозно-бумажной промышленности содержат волокна целлюлозы, бумаги, наполнители, красители, латексы, эмульсии, клейкие вещества и др.

Характерной особенностью сточных вод, образующихся при сульфатном способе получения целлюлозы, является высокое содержание разнообразных веществ: 33 % - неорганических и 67 % - органических [1].

На современном этапе развития технология очистки сточных вод не достаточно совершенна, вследствие чего в природные поверхностные водные объекты попадает большой перечень загрязняющих веществ, нередко в превышающих ПДК концентрациях.

Целью работы является анализ данных по гидрохимическим показателям в створах р. Вихорева при негативном воздействии сточных вод ОАО «Группа «Илим» в г. Братске на водоток.

Филиал ОАО «Группа «Илим» в г. Братске выпускает сульфатную беленую хвойную и лиственничную целлюлозу, сульфатную небеленую целлюлозу, тарный картон для плоских слоев гофрокартона (крафтлайнер), продукты лесохимической переработки.

В состав филиала ОАО «Группа «Илим» в г. Братске входят следующие основные производства:

- производство лиственной целлюлозы (варочно-отбельный цех, сушильный цех);
- производство хвойной целлюлозы (варочно-отбельный цех, сушильный цех);
- производство щепы (древесно-подготовительный цех, цех подготовки сырья);
- технологическая электростанция (котельный цех, котлотурбинный цех, выпарной цех);
- производство химикатов и лесохимии (цех каустизации и регенерации извести (ЦКРИ), отделение приема и подачи химикатов, лесохимический цех);
- целлюлозное производство № 1 (варочно-отбельный цех, сушильный цех кордного потока, варочно-промывной цех картонного потока, картонный цех);
- производство по водоподготовке и инженерным коммуникациям (цех очистных сооружений промстоков (ЦОСП), цех инженерных коммуникаций, цех водоподготовки) [3].

Основное сырье, используемое на филиале ОАО «Группа «Илим» в г. Братске: древесина; различные химикаты (гипохлорит, диоксид хлора, кислород и другие); энергоресурсы (тепловая энергия, электроэнергия), вода. Основные этапы производства целлюлозы представлены на рисунке 1.

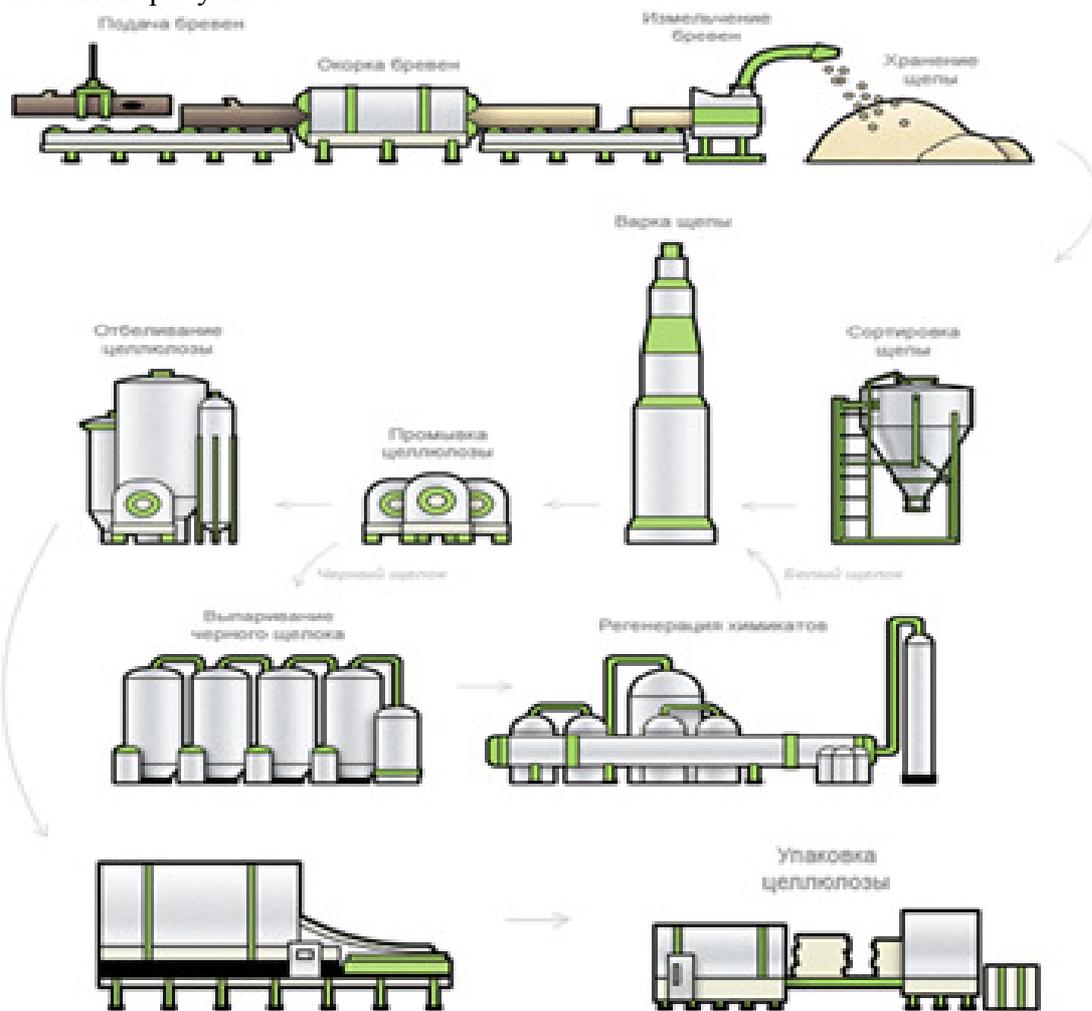


Рис. 1. Основные этапы производства целлюлозы

Производства филиала ОАО «Группа «Илим» в г. Братске прямо воздействуют на такие компоненты окружающей среды, как атмосферный воздух и поверхностные воды. К компонентам окружающей среды, на которые предприятие оказывает влияние опосредо-

вано, можно отнести почвы, подземные воды, растительный и животный мир, а также показатели здоровья населения г. Братска.

В результате хозяйственной деятельности филиала ОАО «Группа «Илим» в г. Братске образуются производственные, хозяйственно-бытовые, ливневые, стоки, которые перед выпуском в поверхностный водоем проходят очистку на производственных очистных сооружениях. Сточные воды филиала вместе с водой реки Вихорева через 108 км впадают в Ангарскую ветвь Усть-Илимского водохранилища [3]. К многотоннажным загрязняющим веществам, поступающим в природные воды вместе со сточными водами предприятия филиала ОАО «Группа «Илим» в г. Братске относятся хлорид-ионы, сульфат-ионы и лигнин, что обусловлено технологическими процессами, принятыми на предприятии.

Для выявления степени воздействия сточных вод филиала ОАО «Группа «Илим» в г. Братске за период 2011-2015 гг. проведен сравнительный анализ по характеру загрязненности воды в реке Вихорева до поступления в нее сточных вод предприятия и после. Гидрохимические наблюдения осуществлялись в трех створах: в черте города Вихоревка; 1 км ниже п. Чекановский; 7 км ниже с. Кобляково [3-7].

В фоновом створе, в черте города Вихоревка за данный период среднегодовые концентрации более 5 показателей превысили ПДК. Из них железо общее в среднем за 2011 – 2015 гг. приняло значение, равное 3,3 ПДК, средняя концентрация лигнина за этот же период составила 5 ПДК.

В районе п. Чекановский превышали ПДК среднегодовые концентрации более 6 показателей. Из них железо общее превышает норму в среднем за период в 2,4 раза, медь – 2,3, нефтепродукты – 1,3, органические вещества по ХПК – 1,3 раза.

В створе наблюдений 7 км ниже с. Кобляково качество воды р. Вихоревой еще более ухудшается. Среднегодовые концентрации азота аммонийного составила 2,5 ПДК, лигнина – 9,3 ПДК, железа общего – 4,6 ПДК, сульфиды и сероводород – 2,3 ПДК, органических веществ по БПК₅ и по ХПК – 1,7 и 3,6 ПДК соответственно.

Кроме того, на протяжении всего периода вода в р. Вихорева в створе наблюдений 7 км ниже с. Кобляково» (88 км ниже сброса сточных вод ОАО «Группа «Илим» в г. Братске) характеризовалась как «грязная» 4-й класс. В то время как створ в черте г. Вихоревка – «загрязненная» (2012 г, 2014 г, 2015 г.), «очень загрязненная» (2011 г.), «грязная» (2013 г), створ наблюдений в районе пос. Чекановский – «слабо загрязненная» (2014-2015 гг.) и «загрязненная» (2011-2013гг.).

Таким образом, можно сделать вывод, что сточные воды филиала ОАО «Группа «Илим» в городе Братске оказывают существенное негативное воздействие на состояние вод реки Вихорева, меняя при этом химический состав воды водотока.

Литература

1. Медицинский портал [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.eurolab.ua>.
2. Биофайл. Научно-информационный журнал. Биологическая очистка сточных вод [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://biofile.ru>.
3. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2014 году: статистический ежегодник / Форвард. Иркутск, 2015. 328 с.
4. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области за 2011 год: статистический ежегодник / Форвард. Иркутск, 2012. – 400 с.
5. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области за 2012 год: статистический ежегодник / Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. Иркутск, 2013. – 337 с.
6. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2013 году: статистический ежегодник / Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. Иркутск, 2014. – 323 с.
7. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2015 году: статистический ежегодник / Время странствий. Иркутск, 2016 г. – 316 с.

УДК 504.75

Аспекты здоровья и адаптации человека к воздействиям окружающей среды

В.А. Никифорова, О.А. Колесникова, Е.В. Воронцова

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: окружающая среда, здоровье, адаптация, студенческая молодежь, психофизиологический статус.

В статье обозначены вопросы учёта адаптационного периода студенческой молодежи в образовательном процессе. Раскрыты понятия здоровья, адаптации, обращено внимание на наиболее важные аспекты в процессе оценки состояния их здоровья студенческой молодежи в условиях образовательной среды на урбанизированной территории. Представлены результаты исследования психофизиологического статуса, отражающие адаптивную реакцию организма.

Специфика среды обитания человека заключается в сложнейшем переплетении социальных и природных факторов. На современного человека воздействие природных факторов в значительной степени нейтрализуется социальными факторами. Но, несмотря на это, ухудшается генетическое и психологическое состояние индивидов, около 70 % которых сейчас проживают в городах, т. е. далеко от природной среды, в условиях суеты, скученности и шума [1]. В новых природных и производственных условиях человек в настоящее время нередко испытывает влияние весьма необычных, а иногда чрезмерных и жестких факторов среды, к которым эволюционно он еще не готов.

Человек, как и другие виды живых организмов, способен адаптироваться, т. е. приспособливаться к условиям окружающей среды. Адаптация – это динамический процесс, благодаря которому подвижные системы живых организмов, несмотря на изменчивость условий, поддерживают устойчивость, необходимую для существования, развития и продолжения рода. Именно механизм адаптации, выработанный в результате длительной эволюции, обеспечивает возможность существования организма в постоянно меняющихся условиях среды. Адаптацию человека к новым условиям можно охарактеризовать как совокупность социально-биологических свойств и особенностей, необходимых для устойчивого существования организма в конкретной экологической среде.

Жизнь каждого человека можно рассматривать как постоянную адаптацию, но наши способности к этому имеют определенные границы. Также и способность восстанавливать свои физические и душевные силы для человека не бесконечна.

В настоящее время значительная часть болезней человека связана с ухудшением экологической обстановки в нашей среде обитания: загрязнением атмосферы, воды и почвы, недоброкачественными продуктами питания, возрастанием шума [2].

Приспосабливаясь к неблагоприятным экологическим условиям, организм человека испытывает состояние напряжения, утомления. Поэтому изучение адаптационных процессов тесно связано с представлениями об эмоциональном напряжении и стрессе. Это послужило основанием для определения стресса как неспецифической реакции организма на предъявляемые ему требования и рассмотрение его как общего адаптационного синдрома.

Накоплен большой объем научных материалов, доказывающих непосредственное воздействие целого ряда факторов окружающей среды (климата, погоды, экологической обстановки) на состояние здоровья человека, в частности студенческой молодежи.

В последние годы происходят резкие колебания температуры, что также отрицательно воздействует на здоровье. В весенне-осенний период все большее количество уча-

щейся молодежи болеют острыми респираторными заболеваниями, происходит обострение многих заболеваний.

Нарушения экологического равновесия связаны с нарушением адаптации человека.

Организм отвечает различными расстройствами на вредное воздействие физических излучений; профессиональными заболеваниями на неподготовленность к новым профессиям; нервно-психической неустойчивостью на информационные перегрузки и перенаселенность, чрезмерный шум и загазованность воздуха [1].

Рассматривая процессы адаптации, нельзя не затронуть ее различные виды. Говоря о разновидностях адаптации, выделяют адаптацию генетическую, генотипическую, фенотипическую, климатическую, социальную и др. Так, адаптация генотипическая – это генетически детерминированный процесс, развивающийся в ходе эволюционного развития, а адаптация фенотипическая – процесс, развивающийся в ходе индивидуальной жизни, выделяющийся по механизмам осуществления и длительности существования.

Климатическая адаптация – это процесс приспособления человека к климатическим условиям среды. Его синонимом выступает термин акклиматизация.

В настоящее время выделяют несколько основных разновидностей адаптации: физиологическая психическая социальная.

Физиологическая адаптация предполагает процесс приспособления организма и всех его систем жизнедеятельности к измененным условиям внешней среды. Отвечает за данный процесс гомеостатическая система организма, которая направлена на регулирование деятельности различных органов организма. Наиболее распространенный пример физиологической адаптации - акклиматизация. Это постепенное приспособление организма к жизни в других климатических условиях. Данный процесс протекает у всех индивидуально, но в конечном итоге у каждого человека организм привыкает к новым условиям и все процессы жизнедеятельности протекают нормально в обновленных условиях.

Психическая адаптация представляет собой процесс приспособления психических процессов. В данном случае речь идет о приспособлении поведения, речи, мышления и прочих процессов под новые окружающие условия.

И третий тип адаптации - социальный. Человек старается приспособиться к новой группе людей, найти с ними общие темы для разговоров, умение выстраивать отношение с новыми товарищами. Яркий пример – это трудовая адаптация, с которой людям приходится сталкиваться чаще всего. В данном случае имеет место не только социальная адаптация, но и физиологическая, так как организм должен привыкнуть к новым условиям окружающей среды. Например, изменение распорядка дня.

Адаптация - приспособление организма к изменяющимся условиям окружающей среды. Более ранний подъем или перенос времени приема пищи может вывести организм из работоспособного состояния, до того момента, как все органы и системы не привыкнут и начнут работать в полную силу в новом режиме. В особой группе риска находятся те люди, которые меняют интеллектуальную работу на физический труд и наоборот. Подобная ситуация будет характеризоваться более длительным периодом адаптации. Все типы адаптации имеют тесную взаимосвязь между собой.

Эмоциональное реагирование – одно из «побочных» эффектов адаптации. Это реакция, в которой принимают участие практически все системы организма. Одним из эмоциональных состояний, которое появляется в качестве первичной реакции при адаптации - это стресс. Стресс – состояние, при котором физиологическая и психологическая стороны человека отличаются высоким уровнем активности [1].

В том случае, если будет создана благоприятная окружающая среда, такое состояние сможет трансформироваться в нормальное рабочее, то есть, организм сможет адаптироваться к новым условиям и продолжить свою нормальную жизнедеятельность. В том случае, если наряду с изменением окружающей среды, будут появляться какие-то дополнительные негативные факторы, стресс может перейти в состояние эмоциональной на-

пряженности. В данном случае будет наблюдаться снижение работоспособности, психоэмоциональный фон будет нестабильным, человека легко будет вывести из равновесия, энергетические ресурсы начнут постепенно истощаться.

Способность адаптироваться к новым условиям у разных людей не одинакова.

Изучение адаптивных возможностей человека и разработка соответствующих рекомендаций имеет в настоящее время важное практическое значение. Важен тот факт, что вопросы ухудшения экологической обстановки находят отражение не только в научных работах, но и законах.

Здоровье человека напрямую зависит от резерва адаптационных возможностей его организма к тем или иным условиям окружающей среды, быта и труда.

Актуальность исследования выражается тем обстоятельством, что здоровье людей относится к числу глобальных проблем, т.е. тех, что имеют жизненно важное значение для всего человечества, где налицо наибольшее обострение противоречий, порождаемых текущими и ожидаемыми в будущем ситуациями, где диспропорциональные состояния, достижений могут достигнуть в обозримой перспективе катастрофических последствий. Здоровье – это не отсутствие болезней, а физическая, социальная, психологическая гармония человека. Не вызывает сомнений, что без решения экологических проблем, здоровье человечества находится под угрозой [2].

Современные подходы к пониманию здоровья отличаются различными точками зрения.

Согласно Уставу Всемирной организации здравоохранения от 22 июля 1946 г. здоровье является «состоянием полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствием болезней и физических дефектов».

Определение здоровья было дано в преамбуле к Уставу и выполняет роль международного принципа. Признавая положения Устава, государства берут на себя обязательства «в области улучшения и охраны здоровья всех народов», «принятия соответствующих мероприятий социального характера в области здравоохранения». Поэтому очевидно, что это то, к чему государство должно стремиться.

В Медицинской энциклопедии здоровье называется состоянием, противоположным болезни, которое нельзя определить с достаточной точностью, так как оно связано с большой широтой колебаний важнейших показателей жизнедеятельности человека и приспособительными возможностями организма.

Российский законодатель почти повторил определение здоровья из Устава ВОЗ. В ст. 2 Закона «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» здоровье раскрыто как состояние физического, психического и социального благополучия человека, при котором отсутствуют заболевания, а также расстройства функций органов и систем организма.

Здоровье человека как родовое понятие можно разложить на виды с учетом статуса гражданина, вида заболевания или травмы. Так используются термины «репродуктивное здоровье», «здоровье детей», «здоровье работника», «здоровье военнослужащего».

Следует проводить границу между понятиями «здоровье человека» и «здоровье населения», «санитарно-эпидемиологическое благополучие населения». Здоровье населения выявляется посредством проведения социально-гигиенического мониторинга и учитывает социальные, климатические, географические и метеорологические условия, в которых живет или временно находится группа людей (население региона или страны).

Федеральный закон от 30 марта 1999 г. N 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» ввел понятие «санитарно-эпидемиологическое благополучие населения» – состояние здоровья населения, среды обитания человека, при котором отсутствует вредное воздействие факторов среды обитания на человека и обеспечиваются благоприятные условия его жизнедеятельности [3].

Таким образом, «здоровье населения» и «санитарно-эпидемиологическое благополучие населения» используются как обобщающие понятия, касающиеся неопределенного круга лиц, проживающих и временно находящихся на территории определенного региона или страны.

Таким образом, здоровье как нематериальное благо – это физическое и психическое состояние человека, как благополучие – отсутствие болезней либо патологии (неблагополучия), связанной с потерей, расстройством психологической, физиологической, анатомической структуры и (или) функций организма.

Актуальность обсуждаемых вопросов определяет необходимость комплексных исследований, позволяющих на донологическом уровне оценивать текущее состояние и структурно-функциональные сдвиги в деятельности систем организма человека.

Цель исследования – провести оценку состояния здоровья студенческой молодежи в условиях образовательной среды на урбанизированной территории.

В исследовании приняли участие студенты Братского государственного университета I курса - 268 чел. и IV курса – 155 чел., все они уроженцы г. Братска, проживающие в общежитиях, имеющие примерно одинаковый доход, осмотренные перед исследованиями терапевтом и не имеющие острых и обострений хронических заболеваний. Согласно классификации периодов роста и развития и их возрастных границ обследуемые группы отнесены к юношескому возрасту (17–21 год для юношей, 16–20 – для девушек).

Психофизиологический статус определен по методике на аппаратно-программном комплексе «НС-ПсихоТест» («Нейрософт», г. Иваново), предназначенном для контроля характеристик центральной нервной системы по результатам психофизиологических тестов. Из всего комплекса была использована методика определения личностной и реактивной (ситуативной) тревожности по Спилбергеру (адаптация Ханин Ю.Л., 2002).

При оценке состояния здоровья студенческой молодежи проведенный социологический опрос определил мнение студентов I и IV курсов о составляющих здоровья: жизнь в согласии с социальными нормами и законами общества (36,9%), жизненные ориентиры и ценности (22,7%), сознательное и ответственное отношение к своему здоровью (21,6%), необходимость соблюдения принципов здорового образа жизни (18,8%). Студенты БрГУ характеризуют компоненты, влияющие на здоровый образ жизни, следующим образом: загрязнение окружающей среды (62,2%), учебные перегрузки (14,6%), сбалансированное рациональное питание (10,2%), наличие вредных привычек (8,9%), культура здоровья (4,1%). В ранговой шкале система ценностей здоровья находится на первом месте (94,4%).

По мнению студентов, на их здоровье оказывает влияние неблагоприятная экологическая обстановка, низкий уровень доходов, неэффективная пропаганда ЗОЖ. Среди экологических факторов в порядке значимости респонденты называют: загрязнение окружающей среды, выбросы промышленных предприятий и автотранспорта, климатические условия и другое. Большинство опрошенных (80–95%) указывали на запах в атмосферном воздухе. Загазованность воздуха, дымку отмечали 40-60% респондентов. Жалобы на краткосрочные эффекты (першение в горле, кашель, слезотечение, зуд слизистых глаз) предъявили 17–26% студентов.

Адаптация к новым условиям обучения в вузе проявляется целым комплексом психофизиологических реакций. Большинство обследованных нами студентов IV курса обладают средним уровнем личностной тревожности, лишь небольшая часть студентов неустойчива к стрессам: 7,3% – на I курсе и 4,3% – на IV курсе.

Высокий уровень ситуативной тревожности может быть связан со многими факторами и является одной из основных стресс-реакций на чрезмерно высокие требования среды. Исследования ситуативной тревожности студентов показали, что любая ситуация, в том числе связанная с воздействием экологических факторов, сопровождается изменением эмоционального состояния организма. Это следует рассматривать как адаптивную

реакцию, в результате которой организм включает защитные приспособительные механизмы и мобилизует свои ресурсы.

Таким образом, полученные результаты анкетирования подтверждают, что сохранение и укрепление здоровья является для большинства студентов жизненным ориентиром и приоритетными ценностями.

Литература

1. Никифорова В.А. Проблемы здоровья современной студенческой молодёжи в условиях экологического неблагополучия / В.А. Никифорова, Т.Г. Перцева, Е.А.Прохоренко, А.А.Никифорова. // Системы. Методы. Технологии. 2014. №4 (12). С. 192-196.

2. Никифорова В.А. Экология и здоровье молодого поколения Восточной Сибири / В.А. Никифорова, Т.Г. Перцева, Е.А.Прохоренко, А.А.Никифорова – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2014. – 91 с.

3. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон от 30.03.1999 N 52-ФЗ (ред. от 03.07.2016) // Собрание законодательства РФ. 1999. N 14. Ст. 1650.

УДК 502

Роль экологической компоненты в оценке эколого-экономических систем Северных территорий Иркутской области

В.А. Никифорова, Н.А. Подойницына

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: экологические факторы среды обитания, эколого-экономические системы, промышленный потенциал.

В связи с ухудшением экологической обстановки изучение состояния эколого-экономических систем северных территорий Иркутской области является актуальным направлением. В статье приведен анализ социально-экономического положения и промышленного производства Иркутской области, являющихся приоритетными компонентами при оценке эколого-экономических систем региона.

Прошедшее и текущее столетия характеризуются бурным развитием производительных сил и усилением международных связей и производственных отношений. Эти процессы вызывают активное использование природных ресурсов, отдельных элементов окружающей среды, а, следовательно, усиливают влияние на природу. На современном этапе развития общества масштабы хозяйственной деятельности человека приближаются по значению к природным явлениям и процессам.

Иркутская область - один из наиболее экономически развитых районов на востоке Российской Федерации. Территория Иркутской области богата минерально-сырьевыми ресурсами (золото, уголь, железная руда, газ, нефть и прочее), особенно выделяется алюминиевая промышленность Иркутской области, интенсивно развивается лесная и деревообрабатывающая промышленность, производство целлюлозы и бумаги.

Важнейшей специализацией Иркутской области является лесная промышленность, отрасли которой широко здесь представлены: лесозаготовка древесины, производство продукции глубокой переработки (пиломатериалов, древесно-волоконистых плит, древесно-стружечных плит, фанеры), целлюлозно-бумажная промышленность.

На территории Иркутской области развита электроэнергетика. Здесь действуют одни из крупнейших российских гидроэлектростанций: Братская, Усть-Илимская (река Ангара).

Относительно дешевая электроэнергия повлияла на структуру промышленности Иркутской области - высокий удельный вес в промышленном производстве приходится на алюминиевую промышленность.

Среди других отраслей промышленности следует отметить машиностроение, нефтехимию, а также горно-добывающую промышленность, топливную, пищевую промышленность. Важным фактором развития промышленности являются минерально-сырьевые ресурсы Иркутской области.

На долю сельскохозяйственного сектора приходится около 8 % валового регионального продукта.

В структуре промышленного производства Иркутской области наибольшую долю составляют экспортноориентированные отрасли: добыча полезных ископаемых, цветная металлургия, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность, машиностроение.

Объем отгруженной продукции промышленными организациями Иркутской области составил 300,2 млрд. рублей. Индекс промышленного производства в 2014 году составил 96,3 %.

Обрабатывающие производства представлены производством полупродуктов с небольшой добавленной стоимостью, вывозимых за пределы Иркутской области для конечных стадий переработки: алюминий (34 % производимого в Российской Федерации), целлюлоза (30 %), синтетические смолы и пластмассы (53 %), круглый лес (17 %) и пиломатериалы (10 %).

Определяющую роль в экономике Иркутской области играют организации, входящие в вертикально-интегрированные структуры. Хозяйствующие субъекты, зарегистрированные на территории Иркутской области, работают в основном в отраслях, ориентированных на внутренний рынок (легкая и пищевая промышленность).

Экологическая ситуация в Иркутской области остается сложной в связи с высоким загрязнением воздушного бассейна городов и водных объектов. В перечень городов Российской Федерации с очень высоким уровнем загрязнения воздуха регулярно входят: города Братск, Зима, Иркутск; с высоким уровнем загрязнения: города Шелехов, Усолье-Сибирское, Ангарск, Черемхово. Суммарный объем выбросов от стационарных источников в 2014 году составил 560,3 тыс. тонн в год, что составляет 2,6 % от общего валового выброса стационарных источников по Российской Федерации. По объему выбросов в атмосферу Иркутская область занимает 3-е место в Сибирском федеральном округе после Красноярского края и Кемеровской области.

По общему объему сточных вод, поступивших в водные объекты, Иркутская область занимает 3-е место по Сибирскому федеральному округу после Красноярского края и Кемеровской области (2 % от суммарного значения показателя для Российской Федерации), а по объему загрязненных сточных вод - 1-е место по Сибирскому федеральному округу (4,2 % от всего объема сбросов по Российской Федерации).

Основные проблемы охраны окружающей среды:

- высокий уровень воздействия на окружающую среду. В Иркутской области находится большое количество промышленных объектов с высоким уровнем выбросов, низкой эффективностью очистных сооружений, не отвечающих международным стандартам. Напряженность экологической обстановки в Иркутской области создают накопленные и образующиеся в настоящее время отходы производства и потребления, представляющие опасность для населения и окружающей среды. Пренебрежение экологическим фактором в ближайшие годы может оказать негативное воздействие на инвестиционную привлекательность экономики Иркутской области.

- угрозы сокращения биоразнообразия в Иркутской области. Высокий уровень воздействия на окружающую среду негативно сказывается на фауне Иркутской области.

- низкий уровень информационно-методического обеспечения. Общий анализ данных, представляемых территориальным органом Федеральной службы государственной статистики, позволяет говорить об устойчивом социально-экономическом развитии Иркутской области в течение 2014 года. Несмотря на отдельные существующие проблемы в производственной и социальной сферах, экономика региона продолжила последовательное развитие.

Среди наиболее значимых позитивных тенденций можно выделить следующие.

Количество предприятий и организаций в Иркутской области на 1 января 2015 года увеличилось на 2,8 % к уровню января прошлого года и составило 66,6 тысячи. Наибольшее число хозяйствующих субъектов сосредоточено в торговле (29,3 %) и в сфере операций с недвижимым имуществом (17 %) [2].

В 2014 году в Иркутской области продолжался рост промышленного производства. Индекс промышленного производства по основным видам деятельности среди всех предприятий Иркутской области за январь – декабрь 2014 года вырос на 3 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Сохраняется стабильный рост в сфере добычи топливно-энергетических полезных ископаемых – 110 %. По сравнению с 2013 годом нефти добыли больше на 17 % [3].

В обрабатывающих производствах в 2014 году индекс промышленного производства по виду деятельности «Обрабатывающие производства» в январе – декабре составил 100,1 %. По итогам 9-ти месяцев 2014 года индекс промышленного производства в подразделе «металлургическое производство» составил 103,5 %. Общий объем отгрузки продукции превысил 52 млрд. руб.

В целлюлозно-бумажном производстве, издательской и полиграфической деятельности объем продукции, произведенной в 2014 году, составил 110,2 %, целлюлозы произвели на 17 % больше. Химическое производство увеличилось на 7,1 %.

Объем инвестиционных вложений в развитие производства на крупных и средних предприятиях Иркутской области также вырос и превысил 187 млрд. рублей.

Следует отметить увеличение выпуска сельхозпродукции в области на 3 % в действующих ценах в январе-декабре 2014 года к уровню предыдущего года. Объем производства продукции сельского хозяйства в 2014 году в стоимостном выражении составил 54,5 млрд. рублей [2].

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- к началу 2015 года в Иркутской области отмечалось устойчивое экономическое развитие, рост производства, увеличение доходов бюджета и инвестиций, динамично развивалась социальная сфера, реализовывались проекты развития промышленности и модернизации инфраструктуры;

- при этом к началу 2015 года сформировался комплекс негативных факторов, оказывающих в настоящее время давление на региональную экономику. Первая оценка глубины и качества этого давления может быть дана через 2-3 месяца по итогам первого квартала. Однако уже сейчас можно говорить о снижении поступлений в консолидированный бюджет Иркутской области, росте инфляции, падении реальных доходов населения, возросших рисках сокращения производства и роста безработицы.

Литература

1. Численность постоянного населения Иркутской области по муниципальным образованиям на начало 2016 года. [Электронный ресурс]: Федеральная служба государственной статистики. Режим доступа: <http://irkutskstat.gks.ru> (дата обращения: 23.05.2016).

2. Статистический сборник «Социально-экономическое положение Иркутской области» № 12/Росстат, территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области, Иркутск, 2015 г.

3. Статистический бюллетень «Промышленное производство Иркутской области, январь-декабрь 2014 года» / Росстат, территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области, 2015 г.

УДК 502.3

К вопросу об обращении с ТКО на уровне муниципальных образований

М.Р. Ерофеева, А.А. Романычев

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: образование отходов производства и потребления, твердые коммунальные отходы, обращение с отходами производства и потребления, сбор, накопление, обезвреживание и утилизация отходов, территориальная схема, отдельный сбор отходов.

Проблема обращения с отходами производства и потребления в городах Российской Федерации продолжает оставаться одной из важнейших. Она актуальна как с точки зрения улучшения экологической ситуации, так и не использования ресурсного потенциала отходов. В целом по стране типичная схема обращения с отходами – это складирование на полигонах или на несанкционированных местах размещения отходов. Фактически туда вывозится до 98 % городских отходов. Но даже обустроенные по последнему слову техники полигоны неизбежно создают целый комплекс экологических проблем.

Поэтому, система сбора и утилизации твердых коммунальных отходов требует коренной перестройки по предварительно разработанным планам в каждом отдельном муниципальном образовании.

Организация упорядоченного обращения отходов производства и потребления – т.е. их сбора, удаления, обезвреживания, переработки, использования, уничтожения и т.п. превратилась в последние годы в одну из наиболее острых экологических проблем России. Указанная острота определяется в первую очередь:

1) двойственным характером этой проблемы, то есть необходимостью решать задачи как охраны окружающей среды, так и задачи ресурсосбережения, переработки и вторичного (повторного) использования отходов;

2) перманентным и кумулятивным накоплением слабозлагающихся отходов в окружающей среде, что требует постоянного отвода под места их захоронения все новых земельных участков, а также рекультивации нарушенных (загрязненных, деградировавших) площадей на закрывающихся полигонах и свалках отходов.

Основные тенденции, отражающие образование отходов производства и потребления в стране за последние девять лет, представлены на рис. 1.

Как следует из представленных на рис. 1 данных количество образовавшихся отходов с 2006 г. по 2015 г. возросло на 44 %. Указанное увеличение отмечалось в большинстве рассматриваемых лет. Что касается 2015 г., то соответствующая величина по сравнению с предыдущим годом уменьшилась на 108 млн т, или на 2 % [1].

Общая величина накопленных и учтенных отходов производства и потребления в целом по стране составляла на конец 2015 г. примерно 31,5 млрд т. Целесообразно иметь в виду, что приведенная цифра носит оценочный характер из-за объективных сложностей в

учете отходов, образовавшихся многие десятилетия назад, а также в идентификации разложения, разубоживания, выветривания, коррозии, зарастания растительностью и т.п. ранее накопленных отходов [1].



Рис. 1. Динамика образования отходов производства и потребления в России

Количество использованных и обезвреженных отходов производства и потребления в целом по стране возросло с 1396 млн т в 2006 г. до 2685 млн т в 2015 г., т.е. увеличение произошло почти в два раза (рис. 2). При этом уровень использования (обезвреживания) отходов производства и потребления по отношению к объему их образования повысился с 40 % до 53 %.



Рис. 2. Динамика использования и обезвреживания отходов производства и потребления в России

В соответствии с Федеральным законом от 29 декабря 2014 г. № 458-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации» в стране на официальном уровне было введено понятие «твердые коммунальные отходы» (ТКО) [1].

Загрязняя окружающую природу, они представляют собой источник целого ряда ценных веществ, необходимых для применения в наиболее развитых отраслях промышленности.

Низкий процент утилизации (использования) ТКО связан с недостаточным развитием инфраструктуры: в настоящее время в России функционирует 243 комплекса по утилизации (использованию) отходов, 53 комплекса по сортировке отходов, около 40 мусорожигающих заводов [2].

При этом система сбора и анализа статистической информации о ТКО охватывает не все источники их образования, отсутствуют средства объективного учета количества образующихся ТКО.

Преобладание удаления ТКО посредством захоронения и нарушение экологических и санитарно-эпидемиологических требований при их размещении ведет к ряду проблем, которые связаны с негативным воздействием на окружающую среду.

С каждым годом отходов становится все больше и больше, существующие места захоронения отходов переполнены, а развития необходимой инфраструктуры по обезвреживанию и переработки отходов не происходит.

Безвозвратно теряются материальные и энергетические ресурсы, которые могли бы быть повторно использованы, в том числе в качестве сырья для производства ряда товаров (продукции) [2].

Общие тенденции, сложившиеся в области вывоза и переработки ТКО в последние десятилетия в России, приведены на рис. 3.



Рис. 3. Динамика вывоза и переработки/сжигания ТКО в России

Как следует из рис. 3 в 2000 г. в окружающую среду – т.е. на свалки, полигоны и в другие места – было направлено около 144 млн м³ отходов (рассчитано как разница между вывозом и переработкой/сжиганием ТКО), в 2014 г. эта величина составляла уже порядка 250 млн м³, а в 2015 г. – почти 255 млн м³. Иначе говоря, за прошедшие пятнадцать лет рассматриваемый показатель почти удвоился. При этом пропорционально возрастало не только негативное воздействие на окружающую среду, но и увеличивались потери вторичных материальных ресурсов [1].

Оптимальным решением проблемы является сокращение объема образующихся отходов, а также вовлечение отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья.

Это даст значительный экологический и экономический эффект, позволит существенно уменьшить техногенную нагрузку на окружающую среду в условиях продолжающегося сокращения природных ресурсов.

Необходимым элементом извлечения полезных компонентов для их повторного применения является отдельный сбор отходов, который необходимо начинать в каждом муниципальном образовании.

Для организации процесса селективного сбора ТКО на территории муниципального образования предварительно необходимо провести анализ источников образования и ко-

личества образующихся отходов, включая определение норм накопления отходов и их морфологического состава.

Раздельный сбор позволит переадресовать с полигонов на соответствующие объекты инфраструктуры до 70-80 % отходов. По мере достижения этого показателя, возможно его дальнейшее увеличение за счёт развития технологий переработки, а также организационных и экономических мер, стимулирующих производителей максимально использовать материалы, подлежащие переработке.

Также, внедрение раздельного сбора отходов является необходимым элементом реализации государственной политики в области обращения с отходами, установленной № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

Литература:

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году»: постановление Правительства РФ от 24.09.2012 № 966.

2. Об утверждении комплексной стратегии обращения с твердыми коммунальными (бытовыми) отходами в Российской Федерации: приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 14.08.2013 № 298.

УДК 504.75

Оценка риска для здоровья населения в связи с загрязнением атмосферного воздуха мультииндустриального центра

В.А. Никифорова, Н.А. Руми

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: окружающая среда, загрязнение, здоровье населения, оценка риска.

На смену жесткому нормативному подходу в вопросах охраны окружающей среды и здоровья населения в настоящее время приходит концепция анализа экологических рисков. Использование методологии оценки риска позволяет охарактеризовать степень воздействия неблагоприятных условий на здоровье населения, совершенствовать систему гигиенического нормирования, гармонизировать ее с международными принципами. В статье дана характеристика состояния атмосферного воздуха и проведена оценка риска для здоровья от его загрязнения по округам города, позволяющая использовать полученные результаты для дальнейших разработок рекомендаций по минимизации риска.

Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха в условиях социоэкосистемы – глобальная эколого-гигиеническая проблема, вносящая значительный вклад в формирование здоровья населения урбанизированных территорий. В последние годы для ее решения во многих регионах РФ апробируется методология оценки и управления рисками загрязнения окружающей среды. Реализация этой методологии позволяет оценить санитарное благополучие территории и разработать эффективную систему профилактических мероприятий на основе системного анализа вклада отдельных факторов риска в прогнозируемый показатель как индивидуального, так и популяционного здоровья населения.

Комплексная характеристика экологического риска является одним из показателей, отражающих напряженность медико-экологических ситуаций на урбанизированных территориях.

Понятие «экологический риск» имеет особое значение [1,2]. Анализ современной литературы, освещающей проблемы экологического риска окружающей среды для здоро-

вья населения, убедительно указывает на связь процесса возникновения медико-экологической напряженности и появления новых форм риска с формированием загрязняющего комплекса среды.

В обзорной работе С.Л.Авалиани и др. «Окружающая среды. Оценка риска для здоровья (мировой опыт)» [1] и последующей монографии Г.Г.Онищенко [2] дается понятие риска, его структуризация, а также излагается процедура его оценки. Приводится санитарно-гигиенический алгоритм анализа риска, созданный для комплексного изучения последствий негативного влияния загрязняющего комплекса среды на здоровье населения.

Методология анализа риска воздействия вредных факторов окружающей среды на здоровье населения является новым, относительно молодым, но интенсивно развиваемым во всём мире междисциплинарным научным направлением. Принципиальные положения этой методологии, заключающиеся, в частности, в выделении в единый процесс принятия решений по оценке риска и управления им, сформулированы в США в начале 80-х годов.

Процедуру анализа риска для региона можно представить следующими этапами: [2]:

- создание базы данных для изучаемого региона, в которую входит информация о географии региона, метеорологии, топологии, инфраструктуре, распределении населения и демографии, расположении промышленных и иных потенциально опасных производств и объектов, основных транспортных потоках, хранилищах промышленных и бытовых отходов и т.д;

- идентификация и инвентаризация опасных видов хозяйственной деятельности, выделение приоритетных объектов для дальнейшего анализа;

- количественная оценка риска для окружающей среды и здоровья населения, включающая: количественный анализ воздействия опасностей в течение всего срока эксплуатации предприятия с учетом риска возникновения аварийных выбросов опасных веществ; анализ воздействия опасных отходов; анализ риска при транспортировке опасных веществ, анализ риска закрытия и ликвидации предприятия;

- формулировка интегральных стратегий управления и разработка оперативных планов действий, включающая: оптимизацию затрат на обеспечение промышленной безопасности; определение очередности осуществления организационных мероприятий по повышению устойчивости функционирования и снижения экологического риска при нормальной эксплуатации объектов региона, а также в чрезвычайных ситуациях.

Система управления риском должна содержать технические, оперативные, организационные и топографические элементы.

Оценка риска в общем виде, подразумевает процесс идентификации, оценки и прогнозирования негативного воздействия на окружающую среду и/или здоровье и благосостояние людей в результате функционирования промышленных и иных производств и объектов, которые могут представлять опасность для населения и окружающей среды. Так, например, согласно определению Национальной академии наук США, оценка риска для здоровья – это использование доступной научной информации и научно обоснованных прогнозов для оценки опасности воздействия вредных факторов окружающей среды и условий на здоровье человека. При этом подчеркивается, что риск для здоровья человека, связанный с загрязнением окружающей среды, возникает при следующих необходимых и достаточных условиях, которые образуют в совокупности реальную угрозу или опасность для здоровья человека:

- существование самого источника риска (токсичного вещества в объектах окружающей среды или продуктах питания;

- технологического процесса, предусматривающего использование вредных веществ и т.п.);

- присутствие данного источника риска в определенной, вредной для человека дозе;

- подверженность населения воздействию упомянутой дозы токсичного вещества.

Исходя из такой структуризации самого риска, выделяются основные элементы процедуры его оценки, которые подразделяются на четыре стадии (фазы).

Так как в настоящее время не существует возможности проведения достаточно полной оценки рисков для всех загрязняющих веществ, присутствующих в исследуемом регионе, вследствие огромного объема необходимых аналитических исследований и отсутствия адекватных данных о количественных уровнях риска для многих токсичных веществ, то вполне оправданным являлось снижение числа учитываемых факторов путем отбора ограниченного числа веществ, которые в наибольшей степени определяют

В оценку риска обязательно включались вещества, для которых существовала возможность получения количественных характеристик риска развития определенных заболеваний или поражения разных систем организма.

В данной работе подробно рассматривается второй этап оценки риска, а именно оценка воздействия, которая представляет один из важнейших из всех четырех этапов исследования риска.

В целом оценка воздействия включает три основных этапа:

- характеристика окружающей обстановки;
- идентификация маршрутов воздействия и потенциальных путей распространения;
- количественная характеристика экспозиции (оценка воздействующих концентраций и расчёт поступления).

Нами проведена оценка индивидуальных уровней риска загрязнения атмосферного воздуха г. Братска по результатам аналитического контроля состояния воздушной среды на стационарных постах Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) ФГБУ «Иркутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»,

По данным Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) ФГБУ «Иркутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

Высокий уровень загрязнения воздуха в г. Братске обусловлен поступлением в атмосферу выбросов загрязняющих веществ, как от стационарных источников (предприятия цветной металлургии - 75,8 %, теплоэнергетики - 18,4 %, целлюлозно-бумажной промышленности - 5,8 %), так и от автотранспорта, а также климатогеографическими особенностями рассеивания промышленных выбросов.

По данным социально-гигиенического мониторинга к приоритетным веществам, загрязняющим атмосферный воздух г. Братска отнесены 17 веществ, в т. ч. фтористые газообразные соединения, диоксид серы, оксид азота, пыль, сажа, бенз(а)пирен, бензин, хром (шестивалентный), аммиак, формальдегид, бензол, хлор, углерода оксид, этилбензол, метантиол, угольная зола ТЭЦ, мазутная зола ТЭЦ.

По округам города (Центральный и Падунский) ходе исследования за период с 2010 по 2015 гг. рассчитывались следующие показатели: риск развития неканцерогенных эффектов для отдельных веществ на основе расчета коэффициента опасности; индекс опасности для условий одновременного поступления нескольких веществ ингаляционным путем.

Анализ результатов по Центральному округу показывает, что в 2015 г. коэффициент опасности для пыли вырос по сравнению с 2010 г. в 4 раза; коэффициент опасности для формальдегида увеличился по сравнению с 2010 г. в 2,7 раза; коэффициент опасности для сероводорода на протяжении исследуемого периода остается на одном уровне, однако в 2010 г. его значение являлось минимальным; коэффициенты опасности для таких веществ как твердые фториды, диоксид азота, оксид углерода за период 2010-2015 гг. изменились незначительно.

Анализ результатов по Падунскому округу указывает на увеличение коэффициента опасности для диоксида серы по сравнению с 2010 г. в 2,7 раза, для фтористого водорода в 1,6 раз. В Центральном и Падунском округе наибольший риск для здоровья приходится на органы дыхания, где доминирующее влияние оказывает пыль, диоксид азота и сероводород. В Центральном округе на костную систему выявлен риск по воздействию твердых фторидов и фтористого водорода.

Литература

1. Авилиани С.Л. Окружающая среда. Оценка риска для здоровья (мировой опыт).- М.: ЦОП RCI, 1997. – 157с.
2. Онищенко Г.Г. и др. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Под ред. Рахманина Ю.А. М.:НИИИЭЧ и ГОС, 2002. -408 с.
3. Никифорова В.А. Проблемы здоровья современной студенческой молодёжи в условиях экологического неблагополучия / В.А. Никифорова, Т.Г. Перцева, Е.А.Прохоренко, А.А.Никифорова. // Системы. Методы. Технологии. 2014. №4 (12). С. 192-196.

Современные технологические машины и оборудование

УДК 621.9

Анализ геометрии сборного сверла со сменными многогранными пластинами

А.С. Анисимов

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета

Ключевые слова: Сверление, сверла с многогранными пластинами, геометрические параметры режущей части.

Приведена методика расчета геометрических параметров сверл с механическим креплением сменных многогранных твердосплавных пластин. Использован математический аппарат векторной алгебры. Данная методика учитывает все многообразие многогранных пластин: пластины с задними углами и без них, пластины со стружечными канавками и без них. Проведен анализ геометрии сверла конструкции Томского инструментального завода, на основе которого установлены неблагоприятные геометрические параметры центральной пластины сверла. На основе расчетов установлено, что область отрицательных значений главного заднего угла сверла находится около оси сверла, где происходит выкрошивание сменной многогранной пластины и сверло преждевременно теряет свои режущие свойства. Сделан вывод о необходимости улучшения конструкций сверл со сменными многогранными пластинами путем варьирования конструктивными параметрами.

Введение

Сверла, оснащенные сменными многогранными пластинами (СМП) из твердого сплава, находят все большее применение при обработке материалов с повышенной твердостью. Так они применяются для сверления отверстий диаметром 22 мм в закаленных железнодорожных рельсах в полевых условиях. При этом наблюдаются выкрошивания и сколы СМП в связи с неблагоприятными условиями работы. Одна из причин этих явлений связана с отсутствием анализа геометрических параметров режущей части сверл с СМП, который значительно отличается от спиральных сверл.

Постановка и решение задачи

Рассмотрим задачу определения статических геометрических параметров (φ , λ , α , γ) в произвольной точке лезвия сборного сверла по известной форме СМП с учетом ее ориентации в корпусе. За начало отсчета возьмем вершину O (рис.1), в которой имеем максимальную скорость резания. Станочные оси координат XYZ имеют следующие направления относительно инструмента [1]: Ox – вдоль оси сверла; Oy – по радиусу; Oz – касательно к диаметру. Ориентация СМП в корпусе задана двумя углами: фронтальным γ_x и профильным γ_y , положительные значения которых показаны на рис.2. В отличие от γ_x , имеющего одно и то же значение для всех точек главной режущей кромки, величина γ_y зависит от радиуса текущей точки A .

Инструментальная система координат $X_n Y_n Z_n$ с центром в т. O жестко связана с СМП, причем ее плоскость $X_n O Y_n$ всегда параллельна опорной поверхности гнезда корпуса под режущую пластину [1, 2]. На рабочих чертежах концевых инструментов часто угол

γ_y задается расстоянием c от вершины СМП до диаметральной плоскости, параллельной обеим пластинам (см. рис.1). Тогда для точки O имеет место формула:

$$\sin \gamma_y^O = \frac{c}{R_u}, \quad (1)$$

где R_u – радиус инструмента.

Возьмем на рабочем участке режущей кромки СМП произвольную точку A (рис.2). Параллельный перенос станочной системы координат из т. O в т. A дает статическую систему координат [3, 4].

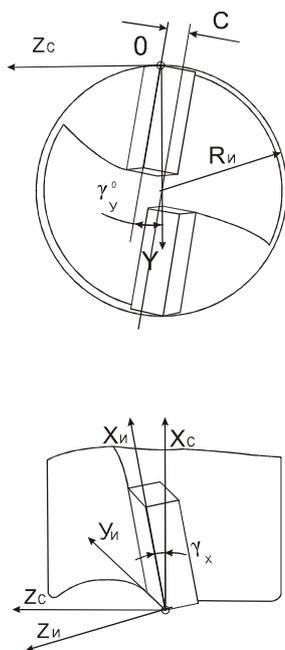


Рис. 1. Углы γ_y и γ_x ориентации СМП в корпусе сверла

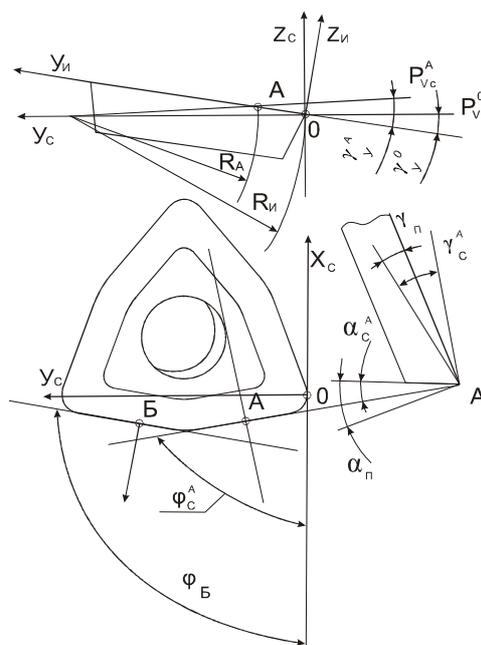


Рис.2. Геометрические параметры в точке A

Положение статической основной плоскости в этой точке P_{vc}^A изменится по сравнению с точкой O и профильный угол ориентации СМП для нее определится из соотношения:

$$\sin \gamma_y^A = \frac{R_u}{R_A} \cdot \sin \gamma_y^O, \quad (2)$$

где R_A – величина радиуса точки A (см. рис.2).

Пусть в инструментальной системе координаты точки A заданы значениями x_u^A , y_u^A , z_u^A . В частном случае, если передняя поверхность плоская, то $z_u^A=0$. Используя формулы перехода [1], получим следующие выражения для статических координат точки A :

$$\begin{aligned} x_c^A &= x_u^A \cdot \cos \gamma_x - z_u^A \cdot \sin \gamma_x; \\ y_c^A &= -x_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \sin \gamma_y^A + y_u^A \cdot \cos \gamma_y^A - z_u^A \cdot \cos \gamma_x \cdot \sin \gamma_y^A; \\ z_c^A &= x_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A + y_u^A \cdot \sin \gamma_y^A + z_u^A \cdot \cos \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A. \end{aligned} \quad (3)$$

Если профиль СМП в плане в инструментальной системе координат задан кривой $y_u = f(x_u)$, то для принятой ориентации осей касательная к нему в точке A будет задаваться инструментальным углом в плане

$$\varphi_u^A = \pi - \text{arctg}(y_u^A)', \quad (4)$$

где $(y_u^A)' = \frac{dy_u}{dx_u} \Big|_A$ – производная этого профиля в т. А.

Тогда единичный направляющий вектор этой касательной равен:

$$\vec{a}_1 = -\cos \varphi_u^A \cdot \vec{i}_u + \sin \varphi_u^A \cdot \vec{j}_u, \quad (5)$$

где \vec{i}_u, \vec{j}_u – орты инструментальной системы координат.

Этот же вектор в статической системе координат равен

$$\vec{a}_1 = -\cos \varphi_u^A \cdot \cos \gamma_x \cdot \vec{i}_c + (\cos \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \sin \gamma_y^A + \sin \varphi_u^A \cdot \cos \gamma_y^A) \cdot \vec{j}_c + (\sin \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_y^A - \cos \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A) \cdot \vec{k}_c \quad (6)$$

где $\vec{i}_c, \vec{j}_c, \vec{k}_c$ – орты статической системы координат.

Проекция вектора \vec{a}_1 на плоскость P_{vc}^A

$$\vec{a}_1^{\Pi} = -\cos \varphi_u^A \cdot \cos \gamma_x \cdot \vec{i}_c + (\cos \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \sin \gamma_y^A + \sin \varphi_u^A \cdot \cos \gamma_y^A) \cdot \vec{j}_c \quad (7)$$

дает следующее выражение для расчета статического угла в плане для т. А режущей кромки

$$\text{tg } \varphi_c^A = -\frac{\cos \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \sin \gamma_y^A + \sin \varphi_u^A \cdot \cos \gamma_y^A}{\cos \varphi_u^A \cdot \cos \gamma_x}$$

или

$$\text{tg } \varphi_c^A = -\frac{\sin \gamma_x \cdot \sin \gamma_y^A + \text{tg } \varphi_u^A \cdot \cos \gamma_y^A}{\cos \gamma_x} \quad (8)$$

Из (6) получена также формула для определения статического угла наклона режущей кромки в точке А вида

$$\sin \lambda_c^A = \sin \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_y^A - \cos \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A, \quad (9)$$

В общем случае, до своей ориентации в корпусе инструмента, СМП в точке А имеет заданные ее формой значения переднего угла на пластине γ_{Π}^A и заднего угла α_{Π}^A (см. рис.2). Тогда в инструментальной системе координат нормаль к передней поверхности задается вектором

$$\vec{a}_2 = \sin \gamma_{\Pi}^A \cdot \sin \varphi_u^A \cdot \vec{i}_u + \sin \gamma_{\Pi}^A \cdot \cos \varphi_u^A \cdot \vec{j}_u + \cos \gamma_{\Pi}^A \cdot \vec{k}_u, \quad (10)$$

Он же в статической системе координат

$$\vec{a}_2 = (\sin \gamma_{\Pi}^A \cdot \cos \varphi_u^A \cdot \cos \gamma_x - \cos \gamma_{\Pi}^A \cdot \sin \gamma_x) \cdot \vec{i}_c + (\sin \gamma_{\Pi}^A \cdot \cos \varphi_u^A \cdot \cos \gamma_y^A - \sin \gamma_{\Pi}^A \cdot \sin \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \sin \gamma_y^A - \cos \gamma_{\Pi}^A \cdot \cos \gamma_x \cdot \sin \gamma_y^A) \cdot \vec{j}_c + (\sin \gamma_{\Pi}^A \cdot \sin \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A + \sin \gamma_{\Pi}^A \cdot \cos \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_y^A + \cos \gamma_{\Pi}^A \cdot \cos \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A) \cdot \vec{k}_c \quad (11)$$

Линия пересечения передней поверхности СМП и статической главной секущей плоскости P_{tc}^A (см.рис.2.3) задается вектором $\vec{a}_3 = \vec{a}_1^{\Pi} \times \vec{a}_2$, где \vec{a}_1^{Π} определится выражением (7), а \vec{a}_2 - выражением (11). Проведя преобразования, получим следующую формулу для расчета статического переднего угла в точке А сборного сверла с механическим креплением СМП:

$$\begin{aligned} \sin \gamma_c^A = & -\cos \gamma_{II}^A (\cos \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_y^A + \sin \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A) + \\ & + \sin \gamma_{II}^A \cdot [\sin \gamma_x \cdot \cos \gamma_x \cdot \sin \gamma_y^A \cdot (\sin \varphi_u^A \cdot \cos \varphi_u^A - \cos^2 \varphi_u^A) - \\ & - \cos \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A \cdot (\sin \varphi_u^A \cdot \cos \varphi_u^A + \cos^2 \varphi_u^A)] \end{aligned} \quad (12)$$

которая для СМП без стружечных канавок ($\gamma_{II}=0$) имеет вид

$$\sin \gamma_c^A = -\cos \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_y^A - \sin \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A, \quad (13)$$

Для СМП с задним углом α_{II}^A имеем следующее выражение для вектора в инструментальной системе, нормального в т.А к задней поверхности (см. рис.2):

$$\vec{a}_4 = -\cos \alpha_{II}^A \cdot \sin \varphi_u^A \cdot \vec{i}_u - \cos \alpha_{II}^A \cdot \cos \varphi_u^A \cdot \vec{j}_u - \sin \alpha_{II}^A \cdot \vec{k}_u, \quad (14)$$

В статической системе координат

$$\begin{aligned} \vec{a}_4 = & (\sin \alpha_{II}^A \cdot \sin \gamma_x - \cos \alpha_{II}^A \cdot \sin \varphi_u^A \cdot \cos \gamma_x) \cdot \vec{i}_c + \\ & + (\cos \alpha_{II}^A \cdot \sin \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \sin \gamma_y^A - \cos \alpha_{II}^A \cdot \cos \varphi_u^A \cdot \cos \gamma_y^A + \sin \alpha_{II}^A \cdot \cos \gamma_x \cdot \sin \gamma_y^A) \cdot \vec{j}_c - \\ & - (\cos \alpha_{II}^A \cdot \sin \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A + \cos \alpha_{II}^A \cdot \cos \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_y^A + \sin \alpha_{II}^A \cdot \cos \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A) \cdot \vec{k}_c \end{aligned} \quad (15)$$

Линия пересечения задней поверхности и статической главной секущей плоскости имеет направляющий вектор $\vec{a}_5 = \vec{a}_1^{II} \times \vec{a}_4$. Отсюда получим следующую формулу для расчета статического заднего угла в т.А.

$$\sin \alpha_c^A = \cos \alpha_{II}^A \cdot (\sin \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A + \cos \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_y^A) + \sin \alpha_{II}^A \cdot \cos \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A. \quad (16)$$

При $\alpha_{II}^A=0$ имеем $\sin \alpha_c^A = \sin \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A + \cos \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_y^A$

Таким образом, задаваясь геометрией СМП и углами ее ориентации в корпусе сборного сверла по формулам (8), (9), (12) и (16) рассчитываются все геометрические параметры лезвия в произвольной точке его режущей кромки.

Полученные результаты

Используя вышеприведенную методику расчета, была проанализирована конструкция сборного сверла, оснащенного сменными многогранными пластинами производства Томского инструментального завода. Общий вид и схема крепления пластин этого сверла представлены на рис.3 и рис.4. Сверло характеризуется наличием двух сменных многогранных твердосплавных пластин.



Рис.3. Общий вид сверла с СМП

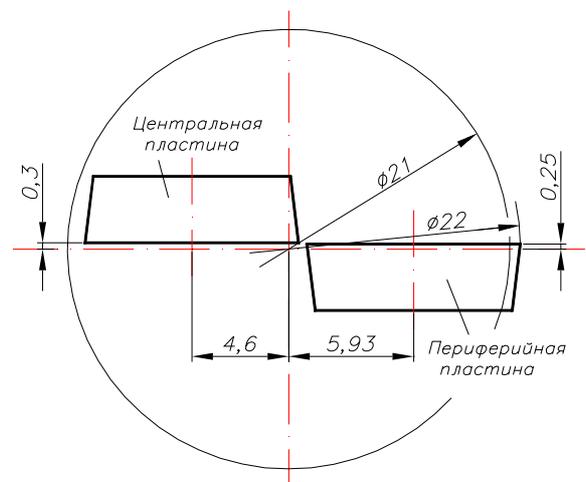


Рис.4. Схема крепления СМП на сверле

Для расчета статических геометрических параметров разобьем режущую кромку каждой пластины на участки равной длины и определим для каждого участка по форму-

лам (9), (12) и (16) статические геометрические параметры. На рис.5 приведены результаты расчета статических заднего угла α , переднего угла γ и угла наклона главной режущей кромки λ сверла для центральной пластины. Из рис.5 следует, что на участке режущей кромки, прилегающему к центру сверла, на длине около одного миллиметра главный задний угол принимает отрицательные значения. Это приводит к затиранию здесь задней поверхности центральной СМП.

Аналогичные расчеты геометрических параметров, проведенные для периферийной пластины показывают, что периферийная пластина работает в более благоприятных условиях по сравнению с центральной, на которой геометрические параметры, особенно в области наиболее близкой к оси сверла, принимают критические для работоспособности значения.

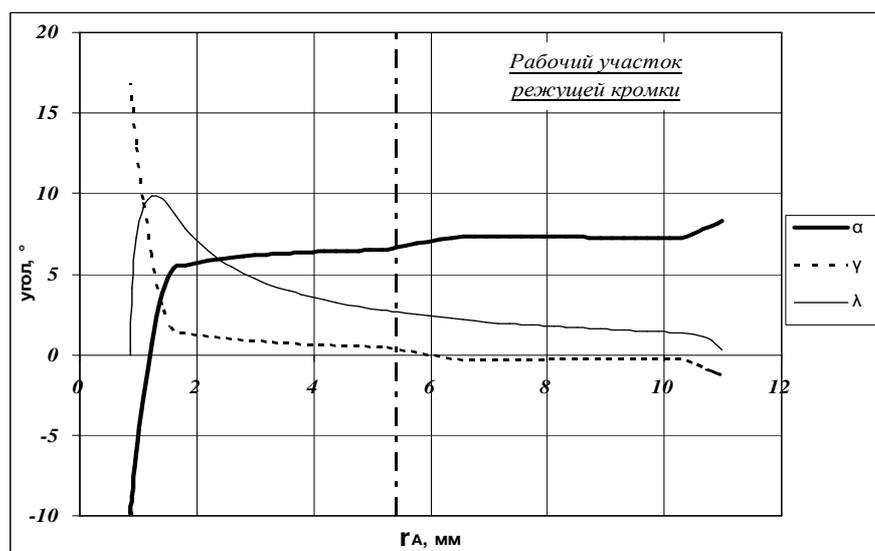


Рис.5. Изменение статических геометрических параметров по длине режущей кромки для центральной пластины

Следует отметить, что при расположении пластин на оси сверла без смещения, вектор скорости резания в каждой точке режущей кромки перпендикулярен передней поверхности СМП и, следовательно, геометрические параметры сверла совпадают с геометрическими параметрами пластин.

Вывод

Основной причиной низкой работоспособности сверл со сменными многогранными пластинами является неблагоприятная геометрия на центральной пластине. Необходимо усовершенствовать конструкцию путем варьирования конструктивными параметрами.

Литература

1. Петрушин С.И. Геометрический анализ конструкций сборных режущих инструментов со сменными многогранными пластинами. // С. И. Петрушин, А. А. Баканов, А. В. Махов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 101 с.
2. Petrushin S.I, Gubaidulina R.Kh, Bakanov A.A., Makhov A.V. Geometie analysis of composite cutting tools with replacable polyhedral plates. // Russian Engineering Research.– 2009. -№ 6 –р.64-70.
3. Петрушин С. И. Основы формообразования резанием лезвийными инструментами. Учебное пособие: – Томск. Изд-во НТЛ.– 2004.–204с.
4. Petrushin S. I. Differential equation for tool wear // Russian Engineering Research. – 2015 – Vol. 34. – №. 12. – p. 756-762.

УДК 004.94:548.4:621.92

Сбор, интерпретация и адаптация данных для динамического моделирования

А.В. Бондин

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: моделирование и компьютерная визуализация, металлические фазы, тип кристаллической решетки, атомный радиус, комбинированная электроалмазная обработка, алмазное зерно.

Для решения актуальных задач, например, в области материаловедения при разработке новых конструкционных и функциональных наноматериалов, для предсказательно-го моделирования их свойств, необходимо производить молекулярное моделирование на высоких мощностях современных суперкомпьютеров. Поэтому вопросы о возможности атомистического моделирования статической структуры материалов, моделирования процесса их резания, т.е. визуализация поверхностей на атомном уровне, нашедшая отражение в компьютерной 3D-графике и видео, еще долгое время будут весьма актуальны.

Введение

Известно, что одной из причин снижения функциональности шлифования является непрерывный процесс адгезионно-диффузионного засорения [1–3] абразивного слоя шлифовального инструмента элементами обрабатываемого материала [4–8]. Это влечет за собой потерю его производительности и режущей способности, приводит к возрастанию сил резания, контактной температуры [9, 10], удельному расходу алмазных шлифовальных кругов [11, 12]. Частично наукой были определены разнообразные способы минимизации засаливания абразивных кругов, однако с алмазными шлифовальными кругами на металлической связке поиск этих способов все еще не закончен. Поэтому исследователям остается лишь констатировать, что, не смотря на то, что круги из кубического нитрида бора менее пригодны для шлифования керамических, сверхтвердых, труднообрабатываемых твердосплавных материалов [13–19], современных композиционных [20–24] и инструментальных наноматериалов, но производство вынуждено использовать их там, где предпочтительнее использовать алмаз.

Вероятно, ответ на данный вопрос можно найти только на стыке разных областей – физики твердого тела, материаловедения, синтеза алмаза [11, 12], резания металлов [25–28]. А объединить знания и наглядно показать, визуализировать все нюансы процесса резания представляется возможным при помощи компьютерного моделирования шлифования методами молекулярной динамики [29–33].

Методика экспериментальных исследований поверхности алмазных шлифовальных кругов после комбинированной электроалмазной обработки [34–40]: изображения поверхностей АШК на металлической связке получены с помощью растровой электронной микроскопии (Carl Zeiss EVO@50 XVP); параметры микрорельефа получены средствами оптической интерферометрии (Zygo NewView™7300); химический состав поверхностей АШК на металлической связке получен рентгеновским энерго-дисперсионным анализом (Energy-Dispersive X-ray Analysis (Oxford Instruments)); фазовый состав поверхностей АШК на металлической связке получен рентгеноструктурным анализом (ARL X'TRA (Thermo Fisher Scientific)).

Сбор параметров для динамического моделирования химических элементов

Первоочередной задачей, стоящей целью данного исследования, стоит динамическое моделирование процесса резания таких элементов как: железо, вольфрам, хром, молибден, медь, углерод (алмаз) и ванадий. И первым этапом становится сбор необходимых данных о каждом из этих элементов [29].

Используя данные справочной литературы, была составлена таблица 1, с известными современной науке параметрами каждого из участвующих в симуляции элементов.

Таблица 1

Параметры элементов

Физический параметр		Cu	C	Cr	W	V	Mo	Fe
Density	Плотность	8,92	2,26	7,14	19,25	6,11	10,28	7,874
YoungModulus	Модуль Юнга	130	0	279	411	128	329	211
MohsHardness	Твердость по Моосу	3	10	8,5	7,5	7	5,5	4

Плотность – скалярная физическая величина, определяемая как отношение массы тела к занимаемому этим телом объёму или площади (поверхностная плотность).

Модуль Юнга (модуль продольной упругости) – физическая величина, характеризующая свойства материала сопротивляться растяжению/сжатию при упругой деформации.

Шкала твёрдости по Моосу – десятибалльная шкала минеральной твёрдости, устойчивости к царапинам более мягких материалов перед более твёрдыми. Она была создана в 1812 году немецким минерологом Фридрихом Моосом. Твердость отдельных минералов не распространяется пропорционально или линейно, но имеет сравнительные характеристики. Минералы расположены от самого мягкого до самого твёрдого. Каждый минерал может поцарапать минерал, который предшествует ему по шкале (более мягкий) и может быть поцарапан следующим после него по шкале (более твёрдым). Это только приблизительная шкала, классификация минерала, который сможет поцарапать поверхность другого минерала, соответствующего его твёрдости. Например, если поцарапать поверхность тестируемого минерального кварца, то царапающий материал может иметь такую же твёрдость. Стоит отметить, что данная шкала может быть применима не только к минералам, но и к другим веществам.

Интерпретация параметров для динамического моделирования химических элементов

Данные, записанные в таблице 1, не подходят к значениям в скрипте Molecular Script, поэтому нужно их интерпретировать и адаптировать под приложение Blender. Результаты интерпретации представлены в таблице 2.

Таблица 2

Интерпретация данных

Параметр Molecular		Cu	C	Cr	W	V	Mo	Fe
Friction	Трение	8,92	2,26	7,14	19,25	6,11	10,28	7,874
Damping	Гашение энергии	130	0	279	411	128	329	211
Damping	Пружинистость	130	0	279	411	128	329	211
Broken	Сила сцепки	3	10	8,5	7,5	7	5,5	4

Интерпретирование происходило посредством сопоставления реальных данных плотности к трению, гашения энергии/пружинистости к модулю Юнга, силы сцепки к твёрдости по Моосу.

На данном этапе работа не останавливается, так как числа, представленные в таблице 2, не подходят к числам в скрипте по максимальному и минимальному значениям. Основываясь на этом, также следует адаптировать полученные данные к приложению. Адаптация проводилась путем выявления максимального значения у каждого из параметров, записанных каждый в свою строку, и сопоставлялось с максимальным значением па-

раметров в молекулярном расширении. Далее проводилась конвертация параметров. Результат адаптации представлен в таблице 3.

Таблица 3

Адаптация данных

Параметр Molecular		Cu	C	Cr	W	V	Mo	Fe
Friction	Трение	0,00446	0,00113	0,00357	0,009625	0,003055	0,00514	0,003937
Damping	Гашение энергии	0,0026	0	0,00558	0,00822	0,00256	0,00658	0,00422
Damping	Пружинистость	0,0026	0	0,00558	0,00822	0,00256	0,00658	0,00422
Broken	Сила сцепки	0,06	2	0,17	0,15	0,14	0,11	0,08
NewLinking	Налипание	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%

Литература

1. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S., Zamashchikov Y.I. Diffusion phenomena in the combined electric diamond grinding // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Т. 799–800. С. 291–298.
2. Popov V.Y., Yanyushkin A.S. Adhesion-diffusion interaction of contact surfaces with the treatment diamond grinding wheels // *Eastern European Scientific Journal*. 2014. № 2. С. 301–310.
3. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Расчет энергии адгезии контактных поверхностей при шлифовании инструментальных материалов различными методами // *Наукоёмкие технологии в машиностроении*. 2014. № 5 (35). С. 14–19.
4. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Андронов А.Ю. Результаты комплексного изучения состава засаленного слоя алмазных кругов // *Системы. Методы. Технологии*. 2014. № 1 (21). С. 114–120.
5. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Исследование поверхности алмазных кругов после комбинированной электроалмазной обработки быстрорежущей стали // *Технология машиностроения*. 2013. № 11. С. 26–30.
6. Попов В.Ю., Большаков И.М., Гуглин Г.С., Распутин Е.В. Исследование процесса засаливания алмазных шлифовальных кругов на металлической связке при обработке быстрорежущей стали Р6М5 // *Механика XXI века*. 2010. № 9. С. 101–104.
7. Кудряшов С.М., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Использование минеральных рассолов для устранения засаленного слоя при комбинированной электроалмазной обработке быстрорежущей стали Р6М5 // *Системы. Методы. Технологии*. 2010. № 6. С. 109–118.
8. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Поверхность алмазного круга после электроалмазного шлифования быстрорежущей стали // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2002. Т. 2. С. 146–151.
9. Ivancivsky V., Parts K., Popov V. Depth distribution of temperature in steel parts during surface hardening by high frequency currents // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Т. 788. С. 129–135.
10. Янюшкин А.С., Лосев А.Б., Якимов С.А., Попов В.Ю. Роль температуры при затачивании инструментов алмазными кругами на металлической связке // *Металлургия и машиностроение: ежеквартальный специализированный информационный бюллетень*. 2006. № 1. С. 49–53.
11. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Хлыстов А.Н. Дефекты в алмазах – основа адгезии при шлифовании // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2017. № 1 (74). С. 30–39.
12. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Хлыстов А.Н. О разрушении алмазных зерен при шлифовании // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2016. № 4 (73). С. 16–23.
13. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Влияние параметров электроалмазного шлифования твердых сплавов на величину растворенного слоя // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2014. № 3 (64). С. 68–75.
14. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Медведева О.И., Ковалевский С.В., Рычков Д.А. Электроалмазная обработка высокопрочных материалов с нанесением защитных покрытий // *Системы. Методы. Технологии*. 2013. № 3 (19). С. 125–129.
15. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М., Якимов С.А., Петров Н.П. Методика расчета величины разрушения режущей кромки твердосплавного инструмента // *Системы. Методы. Технологии*. 2010. № 8. С. 139–144.

16. Кузнецов А.М., Якимов С.А., Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Расчет напряжений, возникающих при затачивании твёрдосплавного инструмента с малым углом заострения // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2009. № 22. С. 25–30.
17. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Износостойкость твердосплавного инструмента при обработке древесностружечных плит // Технология машиностроения. 2008. № 11. С. 29–31.
18. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Качественные показатели поверхностей и состояние режущей кромки твердосплавного дереворежущего инструмента, заточенного различными методами электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2005. Т. 2. С. 153–156.
19. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Недостатки традиционных методов затачивания твердосплавного инструмента и пути их совершенствования // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2004. Т. 2. С. 95–98.
20. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Рычков Д.А., Кузнецов А.М. Новые конструктивные решения сборного фрезерного инструмента для обработки композиционных неметаллических материалов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 153–157.
21. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Петров Н.П., Рычков Д.А. Повышение эффективности обработки высокопрочных композиционных материалов // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 146–149.
22. Кузнецов А.М. Повышение эффективности фрезерования композиционных древесных материалов мелкозернистым твёрдосплавным инструментом: дисс. канд. техн. наук 05.03.01 / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2009. – 186 с.
23. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М., Мажитов С.Х. Определение рациональных режимов обработки и геометрии инструмента при фрезеровании композиционных материалов // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 203–205.
24. Кузнецов А.М., Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Слепенко Е.А., Рычков Д.А. Рационализация процесса фрезерования труднообрабатываемых композиционных материалов твёрдосплавным инструментом // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 196–200.
25. Попов В.Ю. Шероховатость поверхности быстрорежущего инструмента в зависимости от режимов электроалмазной обработки // Актуальные проблемы в машиностроении. 2015. № 2. С. 21–26.
26. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Формирование поверхностного слоя режущего инструмента при алмазной обработке кругами на металлической связке // Решетневские чтения. 2014. Т. 1. № 18. С. 306–308.
27. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Сурьев А.А. Качество инструмента из инструментальных сталей после обработки методом двойного травления // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2003. Т. 2. С. 206–212.
28. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Шероховатость поверхности после шлифования по методу двойного травления // Объединенный научный журнал. 2002. № 21. С. 65–67.
29. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Атомная визуализация алмазного резания // Компьютерные исследования и моделирование. 2016. Т. 8. № 1. С. 137–149.
30. Попов В.Ю., Ларева А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки в среде Blender 3D // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2015. Т. 1. С. 187–191.
31. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Молекулярно-динамическое моделирование ювенильных поверхностей // Механики XXI века. 2015. № 14. С. 103–107.
32. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. 3D моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 201–207.
33. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. Методика компьютерного моделирования процессов комбинированной электроалмазной обработки // Механики XXI века. 2014. № 13. С. 91–96.
34. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. "Ключевая" популярность электроалмазной обработки // Механики XXI века. 2016. № 15. С. 50–57.
35. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S. Combined electro-diamond grinding of high speed steels // International Journal of Advances in Machining and Forming Operations. 2012. Т. 4. № 1. С. 91–102.

36. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Янюшкин Р.А. Элементы модернизации станков шлифовальной группы под процессы электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2000. Т. 1. С. 189–190.

37. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Способ электроабразивной обработки токопроводящим кругом с его одновременной правкой: пат. 2268118. Рос. Федерация; заявл. 15.06.2004; № заявки 2004118239/02, опубл. 20.01.2006.

38. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Устройство для электроабразивной обработки с одновременной правкой круга: пат. 42193. Рос. Федерация; заявл. 21.07.2004; № заявки 2004122212/22, опубл. 27.11.2004.

39. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Тензометрическая вставка для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 2210749. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116429, опубл. 20.08.2003.

40. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Приспособление для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 22115641. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116428, опубл. 10.11.2003.

УДК 621.923.6; 621.923.9

Засаливание алмазных кругов при комбинированной электроалмазной обработке

М.В. Кутовенко, М.С. Бонко

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: комбинированная электроалмазная обработка, засаливание, алмазный шлифовальный круг, адгезия.

Современный уровень развития машиностроения требует постановки на одно из главных мест проблему повышения эффективности производства, решение которой неразрывно связано с вопросами повышения эффективности технологических методов обработки. Это вызывает необходимость поиска новых прогрессивных технологических методов обработки и дальнейшего совершенствования существующих методов и технологий, позволяющих значительно улучшить качество изделий и обеспечивать высокие эксплуатационные показатели, повышая при этом производительность механической обработки.

К наиболее прогрессивным, высокопроизводительным методам абразивно-алмазной обработки относится шлифование. Шлифование – это процесс резания материалов с помощью абразивного материала, режущими элементами которого являются абразивные зерна. Электроалмазное шлифование (ЭАШ) – это комбинированный метод обработки, при котором имеют место электрохимическое, электрофизическое и механическое воздействия на обрабатываемую поверхность заготовки. В зависимости от условий обработки могут превалировать те или другие явления. Преимуществом применения ЭАШ является значительное снижение сил резания и температуры [1, 2] в зоне контакта инструмент-деталь, что в свою очередь приводит к снижению деформационных напряжений в поверхностном слое детали.

Современный инструментальный материал должен иметь высокую твердость, чтобы в течение длительного времени срезать стружку. Значительное превышение твердости инструментального материала по сравнению с твердостью обрабатываемой заготовки должно сохраняться и при нагреве инструмента в процессе резания. Режущая часть инструмента должна обладать большой износостойкостью в условиях высоких давлений и температур.

В настоящее время для изготовления режущих элементов инструментов применяются как инструментальные стали, так и твердые сплавы [3–9].

Режущие инструменты, изготовленные из углеродистых инструментальных сталей У10А, У11А, У12А, У13А, обладают достаточной твердостью, прочностью и износостойкостью при комнатной температуре, однако теплостойкость их невелика. Для изготовления режущих инструментов также используются стали 11ХФ, 13Х, ХВ4, В2Ф неглубокой прокаливаемости и стали Х, 9ХС, ХВГ, ХВСГ глубокой прокаливаемости.

Из металлокерамических твердых сплавов изготавливают пластинки твердого сплава различных размеров и форм, которыми оснащаются резцы, фрезы, сверла, зенкеры, развертки и др. [10–14].

Абразивные инструменты при шлифовании инструментальных сталей и твердых сплавов подвергаются периодическим и перманентным силовым, тепловым и физико-химическим воздействиям, в результате которых их рабочие поверхности изнашиваются, затупляются и засаливаются [15–19].

Под засаливанием понимают непрерывный процесс адгезионно-диффузионного засорения абразивного слоя шлифовального инструмента элементами обрабатываемого материала, влекущий за собой потерю его производительности и режущей способности [20–22]. Засаливание является основной причиной потери режущей способности абразивных инструментов. В результате засаливания теряют режущую способность еще не затупленные зерна [23, 24]. Для восстановления его режущей способности и исправления геометрической формы применяют правку шарошками, твердосплавными роликами, абразивными дисками и техническими алмазами. Интенсивность засаливания увеличивается при увеличении твердости шлифовального круга и с уменьшением их зернистости.

Засаливание круга приводит к снижению его стойкости, вызывает вибрации и дробление, сопровождается резким повышением температуры в зоне резания. Правильный выбор состава и метода подвода СОЖ позволяет уменьшить износ и засаливание круга, повышает его работоспособность, улучшает качество поверхностного слоя и повышает точность обработки. Однако при чрезмерно высоком смазывающем действии охлаждающей жидкости может слишком ускориться явление засаливания круга, что вызывает отрицательное влияние на его работу.

На засаливание круга при шлифовании и затачивании влияет структура круга. Структура характеризует строение абразивного инструмента в зависимости от количественного соотношения между зернами, связкой и порамаи в единице объема.

Во избежание засаливания круга для мягких металлов следует применять более мягкие круги. Чем тверже обрабатываемый материал, тем мягче должен быть круг. Исключением являются весьма мягкие и вязкие металлы и сплавы (алюминий, медь, бронза, латунь и др.), их лучше обрабатывать мягкими кругами [25, 26].

Однако с применением комбинированной электроалмазной обработки (КЭАО) отпадает необходимость в дополнительном времени на правку засаленной поверхности круга, так как она осуществляется автоматически и непрерывно с помощью специального безызносного катода [27, 33].

КЭАО заключается в одновременной непрерывной правке поверхности шлифовального круга и анодном растворении удаляемого припуска обрабатываемой поверхности шлифуемого изделия.

Следует отметить, что высокая эффективность этого метода достигается благодаря резкому улучшению режущих свойств алмазных кругов, которые поддерживаются непрерывной правкой круга, включаемой автоматически при включении главного привода станка (цепь II). Электрическая цепь I также включается автоматически при начале движения подачи (рис. 1).

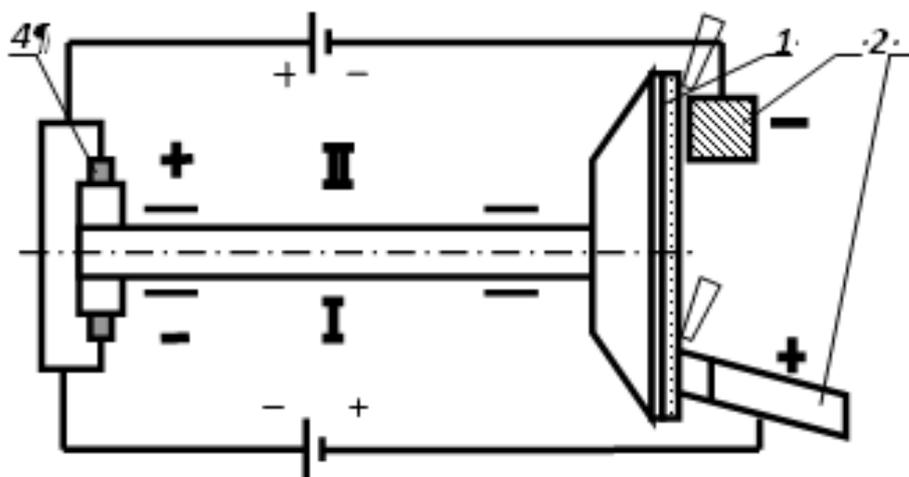


Рис.1. Принципиальная электрическая схема КЭАО:
1 – алмазный круг; 2 – катод; 3 – резец; 4 – токосъёмник

Рентгеновский энерго-дисперсионный анализ химического состава засаленного слоя показал, что обработка материалов без подключения электрохимических процессов приводит к возникновению диффузии на контактирующих поверхностях и адгезионному схватыванию разнородных материалов. Этому способствует высокое давление в зоне резания и, очевидно, ван-дер-ваальсовы силы притяжения [34–38], действующие при расстояниях между твёрдыми объектами меньше $\sim 100 \text{ \AA}$ ($\sim 0.01 \text{ \mu m}$). Пики входящих в состав связки круга элементов Sn и Cu практически отсутствуют или наблюдаются на уровне фона. Образец содержит только пик C, который принадлежит алмазу и пик O, позволяющий предположить наличие окислительных процессов. В то же время в составе засаленного слоя в большом количестве присутствуют элементы основных компонентов инструментального материала – Mn, Fe, Cr и Si. Это свидетельствует о том, что они без изменений диффундировали с поверхности затачиваемых пластин на поверхность круга.

Анализ поверхности круга, полученный после КЭАО показал, что с небольшой разницей пиков Sn и Cu сканограмма наиболее приближена к эталону. Следовательно, образование засаленного слоя на поверхности алмазных шлифовальных кругов можно предотвратить путём подбора электрических режимов КЭАО, нейтрализующих или смягчающих воздействие диффузионных и адгезионных явлений.

Таким образом электроалмазная обработка обеспечивает высокую производительность труда, улучшает качество инструмента [39–42]. Применение этого метода обработки позволяет сократить расход алмазов, создавать принципиально новые высокопроизводительные конструкции изделий из инструментальных сталей.

Литература

1. Ivancivsky V., Parts K., Popov V. Depth distribution of temperature in steel parts during surface hardening by high frequency currents // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Т. 788. С. 129–135.
2. Янюшкин А.С., Лосев А.Б., Якимов С.А., Попов В.Ю. Роль температуры при затачивании инструментов алмазными кругами на металлической связке // *Металлургия и машиностроение: ежеквартальный специализированный информационный бюллетень*. 2006. № 1. С. 49–53.
3. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Влияние параметров электроалмазного шлифования твердых сплавов на величину растворенного слоя // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2014. № 3 (64). С. 68–75.
4. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Медведева О.И., Ковалевский С.В., Рычков Д.А. Электроалмазная обработка высокопрочных материалов с нанесением защитных покрытий // *Системы. Методы. Технологии*. 2013. № 3 (19). С. 125–129.

5. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М., Якимов С.А., Петров Н.П. Методика расчета величины разрушения режущей кромки твердосплавного инструмента // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 8. С. 139–144.
6. Кузнецов А.М., Якимов С.А., Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Расчет напряжений, возникающих при затачивании твёрдосплавного инструмента с малым углом заострения // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2009. № 22. С. 25–30.
7. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Износостойкость твердосплавного инструмента при обработке древесностружечных плит // Технология машиностроения. 2008. № 11. С. 29–31.
8. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Качественные показатели поверхностей и состояние режущей кромки твердосплавного дереворежущего инструмента, заточенного различными методами электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2005. Т. 2. С. 153–156.
9. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Недостатки традиционных методов затачивания твердосплавного инструмента и пути их совершенствования // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2004. Т. 2. С. 95–98.
10. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Рычков Д.А., Кузнецов А.М. Новые конструктивные решения сборного фрезерного инструмента для обработки композиционных неметаллических материалов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 153–157.
11. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Петров Н.П., Рычков Д.А. Повышение эффективности обработки высокопрочных композиционных материалов // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 146–149.
12. Кузнецов А.М. Повышение эффективности фрезерования композиционных древесных материалов мелкозернистым твёрдосплавным инструментом: дисс. канд. техн. наук 05.03.01 / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2009. – 186 с.
13. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М., Мажитов С.Х. Определение рациональных режимов обработки и геометрии инструмента при фрезеровании композиционных материалов // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 203–205.
14. Кузнецов А.М., Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Слепенко Е.А., Рычков Д.А. Рационализация процесса фрезерования труднообрабатываемых композиционных материалов твёрдосплавным инструментом // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 196–200.
15. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Андронов А.Ю. Результаты комплексного изучения состава засаленного слоя алмазных кругов // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 1 (21). С. 114–120.
16. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Исследование поверхности алмазных кругов после комбинированной электроалмазной обработки быстрорежущей стали // Технология машиностроения. 2013. № 11. С. 26–30.
17. Попов В.Ю., Большаков И.М., Гуглин Г.С., Распутин Е.В. Исследование процесса засаливания алмазных шлифовальных кругов на металлической связке при обработке быстрорежущей стали Р6М5 // Механики XXI века. 2010. № 9. С. 101–104.
18. Кудряшов С.М., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Использование минеральных рассолов для устранения засаленного слоя при комбинированной электроалмазной обработке быстрорежущей стали Р6М5 // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 6. С. 109–118.
19. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Поверхность алмазного круга после электроалмазного шлифования быстрорежущей стали // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2002. Т. 2. С. 146–151.
20. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S., Zamashchikov Y.I. Diffusion phenomena in the combined electric diamond grinding // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 799–800. С. 291–298.
21. Popov V.Y., Yanyushkin A.S. Adhesion-diffusion interaction of contact surfaces with the treatment diamond grinding wheels // Eastern European Scientific Journal. 2014. № 2. С. 301–310.
22. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Расчет энергии адгезии контактных поверхностей при шлифовании инструментальных материалов различными методами // Научные технологии в машиностроении. 2014. № 5 (35). С. 14–19.
23. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Хлыстов А.Н. Дефекты в алмазах – основа адгезии при шлифовании // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2017. № 1 (74). С. 30–39.

24. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Хлыстов А.Н. О разрушении алмазных зерен при шлифовании // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2016. № 4 (73). С. 16–23.
25. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S. Combined electro-diamond grinding of high speed steels // *International Journal of Advances in Machining and Forming Operations*. 2012. Т. 4. № 1. С. 91–102.
26. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. "Ключевая" популярность электроалмазной обработки // *Механики XXI века*. 2016. № 15. С. 50–57.
27. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Янюшкин Р.А. Элементы модернизации станков шлифовальной группы под процессы электроалмазной обработки // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2000. Т. 1. С. 189–190.
28. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Способ электроабразивной обработки токопроводящим кругом с его одновременной правкой: пат. 2268118. Рос. Федерация; заявл. 15.06.2004; № заявки 2004118239/02, опубл. 20.01.2006.
29. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Устройство для электроабразивной обработки с одновременной правкой круга: пат. 42193. Рос. Федерация; заявл. 21.07.2004; № заявки 2004122212/22, опубл. 27.11.2004.
30. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Тензометрическая вставка для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 2210749. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116429, опубл. 20.08.2003.
31. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Приспособление для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 22115641. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116428, опубл. 10.11.2003.
32. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Сборная фреза для деревообработки: пат. 2257289. Рос. Федерация; заявл. 30.03.2004; № заявки 2004109804/02, опубл. 27.07.2005.
33. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Сурьев А.А., Кузнецов А.М., Сталидзан М.В. Сборная фреза для деревообработки: пат. 2325272. Рос. Федерация; заявл. 04.07.2006; № заявки 2006124008/03, опубл. 27.05.2008.
34. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Атомная визуализация алмазного резания // *Компьютерные исследования и моделирование*. 2016. Т. 8. № 1. С. 137–149.
35. Попов В.Ю., Ларева А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки в среде Blender 3D // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2015. Т. 1. С. 187–191.
36. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Молекулярно-динамическое моделирование ювенильных поверхностей // *Механики XXI века*. 2015. № 14. С. 103–107.
37. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. 3D моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2014. Т. 1. С. 201–207.
38. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. Методика компьютерного моделирования процессов комбинированной электроалмазной обработки // *Механики XXI века*. 2014. № 13. С. 91–96.
39. Попов В.Ю. Шероховатость поверхности быстрорежущего инструмента в зависимости от режимов электроалмазной обработки // *Актуальные проблемы в машиностроении*. 2015. № 2. С. 21–26.
40. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Формирование поверхностного слоя режущего инструмента при алмазной обработке кругами на металлической связке // *Решетневские чтения*. 2014. Т. 1. № 18. С. 306–308.
41. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Сурьев А.А. Качество инструмента из инструментальных сталей после обработки методом двойного травления // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2003. Т. 2. С. 206–212.
42. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Шероховатость поверхности после шлифования по методу двойного травления // *Объединенный научный журнал*. 2002. № 21. С. 65–67.

УДК 621.923.6; 621.923.9

Износ алмазных кругов при комбинированной электроалмазной обработке

Ю.Н. Войтухов

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: комбинированная электроалмазная обработка, износ, алмазный шлифовальный круг.

Износ рабочей поверхности круга при шлифовании является сложным физико-химическим и механическим процессом, протекание которого зависит от всех условий обработки: характеристики круга, свойств обрабатываемого материала, режима резания и др. Затупление круга наступает в результате обламывания невыгодно расположенных шлифующих зерен, последовательного их расщепления и образования площадок износа, когда зерна теряют свои режущие свойства.

В зависимости от свойств шлифовальных кругов и условий обработки все круги могут работать как с самозатачиванием, так и с затуплением [1, 2].

Затупление круга наступает в результате обламывания невыгодно расположенных шлифующих зерен, последовательного их расщепления и образования площадок износа, когда зерна теряют свои режущие свойства [3, 4].

В зависимости от условий шлифования различают следующие основные виды износа (см. рис. 1):

1. Истирание режущих элементов шлифующих зерен с образованием на них площадок с большей или меньшей шероховатостью (рис. 1, а).
2. Микроразрушение зерен с отделением от них небольших частиц (рис. 2, б).
3. Разрушение зерен с отделением от них небольших частиц, соизмеримых с размером зерна (рис. 1, в).
4. Полное вырывание зерен из связки (рис. 1, г).
5. Разрушение в результате протекания химических реакций в зоне контакта зерна с обрабатываемым материалом при высоких температурах [5, 6], развивающихся в зоне шлифования (рис. 1, д).
6. Забивание промежутков между зернами стружкой и продуктами износа (рис. 1, е) [7–14].

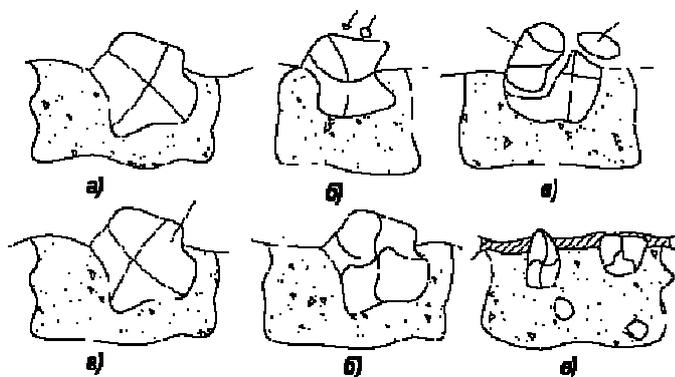


Рис. 1. Основные виды износа шлифовального круга

Алмазные круги на металлических связках имеют свои особенности работы и износа, обусловленные тем, что они изготавливаются из более прочных алмазов марок АС4 и весьма прочных алмазов марки АС6, которые закрепляются в износостойкой и прочной

связке. Вначале изнашиваются наиболее выступающие над поверхностью режущие кромки, затем образование площадок износа наблюдается одновременно на нескольких режущих кромках одного и того же зерна. На притупившиеся алмазные зёрна действуют повышенные нагрузки, в результате чего зёрна могут частично скалываться, либо разрушаться. Разрушенное алмазное зерно имеет меньшее превышение над уровнем связки, но образует значительное число режущих кромок, которые могут участвовать в работе и положительно влиять на процесс шлифования. В ряде случаев, отколовшиеся осколки зёрен оставляют довольно глубокие следы при перекачивании по поверхности, находясь между обрабатываемой деталью и кругом. Под действием нормальных усилий отколовшиеся зёрна могут вновь внедряться в связку и продолжать участвовать в съёме обрабатываемого материала. Выпадения зёрен повышенной прочности марки АС4 у кругов на бронзовой связке практически не происходит. Весьма прочные зёрна марки АС6 иногда вырываются из связки. При шлифовании они изнашиваются медленно, при чём из-за их высокой прочности выкрашивание режущих кромок, как и у зёрен марок АС2 и АС4, происходит весьма редко.

Можно привести сравнительный анализ полученных ранее данных по применению электроалмазной обработки инструментальных материалов [15–18], твёрдых сплавов [19–25], а также композиционных материалов [26–30], с полученными нами данных в результате проведённых фундаментальных и прикладных исследований. Таким образом, исходя из условий обоснованного минимального удельного расхода алмазов, рациональными для затачивания инструментальных материалов следует считать режимы резания, представленные в таблице 1. Следует отметить, что подобные результаты достигаются после небольшой модернизации существующего заточного оборудования [31–37]. А применение молекулярно-динамического подхода при компьютерном моделировании процессов, происходящих при изнашивании режущей поверхности алмазного шлифовального круга, исходя из заданных свойств межмолекулярного взаимодействия моделируемой системы, является мощным инструментом для объединения этих знаний и их визуализации [38–42].

Таблица 1

Рекомендуемые режимы резания и результаты их применения при комбинированной электроалмазной обработке инструментальных материалов

Материал	У7, 9ХС		Р6М5		Т15К6	
Режимы	[15–18]	[1]	[15–18]	[1]	[19–25]	[26–30]
V, м/с	15...40	35	18...30	35	20...30	35
S, м/мин	1,5	1,5...2	0,05...1,5	1...1,5	1,5...2	2,0...2,5
i_{np} , А/см ²	-	0,17...0,3	-	0,2...0,3	-	0,2...0,3
$i_{тр}$, А/см ²	-	6...8	-	6,25	-	15...20
t, мм/дв.ход.	0,04...0,8	0,02...0,03	0,04...0,8	0,015...0,02	0,07...0,2	0,03...0,04
Ra, мкм	0,025...0,63	0,07...0,14	0,08...0,63	0,048...0,14	1,25...0,63	0,1...2,15
q, мг/г	1,3...3,2	0,09...0,2	0,2...0,3	0,1...0,2	0,4...0,6	0,13...0,25

Литература

1. Попов В.Ю., Яныушкин А.С. Combined electro-diamond grinding of high speed steels // International Journal of Advances in Machining and Forming Operations. 2012. Т. 4. № 1. С. 91–102.
2. Попов В.Ю., Яныушкин А.С. "Ключевая" популярность электроалмазной обработки // Механика XXI века. 2016. № 15. С. 50–57.
3. Попов В.Ю., Яныушкин А.С., Хлыстов А.Н. Дефекты в алмазах – основа адгезии при шлифовании // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2017. № 1 (74). С. 30–39.
4. Попов В.Ю., Яныушкин А.С., Хлыстов А.Н. О разрушении алмазных зерен при шлифовании // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2016. № 4 (73). С. 16–23.

5. Ivancivsky V., Parts K., Popov V. Depth distribution of temperature in steel parts during surface hardening by high frequency currents // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Т. 788. С. 129–135.
6. Янюшкин А.С., Лосев А.Б., Якимов С.А., Попов В.Ю. Роль температуры при затачивании инструментов алмазными кругами на металлической связке // *Металлургия и машиностроение: ежеквартальный специализированный информационный бюллетень*. 2006. № 1. С. 49–53.
7. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Андронов А.Ю. Результаты комплексного изучения состава засаленного слоя алмазных кругов // *Системы. Методы. Технологии*. 2014. № 1 (21). С. 114–120.
8. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Исследование поверхности алмазных кругов после комбинированной электроалмазной обработки быстрорежущей стали // *Технология машиностроения*. 2013. № 11. С. 26–30.
9. Попов В.Ю., Большаков И.М., Гуглин Г.С., Распутин Е.В. Исследование процесса засаливания алмазных шлифовальных кругов на металлической связке при обработке быстрорежущей стали Р6М5 // *Механики XXI века*. 2010. № 9. С. 101–104.
10. Кудряшов С.М., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Использование минеральных рассолов для устранения засаленного слоя при комбинированной электроалмазной обработке быстрорежущей стали Р6М5 // *Системы. Методы. Технологии*. 2010. № 6. С. 109–118.
11. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Поверхность алмазного круга после электроалмазного шлифования быстрорежущей стали // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2002. Т. 2. С. 146–151.
12. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S., Zamashchikov Y.I. Diffusion phenomena in the combined electric diamond grinding // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Т. 799–800. С. 291–298.
13. Popov V.Y., Yanyushkin A.S. Adhesion-diffusion interaction of contact surfaces with the treatment diamond grinding wheels // *Eastern European Scientific Journal*. 2014. № 2. С. 301–310.
14. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Расчет энергии адгезии контактных поверхностей при шлифовании инструментальных материалов различными методами // *Наукоемкие технологии в машиностроении*. 2014. № 5 (35). С. 14–19.
15. Попов В.Ю. Шероховатость поверхности быстрорежущего инструмента в зависимости от режимов электроалмазной обработки // *Актуальные проблемы в машиностроении*. 2015. № 2. С. 21–26.
16. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Формирование поверхностного слоя режущего инструмента при алмазной обработке кругами на металлической связке // *Решетневские чтения*. 2014. Т. 1. № 18. С. 306–308.
17. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Сурьев А.А. Качество инструмента из инструментальных сталей после обработки методом двойного травления // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2003. Т. 2. С. 206–212.
18. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Шероховатость поверхности после шлифования по методу двойного травления // *Объединенный научный журнал*. 2002. № 21. С. 65–67.
19. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Влияние параметров электроалмазного шлифования твердых сплавов на величину растворенного слоя // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2014. № 3 (64). С. 68–75.
20. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Медведева О.И., Ковалевский С.В., Рычков Д.А. Электроалмазная обработка высокопрочных материалов с нанесением защитных покрытий // *Системы. Методы. Технологии*. 2013. № 3 (19). С. 125–129.
21. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М., Якимов С.А., Петров Н.П. Методика расчета величины разрушения режущей кромки твердосплавного инструмента // *Системы. Методы. Технологии*. 2010. № 8. С. 139–144.
22. Кузнецов А.М., Якимов С.А., Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Расчет напряжений, возникающих при затачивании твердосплавного инструмента с малым углом заострения // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. 2009. № 22. С. 25–30.
23. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Износостойкость твердосплавного инструмента при обработке древесностружечных плит // *Технология машиностроения*. 2008. № 11. С. 29–31.
24. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Качественные показатели поверхностей и состояние режущей кромки твердосплавного дереворежущего инструмента, заточенного различными методами электроалмазной обработки // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2005. Т. 2. С. 153–156.

25. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Недостатки традиционных методов заточивания твердосплавного инструмента и пути их совершенствования // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2004. Т. 2. С. 95–98.
26. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Рычков Д.А., Кузнецов А.М. Новые конструктивные решения сборного фрезерного инструмента для обработки композиционных неметаллических материалов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 153–157.
27. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Петров Н.П., Рычков Д.А. Повышение эффективности обработки высокопрочных композиционных материалов // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 146–149.
28. Кузнецов А.М. Повышение эффективности фрезерования композиционных древесных материалов мелкозернистым твердосплавным инструментом: дисс. канд. техн. наук 05.03.01 / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2009. – 186 с.
29. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М., Мажитов С.Х. Определение рациональных режимов обработки и геометрии инструмента при фрезеровании композиционных материалов // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 203–205.
30. Кузнецов А.М., Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Слепенко Е.А., Рычков Д.А. Рационализация процесса фрезерования труднообрабатываемых композиционных материалов твердосплавным инструментом // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 196–200.
31. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Янюшкин Р.А. Элементы модернизации станков шлифовальной группы под процессы электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2000. Т. 1. С. 189–190.
32. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Способ электроабразивной обработки токопроводящим кругом с его одновременной правкой: пат. 2268118. Рос. Федерация; заявл. 15.06.2004; № заявки 2004118239/02, опубл. 20.01.2006.
33. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Устройство для электроабразивной обработки с одновременной правкой круга: пат. 42193. Рос. Федерация; заявл. 21.07.2004; № заявки 2004122212/22, опубл. 27.11.2004.
34. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Тензометрическая вставка для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 2210749. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116429, опубл. 20.08.2003.
35. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Приспособление для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 22115641. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116428, опубл. 10.11.2003.
36. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Сборная фреза для деревообработки: пат. 2257289. Рос. Федерация; заявл. 30.03.2004; № заявки 2004109804/02, опубл. 27.07.2005.
37. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Сурьев А.А., Кузнецов А.М., Сталидзан М.В. Сборная фреза для деревообработки: пат. 2325272. Рос. Федерация; заявл. 04.07.2006; № заявки 2006124008/03, опубл. 27.05.2008.
38. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Атомная визуализация алмазного резания // Компьютерные исследования и моделирование. 2016. Т. 8. № 1. С. 137–149.
39. Попов В.Ю., Ларева А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки в среде Blender 3D // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2015. Т. 1. С. 187–191.
40. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Молекулярно-динамическое моделирование ювенильных поверхностей // Механики XXI века. 2015. № 14. С. 103–107.
41. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. 3D моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 201–207.
42. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. Методика компьютерного моделирования процессов комбинированной электроалмазной обработки // Механики XXI века. 2014. № 13. С. 91–96.

УДК 62-2

Автомобильное колесо повышенной безопасности. Результаты стендовых испытаний

Гоибов Н.Р. Мухиддинзода К.Д.

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: безопасное колесо, колесо с внутренней упругой опорой, бое-стойкое колесо, упругие свойства, коэффициент нормальной жёсткости.

Приведены результаты стендовых испытаний экспериментального образца автомобильного колеса повышенной безопасности.

Колёсный движитель является простым и, в то же время, наиболее эффективным механизмом для преобразования вращательного движения в поступательное движение транспортного средства. Однако колесо с пневматической шиной имеет существенный недостаток, заключающийся в прекращении движения автомобиля при потере избыточного давления воздуха. Более того, потеря избыточного давления воздуха в пневматической шине традиционной конструкции при движении колёсной машины с высокой скоростью может привести к дорожно-транспортному происшествию с тяжёлыми последствиями. На рис.1 представлены автомобильные колёса с разрушенными пневматическими шинами в результате качения без избыточного давления воздуха.



Рис.1. Автомобильные колёса с разрушенными пневматическими шинами

Стремление повысить безопасность движения привело к появлению ряда новых конструкций колёс с пневматическими шинами. Для сохранения управляемости и устойчивости транспортного средства при внезапном падении давления сжатого воздуха были разработаны конструкции колёс повышенной безопасности, принцип работы которых состоит в том, что при сквозном повреждении бескамерной пневматической шины всю нагрузку на колесо воспринимают боковины покрышки, имеющие повышенную жёсткость, или внутренние опоры, которые могут быть как жёсткими, так и упругими.

Колёса с пневматическими шинами и внутренними упругими опорами, ограничивающими нормальный прогиб при потере избыточного давления воздуха, в сравнении с другими типами колёсных движителей повышенной безопасности обладают высокой энергоэффективностью и обеспечивают лучшие показатели плавности хода и топливной экономичности автомобиля.

На рис. 2 представлены колёса повышенной безопасности с пневматическими шинами и внутренними упругими опорными кольцами.

На кафедре "Автомобильный транспорт" Братского государственного университета в рамках научно-исследовательской работы был изготовлен экспериментальный образец колеса повышенной безопасности для легкового автомобиля малого класса [1]. На рис.3, а

представлено дисковое колесо с глубоким разъёмным ободом в сборе с упругим опорным кольцом. Внутреннее упругое опорное кольцо, фотографический снимок которого приведён на рис.3, б, было изготовлено из двухкомпонентного литьевого полиуретана горячего отверждения СУРЭЛ ТФ-235.



Рис.2. Автомобильные колёса повышенной безопасности:
а - ContinentalContiSupportRing; б - MichelinPAXSystem

Также на рис.3, в представлен диск экспериментального образца колеса повышенной безопасности с одной из двух частей разъёмного обода, которые при изготовлении упругого опорного кольца, являлись ещё и частью литейной матрицы. Фотография литейной матрицы приведена на рис.3, г.

Испытания экспериментального образца колеса повышенной безопасности были проведены в лабораториях кафедры "Автомобильный транспорт" и на легковом автомобиле ВАЗ-2115.

Оценка упругих и демпфирующих свойств экспериментального образца колёсного движителя и его отдельных конструктивных элементов, таких как бескамерная пневматическая шина традиционной конструкции MatadorMP-12 175/70R13 и упругое опорное кольцо, осуществлялась в соответствии с ОСТ 37.001.252-82 "Автотранспортные средства. Методы определения основных параметров, влияющих на плавность хода" по характеристикам нормальной жёсткости, которые были построены в режиме квазистатического непрерывного нагружения колеса при опоре на плоское твёрдое основание испытательного стенда [2]. Измерение и регистрация нормальной силы осуществлялись с помощью тензометрической ступицы в комплекте с усилителем DN-10W, аналого-цифровым преобразователем ЛА-20USB и ЭВМ. Нормальный прогиб измерялся датчиком линейных перемещений LPS. Фотография элементов тензометрической ступицы [3] представлена на рис. 4.

В свою очередь, на рис. 5 приведены полученные характеристики нормальной жёсткости экспериментальных образцов упругого опорного кольца и автомобильного колеса повышенной безопасности при различном давлении воздуха в пневматической шине.

Результаты обработки характеристик нормальной жёсткости приведены в таблице 1.

Таблица 1

Коэффициенты нормальной жёсткости экспериментального образца колес повышенной безопасности и его конструктивных элементов, кН/м

1. Жёсткость пневматической шины MatadorMP-12 175/70R13 при номинальном давлении сжатого воздуха	135
2. Жёсткость пневматической шины MatadorMP-12 175/70R13 без избыточного давления воздуха	25
3. Жёсткость внутреннего упругого опорного кольца из эластичного полиуретана	400



а)

б)



в)

г)

Рис. 3. Экспериментальный образец автомобильного колеса повышенной безопасности: а - дисковое колесо с глубоким разъемным ободом в сборе с упругим опорным кольцом; б - внутреннее упругое опорное кольцо из эластичного полиуретана; в - диск колеса с частью разъемного обода; г - литейная матрица



Рис. 4. Ступица тензометрическая [3]

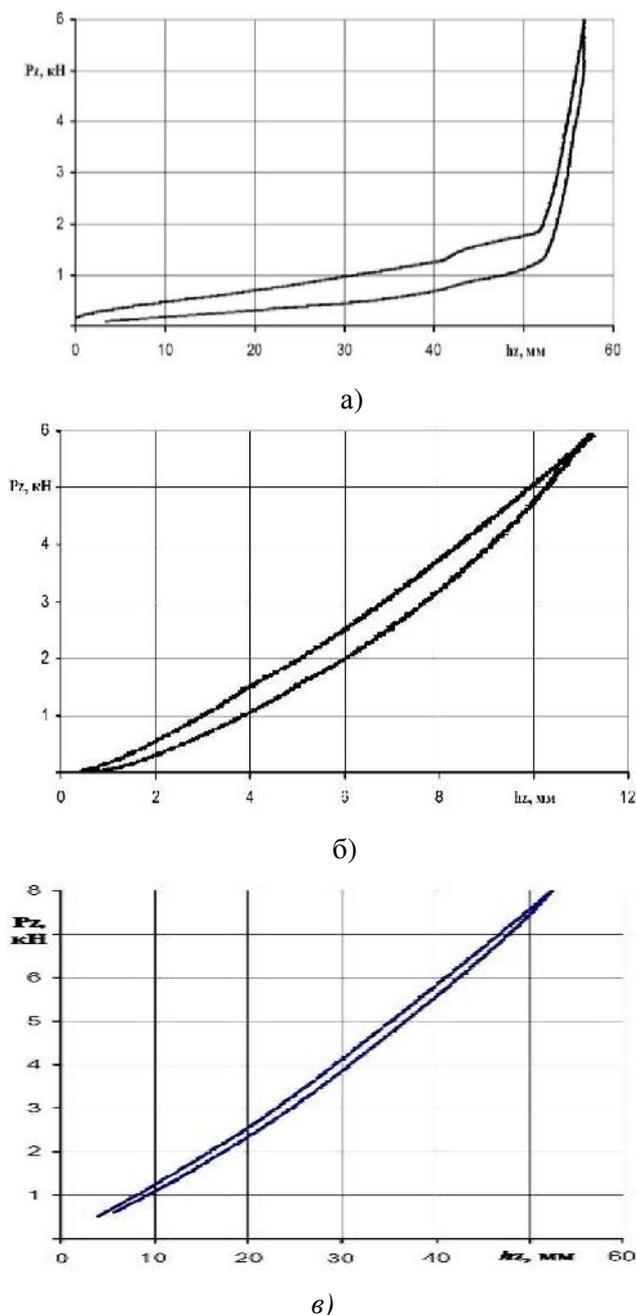


Рис. 5. Характеристики нормальной жёсткости экспериментального образца автомобильного колеса повышенной безопасности:
 а - колеса в сборе с пневматической шиной MatadorMP-12 175/70R13 при номинальном давлении сжатого воздуха; б – колеса в сборе с пневматической шиной MatadorMP-12 175/70R13 без избыточного давления воздуха; в - внутреннего упругого опорного кольца из эластичного полиуретана СУРЭЛ ТФ-235;

Литература

1. Патент №2440250 РФ. Безопасное колесо/ В.В. Мазур, А.В. Гайлиш, А.А. Енаев - 2010127793/11, заявлено 05.07.2010, опублик. 20.01.2012, бюл. №2.
2. Рыков С.П. Экспериментальные исследования поглощающей и сглаживающей способности пневматических шин: Испытательный комплекс, методики проведения экспериментов и обработки результатов. - Братск: БрГТУ, 2004. - 322 с.
3. Патент №2382346 РФ. Способ определения жёсткости и неупругого сопротивления автомобильной шины и стенд для испытаний автомобильных шин / В.В. Мазур- 2008148407/11, заявлено 08.12.2008, опублик. 20.02.2010, бюл. №5.

УДК 621.923.6; 621.923.9

Алмазное шлифование высокопрочных материалов

Е.Т. Гондаленко

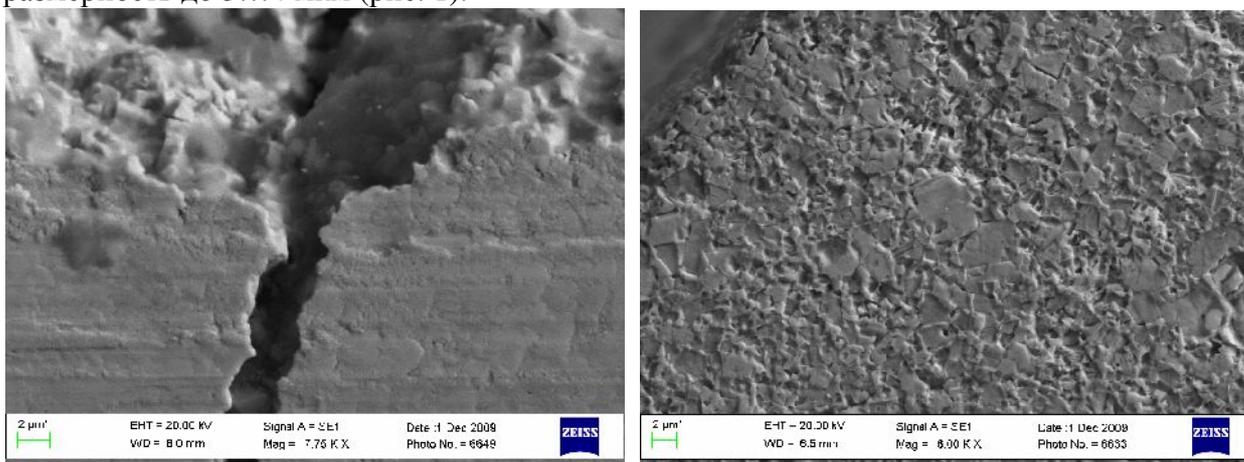
Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: комбинированная электроалмазная обработка, высокопрочные материалы, алмазный шлифовальный круг.

Широкое использование высокопрочных материалов, в том числе твердых сплавов, композиционных и других нанопропроченных материалов в различных отраслях машиностроения вызвало ряд научно-технических проблем, в числе которых важнейшее место занимает их качественная обработка. Обеспечить необходимое качество поверхностей и эксплуатационные свойства деталей из высокопрочных материалов традиционными методами абразивной обработки не всегда возможно.

Используемые в настоящее время технологии обработки изделий из высокопрочных материалов в производственных условиях [1–7] сопровождаются большими силами резания, температурой [8, 9] обрабатываемой поверхности и вызывают серьезные дефекты на обработанной поверхности в виде напряжений, макро и микротрещин [10, 11].

Дефекты на поверхностях высокопрочных материалов слабо видны невооруженным глазом, однако, при более детальном изучении они четко прослеживаются и имеют размерность до 3...4 мкм (рис. 1).



а) $\times 13640$ б) $\times 21330$
Рис. 1. Увеличение зерен карбидов (а) и трещина (б) в твердом сплаве после традиционного алмазного шлифования

Большинство авторов, исследовавших процесс обработки высокопрочных материалов, считают [1–7], что высокие температуры вызывают возникновение напряжений из-за различных коэффициентов линейного расширения карбидов и цементирующей фазы между собой. Значительный градиент температуры по глубине высокопрочных материалов и различное расширение карбидов и цементирующей фазы определяют объемные изменения в шлифуемом материале, и свидетельствуют также о процессах вторичной рекристаллизации карбидов (рис 1, а.) Объемные изменения вызывают возникновение напряжений, которые становятся причиной образования трещин (рис. 1, б).

Наличие таких дефектов на шлифованных поверхностях может в дальнейшем привести к разрушению высокопрочных материалов, а, следовательно, к выходу из строя изделия [10–11].

Для достижения рациональных качественных характеристик изделий из высокопрочных материалов наиболее перспективны методы электрофизического и электрохимического алмазного шлифования [12, 13], позволяющие достаточно эффективно обработать высокопрочные материалы и обеспечить необходимые параметры качества [14–17].

В своей работе, для качественной обработки таких материалов, нами предлагается метод комбинированной электроалмазной обработки (рис. 2).

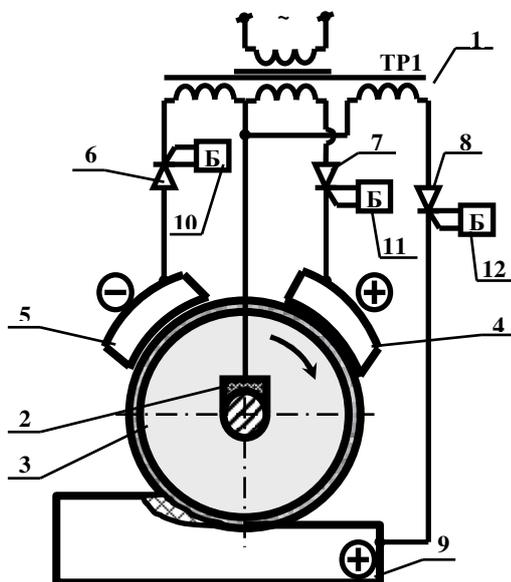


Рис. 2. Схема комбинированной электроалмазной обработки с непрерывной правкой круга (патент РФ на изобретение № 2239525):

1 – трансформатор переменного тока; 2 – токосъемник; 3 – абразивный круг на металлической связке; 4 – электрод для катодного осаждения пленок на рабочую поверхность круга; 5 – электрод для электрохимической правки рабочей поверхности круга; 6, 7, 8 – тиристор; 9 – обрабатываемая деталь; 10, 11, 12 – блоки управления

При этом методе, кроме непосредственной механической обработки алмазным кругом на металлической связке, дополнительно осуществляется анодное растворение поверхности обрабатываемого изделия с одновременной непрерывной электрохимической правкой круга [12, 13]. Сам метод требует небольшую модернизацию уже существующего заточного оборудования [18–24]. Данный метод обеспечивает высокую производительность, низкие силы и температуры резания. В результате этого отсутствуют сколы, микро- и макротрещины, прижоги, обеспечивается высокое качество обработанных поверхностей и высокая режущая способность шлифовального круга [25–32].

После шлифования твердосплавных изделий комбинированным методом электроалмазного шлифования с одновременной непрерывной правкой поверхности круга дефекты обработанных поверхностей после обработки таким методом отсутствуют. А разработанный на базе современных цифровых технологий и молекулярной динамики метод визуализации, позволяет это показать наглядно на атомном уровне [33–37]. Следует отметить, что данный метод показал хорошие показатели и при обработке композиционных материалов [38–42].

Литература

1. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Влияние параметров электроалмазного шлифования твердых сплавов на величину растворенного слоя // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2014. № 3 (64). С. 68–75.

2. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Медведева О.И., Ковалевский С.В., Рычков Д.А. Электроалмазная обработка высокопрочных материалов с нанесением защитных покрытий // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 3 (19). С. 125–129.
3. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М., Якимов С.А., Петров Н.П. Методика расчета величины разрушения режущей кромки твердосплавного инструмента // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 8. С. 139–144.
4. Кузнецов А.М., Якимов С.А., Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Расчет напряжений, возникающих при затачивании твердосплавного инструмента с малым углом заострения // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2009. № 22. С. 25–30.
5. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Износостойкость твердосплавного инструмента при обработке древесностружечных плит // Технология машиностроения. 2008. № 11. С. 29–31.
6. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Качественные показатели поверхностей и состояние режущей кромки твердосплавного дереворежущего инструмента, заточенного различными методами электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2005. Т. 2. С. 153–156.
7. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Недостатки традиционных методов затачивания твердосплавного инструмента и пути их совершенствования // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2004. Т. 2. С. 95–98.
8. Ivancivsky V., Parts K., Popov V. Depth distribution of temperature in steel parts during surface hardening by high frequency currents // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 788. С. 129–135.
9. Янюшкин А.С., Лосев А.Б., Якимов С.А., Попов В.Ю. Роль температуры при затачивании инструментов алмазными кругами на металлической связке // Металлургия и машиностроение: ежеквартальный специализированный информационный бюллетень. 2006. № 1. С. 49–53.
10. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Хлыстов А.Н. Дефекты в алмазах – основа адгезии при шлифовании // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2017. № 1 (74). С. 30–39.
11. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Хлыстов А.Н. О разрушении алмазных зерен при шлифовании // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2016. № 4 (73). С. 16–23.
12. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. "Ключевая" популярность электроалмазной обработки // Механика XXI века. 2016. № 15. С. 50–57.
13. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S. Combined electro-diamond grinding of high speed steels // International Journal of Advances in Machining and Forming Operations. 2012. Т. 4. № 1. С. 91–102.
14. Попов В.Ю. Шероховатость поверхности быстрорежущего инструмента в зависимости от режимов электроалмазной обработки // Актуальные проблемы в машиностроении. 2015. № 2. С. 21–26.
15. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Формирование поверхностного слоя режущего инструмента при алмазной обработке кругами на металлической связке // Решетневские чтения. 2014. Т. 1. № 18. С. 306–308.
16. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Сурьев А.А. Качество инструмента из инструментальных сталей после обработки методом двойного травления // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2003. Т. 2. С. 206–212.
17. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Шероховатость поверхности после шлифования по методу двойного травления // Объединенный научный журнал. 2002. № 21. С. 65–67.
18. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Янюшкин Р.А. Элементы модернизации станков шлифовальной группы под процессы электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2000. Т. 1. С. 189–190.
19. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Способ электроабразивной обработки токопроводящим кругом с его одновременной правкой: пат. 2268118. Рос. Федерация; заявл. 15.06.2004; № заявки 2004118239/02, опубл. 20.01.2006.
20. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Устройство для электроабразивной обработки с одновременной правкой круга: пат. 42193. Рос. Федерация; заявл. 21.07.2004; № заявки 2004122212/22, опубл. 27.11.2004.
21. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Ямпольский В.В. Тензометрическая вставка для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 2210749. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116429, опубл. 20.08.2003.

22. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Приспособление для изменения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 22115641. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116428, опубл. 10.11.2003.
23. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Сборная фреза для деревообработки: пат. 2257289. Рос. Федерация; заявл. 30.03.2004; № заявки 2004109804/02, опубл. 27.07.2005.
24. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Сурьев А.А., Кузнецов А.М., Сталидзан М.В. Сборная фреза для деревообработки: пат. 2325272. Рос. Федерация; заявл. 04.07.2006; № заявки 2006124008/03, опубл. 27.05.2008.
25. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Андронов А.Ю. Результаты комплексного изучения состава засаленного слоя алмазных кругов // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 1 (21). С. 114–120.
26. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Исследование поверхности алмазных кругов после комбинированной электроалмазной обработки быстрорежущей стали // Технология машиностроения. 2013. № 11. С. 26–30.
27. Попов В.Ю., Большаков И.М., Гуглин Г.С., Распутин Е.В. Исследование процесса засаливания алмазных шлифовальных кругов на металлической связке при обработке быстрорежущей стали Р6М5 // Механики XXI века. 2010. № 9. С. 101–104.
28. Кудряшов С.М., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Использование минеральных рассолов для устранения засаленного слоя при комбинированной электроалмазной обработке быстрорежущей стали Р6М5 // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 6. С. 109–118.
29. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Поверхность алмазного круга после электроалмазного шлифования быстрорежущей стали // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2002. Т. 2. С. 146–151.
30. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S., Zamashchikov Y.I. Diffusion phenomena in the combined electric diamond grinding // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 799–800. С. 291–298.
31. Popov V.Y., Yanyushkin A.S. Adhesion-diffusion interaction of contact surfaces with the treatment diamond grinding wheels // Eastern European Scientific Journal. 2014. № 2. С. 301–310.
32. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Расчет энергии адгезии контактных поверхностей при шлифовании инструментальных материалов различными методами // Наукоемкие технологии в машиностроении. 2014. № 5 (35). С. 14–19.
33. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Атомная визуализация алмазного резания // Компьютерные исследования и моделирование. 2016. Т. 8. № 1. С. 137–149.
34. Попов В.Ю., Ларева А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки в среде Blender 3D // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2015. Т. 1. С. 187–191.
35. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Молекулярно-динамическое моделирование ювенильных поверхностей // Механики XXI века. 2015. № 14. С. 103–107.
36. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. 3D моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 201–207.
37. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. Методика компьютерного моделирования процессов комбинированной электроалмазной обработки // Механики XXI века. 2014. № 13. С. 91–96.
38. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Рычков Д.А., Кузнецов А.М. Новые конструктивные решения сборного фрезерного инструмента для обработки композиционных неметаллических материалов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 153–157.
39. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Петров Н.П., Рычков Д.А. Повышение эффективности обработки высокопрочных композиционных материалов // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 146–149.
40. Кузнецов А.М. Повышение эффективности фрезерования композиционных древесных материалов мелкозернистым твёрдосплавным инструментом: дисс. канд. техн. наук 05.03.01 / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2009. – 186 с.
41. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М., Мажитов С.Х. Определение рациональных режимов обработки и геометрии инструмента при фрезеровании композиционных материалов // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 203–205.

42. Кузнецов А.М., Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Слепенко Е.А., Рычков Д.А. Рационализация процесса фрезерования труднообрабатываемых композиционных материалов твёрдосплавным инструментом // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 196–200.

УДК 629.113.001.1:625.7.032.4

Математическая модель силового баланса автомобиля при движении по дороге с неровным микропрофилем

В.В. Мазур, Н.М. Гринштейн

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: силовой баланс автомобиля, эксплуатационные свойства автомобиля, тягово-скоростные свойства автомобиля, колебания автомобиля.

Тягово-скоростные свойства являются одними из наиболее важных эксплуатационных свойств автомобиля. Но современная теория рассматривает большинство эксплуатационных свойств автомобиля при движении по ровной дороге. Влияние на эксплуатационные свойства автомобиля колебаний, возникающих при движении по дороге с неровным микропрофилем, исследовано недостаточно. Поэтому моделирование эксплуатационных свойств автомобиля, в том числе и тягово-скоростных, при движении по неровной дороге носит актуальный характер.

Из теории эксплуатационных свойств известно, что силы, которые действуют на автомобиль, или вызывают его движение, или этому движению препятствуют. Возможность движения автотранспортного средства определяется условием:

$$P_{\varphi} \geq P_T \geq P_D + P_B,$$

где P_{φ} – сила сцепления ведущих колёс с дорожной поверхностью;

P_T – тяговая сила на ведущих колёсах автомобиля;

P_D – сила сопротивления дороги;

P_B – сила аэродинамического сопротивления.

Силы, действующие на автомобиль с классической компоновкой трансмиссии и колёсной формулой 4×2, схема которого обычно приводится в теории эксплуатационных свойств для рассмотрения силового баланса при движении по ровной дороге, определяются известным образом как

$$P_{\varphi} = R_{N2} \varphi_T,$$

где φ_T – коэффициент сцепления вдоль пятна контакта автомобильных шин с поверхностью дороги;

R_{N2} – суммарная нормальная реакция в контакте шин ведущих колёс с поверхностью дороги.

$$P_T = \frac{M_T}{r_{D2}},$$

где M_T – тяговой момент, подводимый к ведущим колёсам;

r_{D2} – динамический радиус ведущих колёс.

$$P_B = F_C k_O V_A^2,$$

где F_C – площадь лобового сопротивления;

k_O – коэффициент обтекаемости;

V_A – скорость движения автомобиля.

Сила P_D при условии движения по ровной горизонтальной дорожной поверхности определяется по эмпирической формуле как сила сопротивления качению колёс

$$P_D = P_K = (R_{N1} + R_{N2})(f_O + 7 \cdot 10^{-6} \cdot V_A^2),$$

где f_O – справочное значение коэффициента сопротивления качению колёс при малой (до 50 км/ч) скорости, определяемое типом и состоянием дорожной поверхности.

Современная теория рассматривает большинство эксплуатационных свойств автомобиля при условии его движения по ровной дорожной поверхности. Из практической же эксплуатации известно, что движение автомобиля по неровной дороге сопровождается колебаниями, которые приводят к ухудшению его эксплуатационных свойств, что, в свою очередь, выражается в увеличении расхода топлива, ухудшении устойчивости и управляемости и вынуждает уменьшать скорость движения.

Существуют научные работы, посвящённые исследованию эксплуатационных свойств автомобиля при движении по дороге с неровным микропрофилем [1, 2, 3]. Тем не менее, указанные работы имеют существенные недостатки, иногда носящие принципиальный характер, а влияние колебаний на эксплуатационные свойства остаётся изученным недостаточно.

Для оценки влияния колебаний на силы, действующие на автомобиль, который движется по неровной дорожной поверхности, была разработана математическая модель. Особенностью математической модели в сравнении с аналогичными существующими является то, что функция возмущающего воздействия дороги и функции, описывающие колебания автомобиля относительно дорожной поверхности, могут быть представлены в виде зависимостей как от времени, так и от пройденного автомобилем пути. Это позволяет рассчитывать изменяющуюся скорость движения автомобиля при постоянной частоте вращения коленчатого вала двигателя, а также силы сопротивления движению автомобиля, которые от этой скорости зависят.

На рис.1 изображена схема колебательной системы автомобиля, а на рис.2 – нагрузки, действующие на отдельное колесо при его качении в ведущем режиме по неровной дороге. На схемах приняты следующие обозначения: M – подрессоренная масса автомобиля; J – момент инерции подрессоренной массы; m_1 и m_2 – передняя и задняя неподдресоренные массы автомобиля; L – база автомобиля; L_1 и L_2 – расстояния от центра тяжести подрессоренной массы до осей передних и задних колёс по горизонтали; $C_{ш1}$ и $C_{ш2}$ – коэффициенты нормальной жёсткости автомобильных шин переднего и заднего колёс; $C_{п1}$ и $C_{п2}$ – коэффициенты вертикальной жёсткости передней и задней подвесок; η_{A1} и η_{A2} – коэффициенты неупругого сопротивления амортизаторов передней и задней подвесок; $\eta_{ш1}$ и $\eta_{ш2}$ – коэффициенты неупругого сопротивления автомобильных шин переднего и заднего колёс; l_H – длина неровности дороги; ω_K – угловая скорость вращения автомобильного колеса; Z_1 и Z_2 – вертикальное положение передней и задней частей подрессоренной массы; Z_O – вертикальное положение центра тяжести подрессоренной массы; ξ_1 и ξ_2 – вертикальное положение передней и задней неподдресоренных масс; Q_1 и Q_2 – возмущающие воздействия дороги на передние и задние колёса.

Колебания автомобиля описываются системой из четырёх дифференциальных уравнений второго порядка:

$$1) M\ddot{Z}_O = C_{III}(\xi_1 - Z_1 + H_1 - R_1) + 2\eta_{A1}(\dot{\xi}_1 - \dot{Z}_1) + C_{II2}(\xi_2 - Z_2 + H_2 - R_2) + 2\eta_{A2}(\dot{\xi}_2 - \dot{Z}_2) - Mg;$$

$$2) J\ddot{\alpha} = L_1 C_{III}(\xi_1 - Z_1 + H_1 - R_1) + 2L_1 \eta_{A1}(\dot{\xi}_1 - \dot{Z}_1) - L_2 C_{II2}(\xi_2 - Z_2 + H_2 - R_2) - 2L_2 \eta_{A2}(\dot{\xi}_2 - \dot{Z}_2) - L_1 M_1 g + L_2 M_2 g;$$

$$3) m_1 \ddot{\xi}_1 = -C_{III}(\xi_1 - Z_1 + H_1 - R_1) - 2\eta_{A1}(\dot{\xi}_1 - \dot{Z}_1) + 2C_{III1}(q_1 - \xi_1 + R_1) + 2\eta_{III1}(\dot{q}_1 - \dot{\xi}_1) - m_1 g;$$

$$4) m_2 \ddot{\xi}_2 = -C_{II2}(\xi_2 - Z_2 + H_2 - R_2) - 2\eta_{A2}(\dot{\xi}_2 - \dot{Z}_2) + 2C_{III2}(q_2 - \xi_2 + R_2) + 2\eta_{III2}(\dot{q}_2 - \dot{\xi}_2) - m_2 g,$$

где H_1 и H_2 – положения передней и задней частей подрессоренной массы относительно поверхности при движении по ровной дороге;

R_1 и R_2 – динамические радиусы автомобильных шин передних и задних колёс при движении по ровной дороге;

$$\alpha = \frac{Z_1 - Z_2}{L} \text{ и } Z_O = \frac{Z_1 L_2 + Z_2 L_1}{L};$$

$$M_1 = \frac{Mg L_2}{L} \text{ и } M_2 = \frac{Mg L_1}{L}.$$

Целью решения системы дифференциальных уравнений является определение вертикальных реакций в контакте автомобильных шин с поверхностью дороги:

$$R_{Z1} = (M_1 + m_1)g + C_{III}(\xi_1 - Z_1 + H_1 - R_1) + 2\eta_{A1}(\dot{\xi}_1 - \dot{Z}_1) + 2C_{III1}(q_1 - \xi_1 + R_1) + 2\eta_{III1}(\dot{q}_1 - \dot{\xi}_1);$$

$$R_{Z2} = (M_2 + m_2)g + C_{II2}(\xi_2 - Z_2 + H_2 - R_2) + 2\eta_{A2}(\dot{\xi}_2 - \dot{Z}_2) + 2C_{III2}(q_2 - \xi_2 + R_2) + 2\eta_{III2}(\dot{q}_2 - \dot{\xi}_2).$$

При решении уравнений также задаются и проверяются условия отрыва автомобильных шин от дорожной поверхности.

В соответствии со схемой, представленной на рис.2, вертикальная реакция R_z разлагается на нормальную R_N и касательную R_τ реакции к дорожной поверхности на малом участке пути Δl , на котором функция возмущающего воздействия условно имеет линейную зависимость.

Исходя из математического представления линейной зависимости, угол между осью абсцисс Ox и линейным участком функции возмущающего воздействия определяется как $\arctg \frac{q_K - q_H}{\Delta l}$, где q_H и q_K – начальная и конечная координаты микропрофиля дороги на линейном участке Δl .

Исходя из принятой схемы, следует равенство углов: $Ox \wedge R_\tau = R_N \wedge R_z$. Следовательно, нормальная реакция в контакте колёс с дорожной поверхностью определяется

следующим образом: $R_N = R_Z \cos R_N \wedge R_Z$. При этом динамический радиус $r_d = r_0 - \frac{R_N}{C_{ш}}$, где r_0 – свободный радиус автомобильной шины.

Дополнительная сила сопротивления движению P_τ , затрачиваемая на преодоление неровности, численно равна касательной реакции R_τ и определяется как $P_\tau = R_\tau = R_Z \sin R_N \wedge R_Z$.

На рис.3 приведены кривые изменения скорости и сил, действующих на автомобиль, при его движении по неровной дороге, рассчитанные по разработанной математической модели. Для расчётов были приняты параметры легкового автомобиля малого класса и грунтовой дороги после дождя.

Кривые наглядно показывают моменты буксования и отрыва колёс от поверхности дороги. Тем не менее, кратковременное невыполнение условия возможности движения компенсируется инерцией масс автомобиля, что подтверждается его положительной скоростью, которая не уменьшается до нулевого значения.

Разработанная математическая модель может быть полезна при проведении исследований влияния колебательных параметров автомобиля на его тягово-скоростные свойства и опорную проходимость.

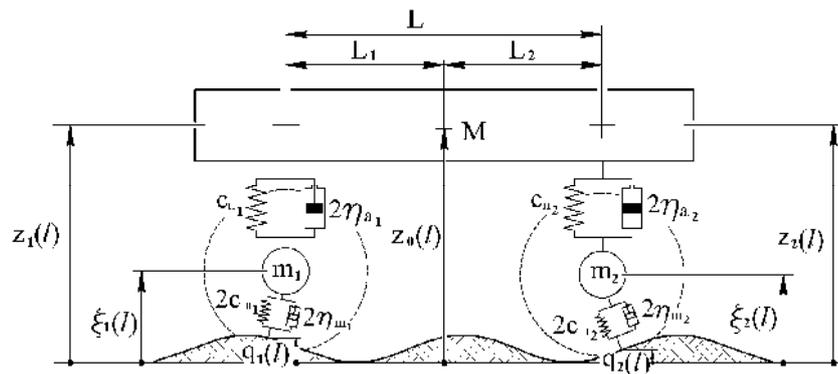


Рис.1. Колебательная система автомобиля при движении по дороге с неровным микропрофилем

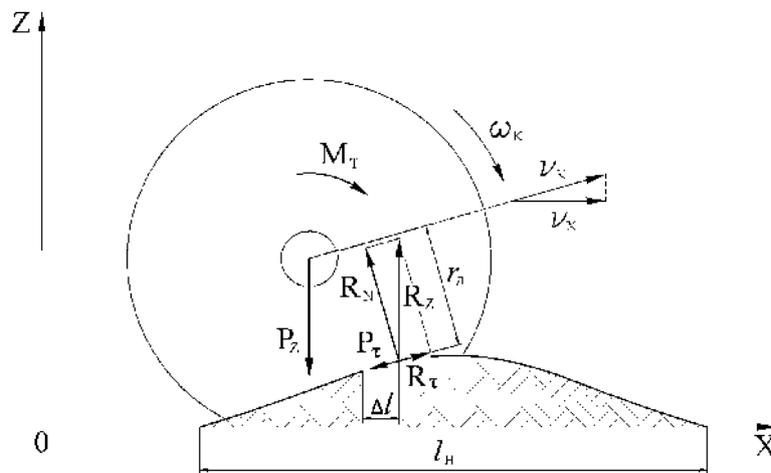
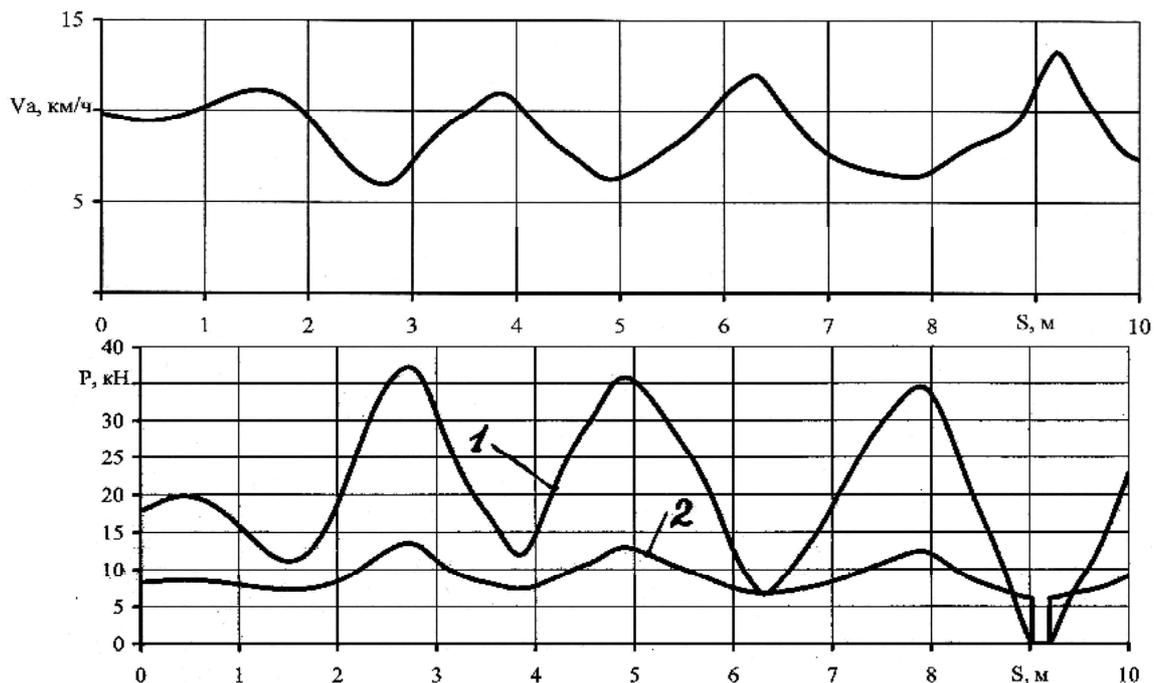
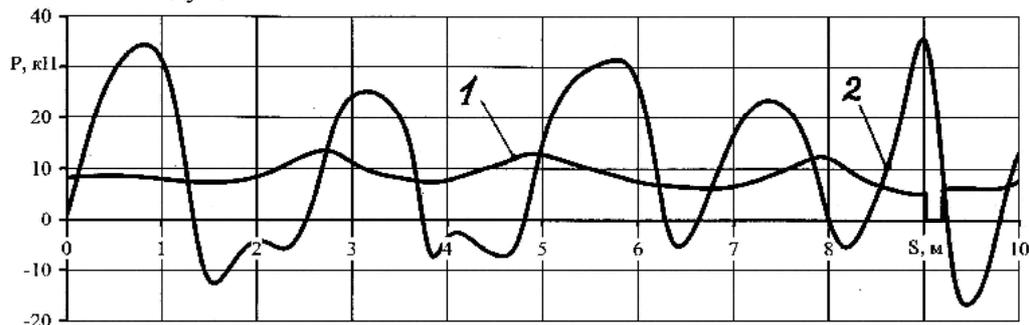


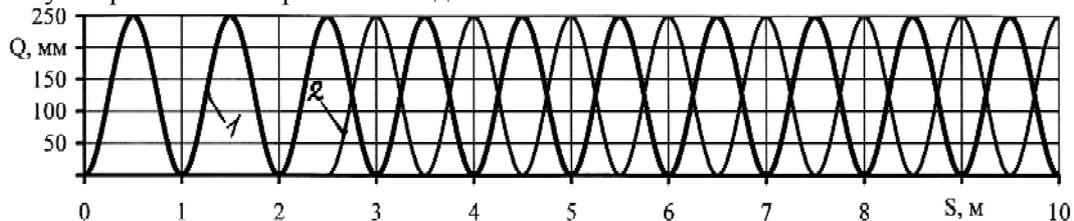
Рис.2. Силы и моменты, действующие на автомобильное колесо при качении в ведущем режиме по неровной дороге



- 1 – сила сцепления ведущих колёс с поверхностью дороги;
 2 – сила тяги на ведущих колёсах



- 1 – сила тяги автомобиля;
 2 – суммарная сила сопротивления движению автомобиля



- 1 – функция возмущающего воздействия дороги на задние колёса;
 2 – функция возмущающего воздействия на передние колёса

Рис.3. Скорость и силы, действующие на автомобиль, при движении по дороге с неровным микропрофилем

Литература

1. Енаев А.А. Колебания автомобиля при торможении и применение их исследования в проектных расчётах, технологии испытаний, доводке конструкции: Дис. д-ра техн. наук / Московский государственный технический университет “МАМИ” – М., 2002. – 440 с., ил.;

2) Слепенко Е.А. Оценка стабильности контакта колёс автомобиля с опорной поверхностью: Дис. канд. техн. наук / Научно-исследовательский автотракторный институт – М., 2004. – 131 с., ил.;

3) Желтышев А.В. Теоретические и экспериментальные исследования топливной экономичности автомобиля при движении по неровной дороге: Дис. канд. техн. наук / Братский государственный университет – Братск, 2006. – 128 с., ил.

УДК 621.9

Планирование эксперимента по обработке твердосплавных материалов

В.С. Жихарев, Д.Г. Молоков, В.В. Храмовских

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: планирование экспериментальных исследований, качество поверхности, алмазный круг, высокопрочные материалы.

В статье проанализированы результаты планирования и экспериментальных исследований качественных показателей обработки деталей машин из высокопрочных и сверхтвердых материалов алмазными кругами с металлической связкой. Отмечено, что комбинированная электрохимическая размерная обработка позволяет обеспечить наибольшую производительность процесса, за счет высокой режущей способности алмазного инструмента, и, при этом, удовлетворительное качество обработанной поверхности. Для определения зависимости качественных параметров твердосплавных материалов от режимов комбинированного электроалмазного шлифования спланирован и поставлен полный факторный эксперимент, в котором за показатель качества принята шероховатость обработанной поверхности по параметру R_a [мкм], в качестве входящих факторов приняты: продольная подача; глубина шлифования; плотность тока травления; плотность тока правки. Установлено, что исследуемый параметр имеет нелинейную зависимость от рассматриваемых факторов.

Высокопрочные и сверхтвердые материалы на основе тугоплавких соединений углерода, азота с вольфрамом, титаном, танталом, ниобием в сочетании с легкоплавкой связкой (кобальтом, никелем) характеризуются рядом уникальных свойств, которые определяют их широкое применение в современной технике в качестве конструкционных материалов для изготовления деталей машин и механизмов, подверженных повышенному износу, приборов, устройств с высокими статическими и динамическими нагрузками, в качестве кислотоупорных, жаростойких и жаропрочных материалов и т.д. [1 – 4].

Финишная обработка таких материалов оказывает значительное влияние на эксплуатационные свойства, долговечность и надежность работы деталей машин [5 – 11]. Долговечность и надёжность деталей машин во многом зависит от технологического процесса их изготовления, параметров и показателей качества поверхностного слоя, а также ряда других причин.

С точки зрения производительности процесса, качества обработанной поверхности, в том числе прочностных показателей, целесообразно применять комбинированную электрохимическую размерную обработку. В этом случае алмазный инструмент, обладая высокой режущей способностью и большой износостойкостью, расширяет возможности электрохимического шлифования. Особенно это проявляется при обработке высокопрочных твердосплавных материалов группы ВК, ТК, ТТК и др. [12 – 16].

Для определения зависимости качества твердосплавных материалов от режимов комбинированного электроалмазного шлифования требуется спланировать и провести исследования, в которых за показатель качества принята шероховатость обработанной по-

верхности по параметру Ra [мкм], в качестве входящих факторов приняты: Продольная подача – $S_{np}, м/мин$; глубина шлифования – $t, мм/дв.ход$; плотность тока травления – $i_{np}, А/см^2$; плотность тока правки – $i_{np}, А/см^2$.

Шероховатость поверхности образцов после шлифования измерялась с помощью профилограф – профилометра «АБРИС – ПМ7».

На первом этапе спланирован и поставлен полный факторный эксперимент типа 2^4 . Уровни факторов и интервалы варьирования выбраны по результатам предварительных поисковых экспериментов.

Факторы, уровни и интервалы варьирования выбраны исходя из рекомендаций литературных источников [2, 3, 17 – 21], а также условий обеспечения рациональной работы оборудования и инструмента, которые сведены в табл.1.

Таблица 1

Кодирование факторов

Уровни и интервалы варьирования	Продольная подача $S_{np}, м/мин$	Глубина шлифования $t, мм/дв.ход$	Плотность тока травления $i_{np}, А/см^2$	Плотность тока правки $i_{np}, А/см^2$
	Кодовое обозначение			
	x_1	x_2	x_3	x_4
Верхний уровень «+»	6	0,03	15	0,3
Нижний уровень «-»	2	0,01	5	0,1
Интервал варьирования	2	0,01	5	0,1
Нулевой уровень	4	0,02	10	0,2

Матрица плана эксперимента и результаты измерений величины шероховатости $R_a(Y)$ представлены в табл. 2.

Таблица 2

План – матрица эксперимента

№ опыта	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1x_2	x_1x_3	x_1x_4	x_2x_3	x_2x_4	x_3x_4	$x_1x_2x_3x_4$	$R_a(\bar{Y}_j)$
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0,16
2	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	0,16
3	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	0,35
4	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	0,33
5	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	-	0,29
6	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	0,2
7	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	0,16
8	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	0,13
9	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	0,26
10	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+	0,28
11	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	0,22
12	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	0,15
13	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	0,27
14	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	-	0,32
15	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	0,25
16	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	0,14

План типа 2^4 позволяет получить отдельные оценки для уравнения регрессии вида:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4 + b_{1234}x_1x_2x_3x_4 \quad (1)$$

При обработке результатов эксперимента для каждой строки матрицы планирования по результатам $m = 3$ параллельных опытов определено \bar{Y}_j – среднее арифметическое значение измеряемой величины:

$$\bar{Y}_j = \frac{1}{m} \sum_{u=1}^m Y_{ju},$$

где u – номер параллельного опыта;

Y_{ju} – натуральное значение измеряемой величины в u -м параллельном опыте j -й строки матрицы.

С целью оценки отклонений измеряемой величины для каждой строки матрицы планирования вычислено среднее значение квадрата отклонений случайной величины от ее среднего значения – статистическая дисперсия S_j^2 по данным $m = 3$ параллельных опытов:

$$S_j^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{u=1}^m (Y_{ju} - \bar{Y}_j)^2.$$

Однородность дисперсий проверена по критерию Кохрена. Отношение максимальной дисперсии к сумме всех дисперсий:

$$G = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2}.$$

Проверка однородности с помощью G-критерия Кохрена показала, что дисперсии не однородны поскольку $G_p > G_{1-p}(f_1, f_2)$, а это указывает, что исследуемая величина $R_a(\bar{Y})$ не подчиняется нормальному закону. Исследуемая зависимость не может быть с достаточной точностью аппроксимирована уравнением (1).

Следовательно, формирование шероховатости обработанной поверхности твердосплавных материалов имеет нелинейную зависимость от рассматриваемых факторов комбинированного электроалмазного шлифования.

Следовательно, требуется повысить порядок аппроксимации неизвестной функции отклика.

На основе теории планирования эксперимента и статистической обработки результатов экспериментальных исследований, получена математическая зависимость шероховатости обработанной поверхности R_a от режимов комбинированного электроалмазного шлифования твердосплавных материалов, и установлено, что исследуемый параметр имеет нелинейную зависимость от рассматриваемых факторов.

Литература

1. Архипов П.В., Потапова Г.Е. Твердосплавные материалы и методы их обработки // Механика XXI века. 2012. № 11. С. 220-222.
2. Архипов П.В. Повышение режущих свойств алмазных кругов на металлической связке путем устранения их засаливания: дис. канд. техн. наук. / Томский политехнический университет. Братск, 2010.

3. Архипов П.В. Повышение режущих свойств алмазных кругов на металлической связке путем устранения их засаливания: автореф. дис. канд. техн. наук. Томск, 2010.
4. Янюшкин А.С., Архипов П.В., Медведева О.И., Лобанов Д.В., Рычков Д.А., Сурьев А.А. Применение алмазных кругов на металлической связке для комплексной подготовки металлорежущего инструмента // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 4 (20). С. 105-109.
5. Абсадыков Б.Н., Архипов П.В., Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Повышение эффективности обработки высокопрочных твердосплавных материалов алмазным инструментом на металлической связке // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 1 (25). С. 30-37.
6. Архипов П.В., Янюшкин А.С., Ковалевский С.В. О природе засаливания шлифовальных кругов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2008. Т. 2. С. 169-174.
7. Архипов П.В., Медведева О.И., Янюшкин А.С. Дефекты и напряжения в твердосплавных материалах при алмазной обработке // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2012. Т. 1. № 8. С. 138-139.
8. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Архипов П.В. Напряженно-деформированное состояние твердосплавных режущих элементов при алмазном затачивании // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2015. № 3-1 (33-1). С. 85-91.
9. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Архипов П.В. Анализ геометрии контактного взаимодействия алмазного круга с обрабатываемой деталью при плоском шлифовании // Механики XXI века. 2013. № 12. С. 104-106.
10. Янюшкин А.С., Медведева О.И., Попов В.Ю., Архипов П.В., Колистратова А.В., Сидоренко С.А. О механизме разрушения зерен алмаза в процессе электроалмазного шлифования // Механики XXI века. 2014. № 13. С. 70-75.
11. Янюшкин А.С., Медведева О.И., Якимов С.А., Архипов П.В. О механизме разрушения зерен алмаза в процессе электроалмазного шлифования // Системы. Методы. Технологии. 2009. № 1. С. 34-36.
12. Янюшкин А.С., Кудряшов С.М., Сивков Д.В., Лисафьев Ю.Б., Архипов П.В. Перспективный метод обработки твердого сплава на плоскошлифовальном станке // Системы. Методы. Технологии. 2009. № 4. С. 71-74.
13. Архипов П.В., Янюшкин А.С., Петров Н.П., Балакин Д.В., Муравьева О.О. Моделирование и модернизация технологического оборудования // Механики XXI века. 2013. № 12. С. 111-112.
14. Янюшкин А.С., Архипов П.В. Электроалмазная обработка. Практика применение и модернизация // Механики XXI века. 2005. № 4. С. 260-265.
15. Архипов П.В., Сурьев А.А., Янюшкин А.С., Кулехова Г.М. К вопросу о совершенствовании и модернизации // Механики XXI века. 2007. № 6. С. 269-270.
16. Архипов П.В., Сурьев А.А., Янюшкин А.С. Модернизация плоскошлифовального станка 3e711в под электрофизическое шлифование // Механики XXI века. 2006. № 5. С. 204-205.
17. Yanyushkin A.S., Lobanov D.V., Arkhipov P.V. Research of influence of electric conditions of the combined electro-diamond machining on quality of grinding of hard alloys // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 6. Сер. "6th International Scientific Practical Conference on Innovative Technologies and Economics in Engineering" 2015. С. 012051.
18. Yanyushkin A., Lobanov D., Arkhipov P., Ivancivsky V. Contact processes in grinding // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 788. С. 17-21.
19. Архипов П.В., Янюшкин А.С., Лосев Е.Д., Петров Н.П., Алтангэрэл Г. Шероховатость поверхности, обработанной электроалмазными методами // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 158-163.
20. Янюшкин А.С., Архипов П.В., Лобанов Д.В., Попов В.Ю., Лосев Е.Д. Качество поверхности после алмазной обработки безвольфрамовых твердых сплавов // Научно-технические технологии в машиностроении. 2016. № 1 (55). С. 20-24.
21. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Архипов П.В., Попов В.Ю. Исследование влияния электрических режимов на качественные и экономические показатели комбинированной электроалмазной обработки твердосплавных материалов // Научно-технические технологии в машиностроении. 2015. № 3 (45). С. 22-29.

УДК 629.113.004

Колесный движитель с безвоздушной шиной из эластичного полиуретана

В.В. Мазур, В.С. Коваль, Д.С. Захаров

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: упруго-демпфирующие свойства, колесо, полиуретан, стенд, матрица, эксперимент.

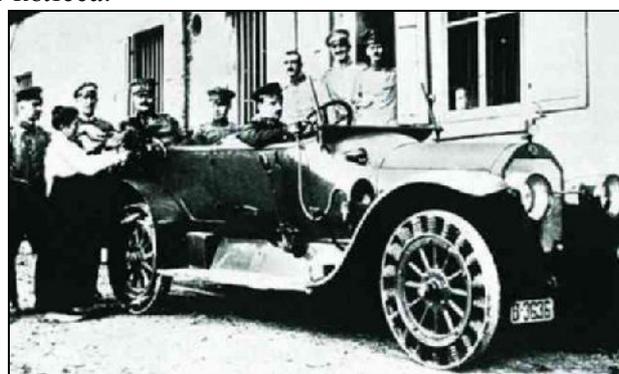
В статье дается подробное описание стендов и специального оборудования, разработанных на базе существующих стендов для исследования свойств непневматических шин и предназначенных для экспериментальной оценки упруго-демпфирующих свойств колесных движителей из полиуретана.

Изобретение в XIX веке пневматической шины [1, 2] позволило значительно улучшить эксплуатационные свойства первых автомобилей и обеспечило быстрое развитие автомобильной промышленности. Тем не менее, даже современные пневматические шины традиционных конструкций, всё же имеют один существенный недостаток, заключающийся в прекращении транспортного процесса при потере избыточного давления сжатого воздуха.

В начале XX века были попытки применения на автомобилях пружинных колёс, упругость которых обеспечивалась не избыточным давлением сжатого воздуха, а свойствами рессорно-пружинных сталей, применяемых для их изготовления. На рис. 1 приведены фотографические снимки автомобилей того времени с пружинными колёсами. Пневматические шины, конструкция которых быстро совершенствовалась, вытеснили сравнительно недолговечные и тяжёлые пружинные колёса.



а)



б)

Рис. 1. Пружинные колёса на немецких автомобилях: а – Protos; б – Benz

В настоящее время достижения химии полимеров позволяют продолжить развитие конструкций самонесущих шин и расширить сферу их применения. Полиуретан как современный полностью синтетический конструкционный материал с проектируемыми физико-механическими свойствами широко применяется для изготовления многих элементов современных автомобилей, в том числе и автомобильных шин. Разработкой безвоздушных шин с упругими деформируемыми спицами из эластичного полиуретана, конструкции которых представлены на рис.2, занимаются ведущие мировые компании-производители автомобильных шин и зарубежные исследовательские институты. В России разработкой самонесущих шин атмосферного давления активно занимаются в МИТХТ им. М.В. Ломоносова [1] и НИИШП [2].

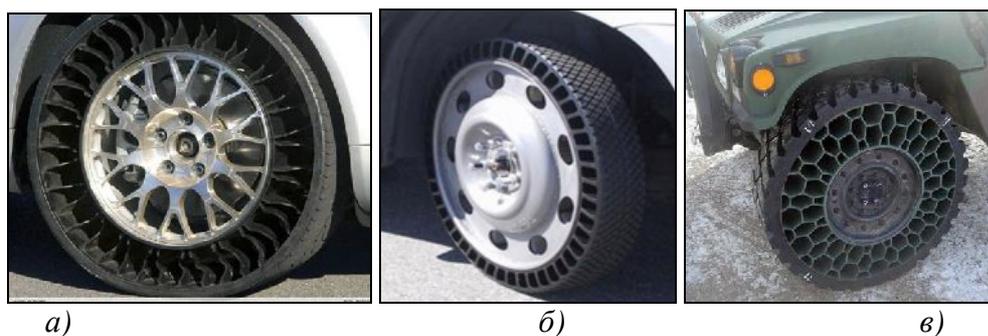


Рис. 2. Автомобильные самонесущие шины с упругими деформируемыми спицами из эластичного полиуретана:
 а – Michelin Tweel на автомобиле Audi A4; б – Amerityre;
 в – NPT, разработанная Resilient Technologies для автомобиля Humvee

В Братском государственном университете (БрГУ) накоплен опыт в разработке и исследовании шин с упругими деформируемыми спицами из эластичного полиуретана. В настоящее время на кафедре “Автомобильный транспорт” в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации выполняется поисковая научно-исследовательская работа “Создание безвоздушных шин для наземных транспортных средств”. На рис.3 приведены экспериментальные образцы автомобильных колёс с безвоздушными шинами [3, 4, 5], конструкции которых разработаны на кафедре “Автомобильный транспорт”. Для изготовления по известной технологии [6] безвоздушных шин применялись эластичные двухкомпонентные полиуретаны производства ООО “СУРЭЛ” (г. Санкт - Петербург), технические характеристики которых приведены в табл.1.



Рис. 3. Экспериментальные образцы автомобильных колёс с безвоздушными полиуретановыми шинами

Таблица 1

Технические характеристики уретановых форполимеров для изготовления безвоздушных шин с упругими деформируемыми спицами

Наименование показателя	Марка уретанового форполимера			
	СКУ-ПФЛ-100	СУРЭЛ ТФ-682	СУРЭЛ ТФ-235	СУРЭЛ ТФ-228
1.Массовая доля изоцианатных групп, %	8,0	8,2	3,5	2,8
2. Динамическая вязкость при 30°С, Па·с	12,5	7	14	19
3. Относительное удлинение, %, не менее	235	250	465	505
4. Относительная остаточная деформация после разрыва, %, не более	-	24	6	8
5. Твёрдость по Шору, у.е.	98 по шкале А	60 по шкале D	85* (65**) по шкале А	80* по шкале А

* с отвердителем МОСА;

** с отвердителем УРЕЛИНК.

Изготовление экспериментальных образцов автомобильных колёс с безвоздушными шинами осуществлялось методом литья эластичных полиуретанов в матрицы, конструкции которых также разработаны на кафедре “Автомобильный транспорт” БрГУ [7, 8]. На рис.4 приведены фотографии литейных матриц, применяемых при изготовлении экспериментальных образцов колёс.

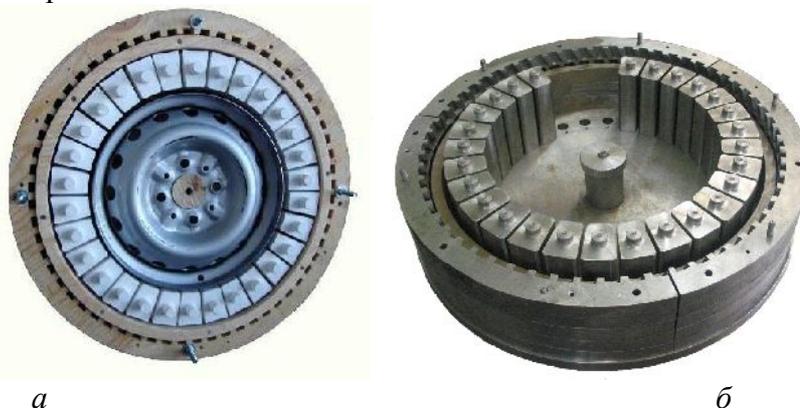


Рис.4. Литейные матрицы для изготовления полиуретановых шин с упругими деформируемыми спицами: а – изготовленная из фанеры и поливинилхлорида; б – стальная

Изготовленные экспериментальные образцы представляют собой неразборные конструкции, состоящие из стандартных дисковых колёс с глубокими ободьями и обрезанными по ширине беговой дорожки традиционной пневматической шины закраинами и безвоздушных шин с упругими деформируемыми спицами из эластичных полиуретанов. Следует отметить, что для изготовления упругих деформируемых спиц были использованы уретановые форполимеры марок СКУ-ПФЛ-100 и СУРЭЛ ТФ-682, а для изготовления протекторов – более мягкие СУРЭЛ ТФ-235 и СУРЭЛ ТФ-228. Кроме того, внутренние поверхности металлических ободьев перед установкой в матрицы были подвержены механической обработке, обеспечивающей высокую шероховатость и, как следствие, прочность адгезионное крепление полиуретановых шин к колёсам.

Экспериментальная оценка упруго-демпфирующих свойств изготовленных образцов безвоздушных шин осуществлялась на испытательном комплексе [9] кафедры “Автомобильный транспорт” БрГУ. Испытательный комплекс, в состав которого входит шинный стенд с измерительно-регистрирующей системой, показан на рис.5. Шинный стенд [10] позволяет испытывать шины легковых и малотоннажных грузовых автомобилей в режимах квазистатического и динамического нагружений вертикальной и продольной силами.



Рис.5. Испытательный комплекс для экспериментальной оценки поглощающей и сглаживающей способности автомобильных шин

Таблица 2

Технические характеристики экспериментальных образцов колёс
с безвоздушными шинами

Наименование параметра	Экспериментальный образец		
	№1	№2	№3
1. Марка форполимера спиц	СКУ-ПФЛ-100	СУРЭЛ ТФ-682	СКУ-ПФЛ-100
2. Марка форполимера протектора	СУРЭЛ ТФ-235*	СУРЭЛ ТФ-228	СКУ-ПФЛ-100**
3. Масса колеса, кг	13,5		
4. Габаритный диаметр, мм	530		
5. Ширина профиля, мм	120		
6. Число упругих деформируемых спиц	30		
7. Толщина упругих деформируемых спиц, мм	5		
8. Коэффициент нормальной жёсткости, кН/м	230	235	250

* с отвердителем УРЕЛИНК

** с добавлением 30% резинового порошка.

Литература

1. Юсупов, А.А. Разработка новой конструкции и технологии изготовления безопасной шины: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.06. / А.А. Юсупов, Московская государственная академия тонкой химической технологии имени М.В. Ломоносова – М., 2005. – 134 с.;
2. Конструктивные разновидности и технологические особенности изготовления самонесущих шин / Веселов И.В., Любартович С.А. – Сборник докладов 19 симпозиума (международной конференции) “Проблемы шин и резинотехнических композитов”. В 2-х т. – М.: НТЦ “НИИШП”, 2008. – Т.1;
3. Патент №2335409 Российская Федерация, МПК В60В5/02. Упругое колесо транспортного средства А.А. Енаев, В.В. Мазур – 2006147016/11, Заявлено 27.12.2006; Оpubл. 20.05.2010, БИ 14/2010;
4. Патент №2336178 Российская Федерация, МПК В60В9/90. Колесо транспортного средства с упругими спицами В.В. Мазур – 2007107423/11, Заявлено 27.02.2007; Оpubл. 20.07.2010, БИ 20/2010;
5. Патент №2397877 Российская Федерация, МПК В60В9/26. Автомобильная шина из эластичного полиуретана с упругими деформируемыми спицами В.В. Мазур – 2009126282/11, Заявлено 08.07.2009; Оpubл. 27.08.2010, БИ 24/2010;
6. www.surel.ru;
7. Патент на полезную модель №79490 Российская Федерация, МПК В29D30/00, В29С43/34. Пресс-форма для изготовления колес из полимерных композиционных материалов А.А. Енаев, В.В. Мазур – 2007110255/22, Заявлено 20.03.2007; Оpubл. 10.01.2009, БИ 01/2009;
8. Патент №2413611 Российская Федерация, МПК В29С 33/44, В29С 43/36, В29D 30/66, В22D 17/20. Пресс-форма для изготовления автомобильной шины из эластичного полиуретана с упругими деформируемыми спицами В.В. Мазур – 2009126256/05, Заявлено 08.07.2009; Оpubл. 10.03.2011, БИ 07/2011.
9. Рыков С.П. Экспериментальные исследования поглощающей и сглаживающей способности пневматических шин. Испытательный комплекс, методики проведения экспериментов и обработки результатов. Монография. – Братск: БрГУ, 2004. – 322 с.;
10. Патент №2245535 Российская Федерация, МПК G01M17/02. Способ построения характеристик радиальной упругости пневматической шины при комплексном нагружении колеса и устройство для его осуществления С.П. Рыков, В.Н. Тарасюк – 2003119814/11, Заявлено 30.06.2003; Оpubл. [27.01.2005](http://www.surel.ru), Бюл. № 3.

УДК 629.113.004

Упруго-демпфирующие свойства листовых рессор. Стенды и оборудование для проведения экспериментов

С.П. Рыков, А.В. Камнев, А.С. Малышева, Д.В. Малышев

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: упруго-демпфирующие свойства, листовая рессора, шинный стенд, датчик сил, датчик перемещения, гидропульсационный стенд, эксперимент.

В статье дается подробное описание стендов и специального оборудования, разработанных на базе существующих стендов для исследования поглощающих свойств пневматических шин и предназначенных для экспериментальной оценки упруго-демпфирующих свойств листовых рессор.

В большинстве исследований на плавность хода и вибронегруженность автомобиля листовую рессору моделируют как упругий элемент, параллельно соединенный с элементом «сухого» трения [1, 2], что далеко не в полной мере отражает сложный характер сил трения в рессоре и служат источником ошибок, особенно при малом уровне ее деформации.

В исследованиях [3, 4] упруго-демпфирующие свойства листовых рессор моделируются исходя из математического описания их характеристик упругости, получаемых экспериментально на специальных стендах и установках

На кафедре автомобильного транспорта Братского госуниверситета создание специального оборудования для испытания листовых рессор базировалось на уже существующих стендах и установках, разработанных для исследования поглощающих свойств пневматических шин [5].

Для испытания рессор легковых и малотоннажных грузовых автомобилей на универсальном шинном стенде (рис.1) были созданы регулируемые площадки для монтажа рессорного узла с испытуемой рессорой и датчик сил тензометрического типа.

Реализация режима квазистатического нагружения рессоры осуществляется с использованием механизма статического нагружения шинного стенда, а режима динамического нагружения рессоры – с использованием механизма вынужденных колебаний (вибратор инерционного типа), монтируемого на колесную раму шинного стенда.

Измерение вертикальной нагрузки, действующей на рессору при испытании как в квазистатическом, так и динамическом режимах, осуществляется датчиком сил, схема которого приведена на рис. 2, а вид на шинном стенде – на рис. 3.

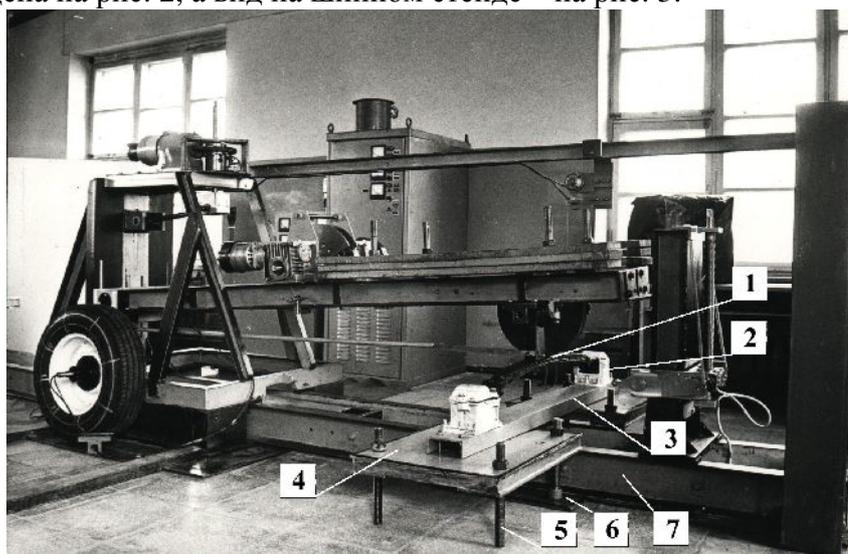


Рис. 1. Установка для испытания листовых рессор на шинном стенде в комплектации для динамического режима нагружения:

1 – испытуемая рессора; 2 – опора; 3 – швеллер; 4 – платформа;
5 – опорный винт; 6 – плита; 7 – роликовая балка.

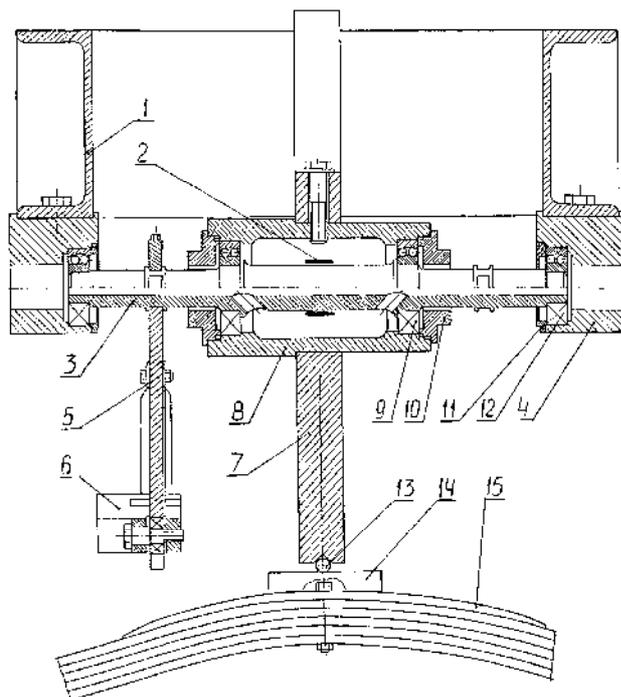


Рис. 2. Датчик сил:

1 – балка колесной рамы стенда; 2 – тензорезисторы; 3 – ось; 4 – опора оси; 5, 6 – элементы измерительного параллелограмма; 7 – диск переходный; 8 – корпус датчика; 9 – подшипник корпуса; 10 – крышка корпуса; 11 – крышка опоры; 12 – подшипник опоры; 13 – элементы крепления диска; 14 – контактный шарик; 15 – опорная пластина; 16 – испытуемая рессора.

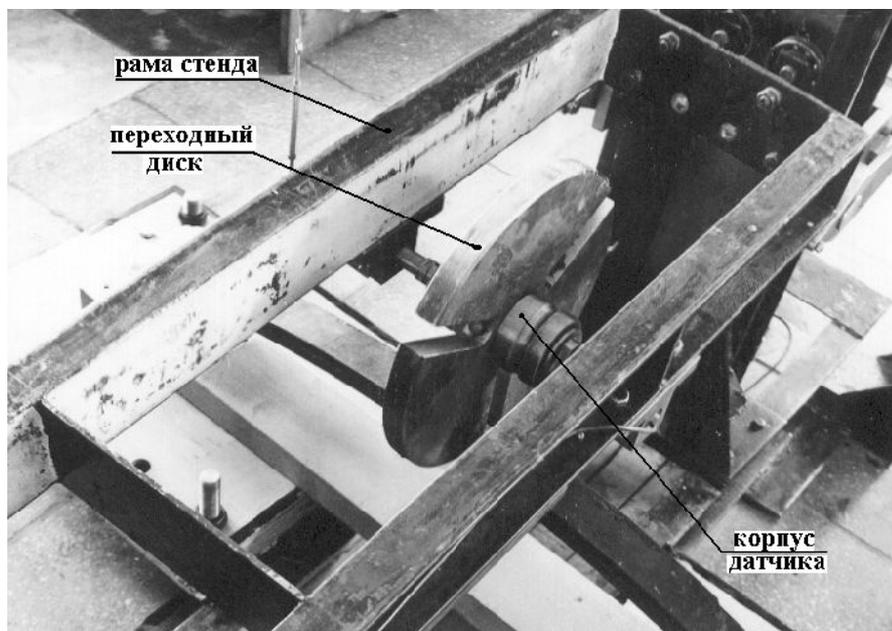


Рис. 3. Вид датчика сил на шинном стенде

Измерение прогиба рессоры при испытании осуществляется датчиком линейных перемещений и низкочастотных колебаний реохордного типа (рис. 4).

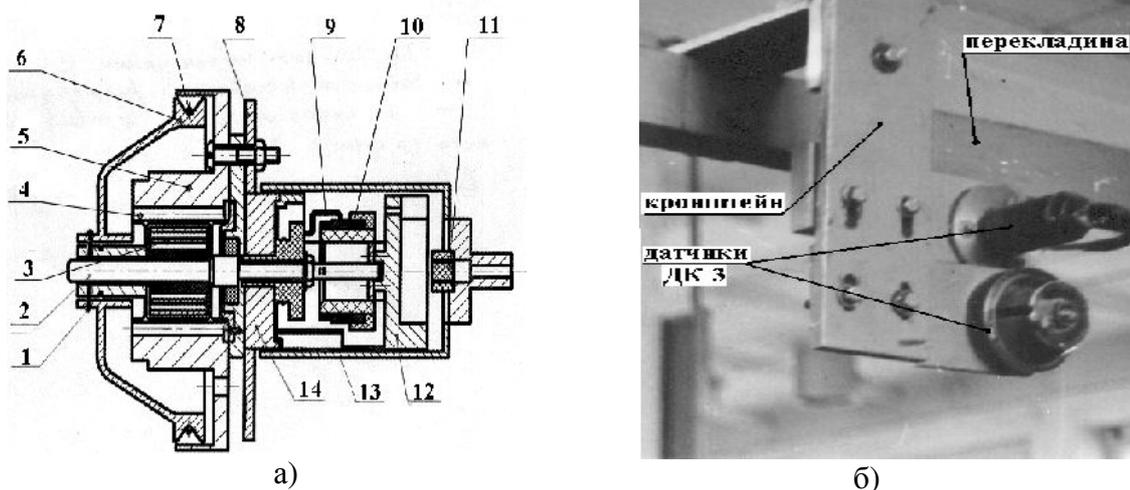


Рис. 4. Датчик перемещений и низкочастотных колебаний реохордного типа:

а – схема датчика; б – вид датчиков на стенде

1 – шплинт; 2 – ось; 3 – спиральная пружина; 4 – игольчатый подшипник; 5 – корпус; 6 – шкив-крышка; 7 – тросик стальной; 8 – кронштейн; 9 – колодка с ползунком; 10 – реохорд провололочный; 11 – разъем для подсоединения коммутационных проводов; 12 – опора оси правая; 13 – кожух; 14 – опора оси левая.

Для испытания листовых рессор легковых и грузовых автомобилей с частотой нагружения до 20 Гц на кафедре автомобильного транспорта создан гидропульсационный стенд, состоящий из несущего каркаса, на который сверху установлен силовой гидроцилиндр, насосной станции для управления гидроцилиндром и оборудования для монтажа объектов испытания и датчиков (рис. 5).

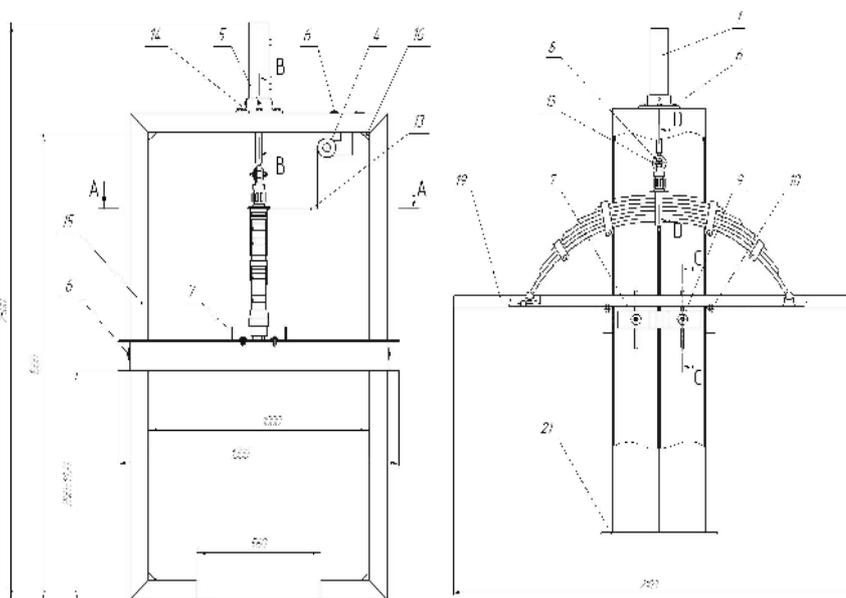


Рис. 5. Гидропульсационный стенд, укомплектованный для испытания листовых рессор:

1 – нагрузчитель гидравлический; 2 – испытуемая рессора; 3 – датчик силы; 4 – датчик перемещения; 5,6 – болт; 7,8 – гайка; 9,10,11,12,13 – шайба; 14 – корпус крепления гидроцилиндра; 15 – рама стенда силовая; 16 – уголок силовой; 17 – корпус крепления датчика сил; 18 – опора датчика сил; 19 – швеллер для крепления рессоры; 20 – балка передвижная; 21 – лист металлический.

Схема гидропульсационного стенда со схемой насосной станции и измерительно-информационной системой приведена на рис. 6.

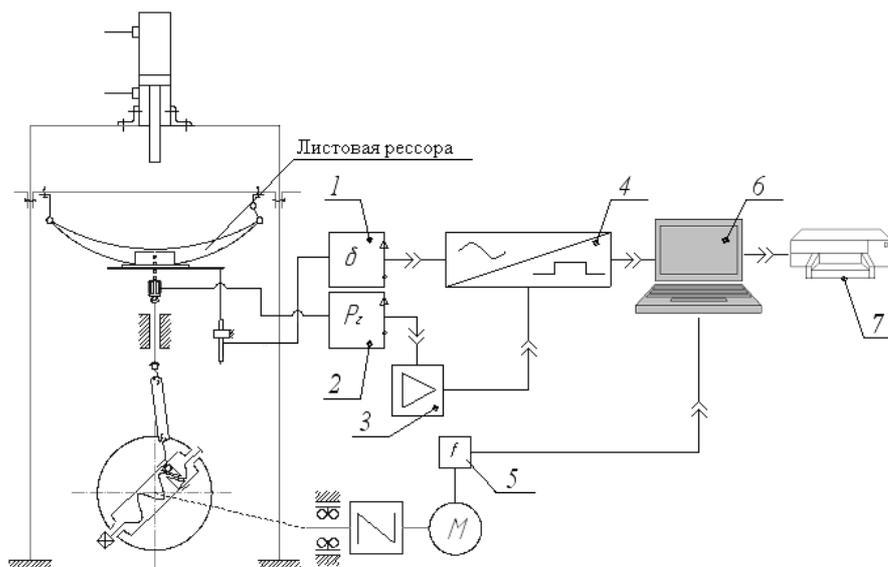


Рис. 6. Схема гидропульсационного стенда с насосной станцией и информационно-измерительной системой:

1 – датчик перемещения LPS-100S; 2 – датчик силы; 3 – тензоусилитель DN-10W; 4 – аналогово-цифровой преобразователь E14-140-M; 5 – тахометр часовой ТЧ10-Р; 6 – персональный компьютер; 7 – принтер.

Представленное в статье оборудование позволяет исследовать упруго-демпфирующие свойства листовых рессор на базе экспериментально построенных характеристик упругости, используя разработанную ранее теорию сопротивления в листовых рессорах [4].

Литература:

1. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля: Колебания и плавность хода. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.
2. Пархиловский И.Г. Автомобильные листовые рессоры. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 232 с.
3. Рыков С.П. Экспериментальные исследования сглаживающей и поглощающей способности пневматических шин в расчете подвески и колебаний колесных машин: автореф. дис. на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук. – М.: ФГУП «НАТИ», 2005. – 44 с.
4. Рыков С.П. Неупругое сопротивление в пневматических шинах. Моделирование, оценка, приложения: монография. – Братск: Изд-во БрГУ, 2015. – 444 с.
5. Рыков С.П. Экспериментальные исследования сглаживающей и поглощающей способности пневматических шин. Испытательный комплекс, методики проведения экспериментов и обработки результатов: монография. – Братск, БрГТУ, 2004. – 322 с.

УДК 629.113.004

Упругие свойства пневматических шин. Стенды и оборудование для проведения экспериментов

С.П. Рыков, В.С. Коваль, С.А. Синябрюхов

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: упругие свойства, пневматическая шина, эксперимент, универсальный шинный стенд, механизм нагружения, комплексное нагружение, устройство догружения колеса.

В статье даётся обоснование применения и подробное описание конструкции универсального шинного стенда и стенда комплексного нагружения, приводится описание устройств догружения колеса продольной и боковой силами.

Упругие (жесткостные) свойства пневматических шин в значительной степени определяют плавность хода автомобиля и нагруженность его конструкции, а также влияют на устойчивость, управляемость, тягово-сцепные свойства и проходимость автомобиля.

На плавность хода и нагруженность конструкции автомобиля наибольшее влияние оказывает нормальная жесткость шины, т.е. способность ее сопротивляться деформированию под действием нормальной (вертикальной) нагрузки. Оценочным параметром нормальной жесткости служит коэффициент жесткости, отражающий функциональную связь нормальной нагрузки на колесе с нормальной деформацией шины.

Исследования упругих свойств автомобильных шин ведутся давно и успешно как в теоретическом, так и экспериментальном направлениях [1 - 3]. В теоретических исследованиях на основании различных моделей шины выводится математическое описание ее нагрузочной характеристики. При этом, степень соответствия теоретической характеристики с реальной, т.е. построенной экспериментально, еще недостаточна. В экспериментальном направлении проблема исследования упругих свойств автомобильных шин связана с наличием автоматизированных универсальных стендов, обеспечивающих приложение к испытуемой шине всего комплекса реальных нагрузок, причем изменяющихся с эксплуатационными скоростями.

На кафедре автомобильного транспорта университета исследования упругих свойств пневматических шин носят вспомогательный характер. Эти исследования сопутствуют исследованиям поглощающих свойств шин и также базируются на экспериментально построенных характеристиках нормальной жесткости испытуемых шин.

Характеристика нормальной жесткости шины представляет собой графическое изображение в координатах «сила – перемещение» функциональной зависимости нормальной нагрузки, действующей на колесо, от вызванного ею нормального прогиба шины при изменении нагрузки как на ходе нагружения колеса, так и на ходе его разгружения. А наклон средней линии характеристики в районе действия номинальной нагрузки отражает упругие свойства шины.

Для построения характеристик жесткости шин легковых и малотоннажных грузовых автомобилей на кафедре создан универсальный шинный стенд (рис. 1).

Нагружение колеса вертикальной силой осуществляется электромеханическим приводом в составе мотор - редуктора, пары конических шестерен, пары гайка – винт и силового параллелограмма (рис. 2).

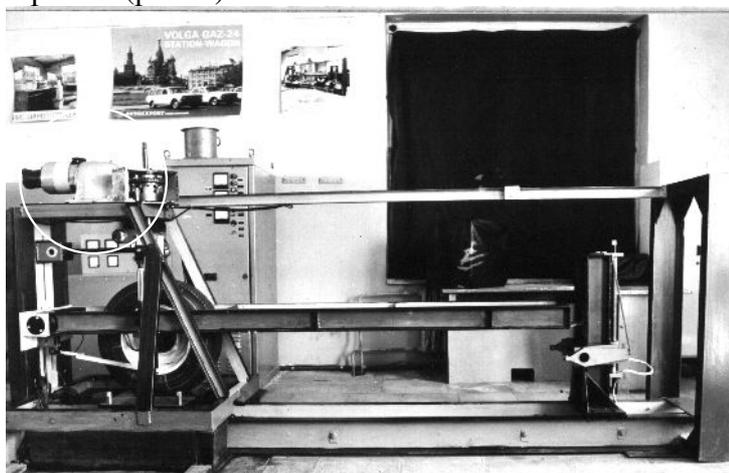


Рис. 1. Универсальный шинный стенд, укомплектованный для испытания шин в квазистатическом режиме нагружения

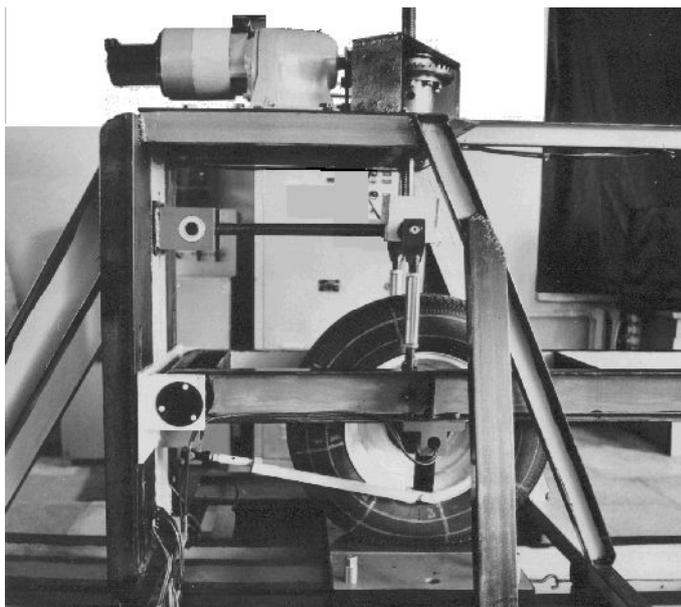


Рис. 2. Механизм квазистатического нагружения колеса шинного стенда

Измерение нагрузки на колесе осуществляется тензометрическим датчиком сил, смонтированным на оси колесного узла, а прогиба шины – реохордным датчиком линейных перемещений. Регистрация сигналов с датчиков ведется на компьютер в виде их функциональной связи [4].

Управление реверсом двигателя механизма для обработки цикла «нагрузка – разгрузка» осуществляется как в ручном, так и в автоматическом режимах.

Для построения экспериментальных характеристик жесткости шин от действия продольной нагрузки шинный стенд оборудуется специальным устройством, реализующим следящий эффект за величиной нормальной нагрузки (рис. 3).

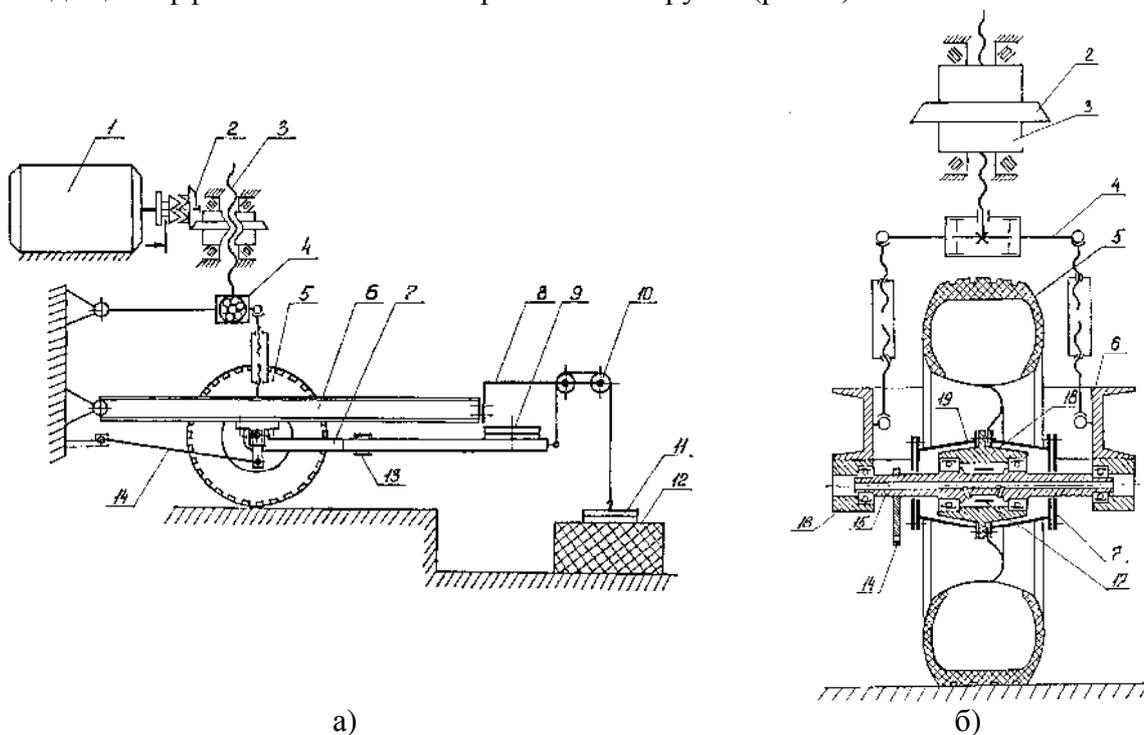


Рис. 3. Кинематическая схема шинного стенда с устройством для догружения шины продольной силой: а – схема шинного стенда; б – схема колесного узла

Для исследования шин при сложном нагружении колеса на кафедре автомобильного транспорта создан еще один стенд, стенд комплексного нагружения вместе с динамометрической площадкой и навесным оборудованием (рис. 4).

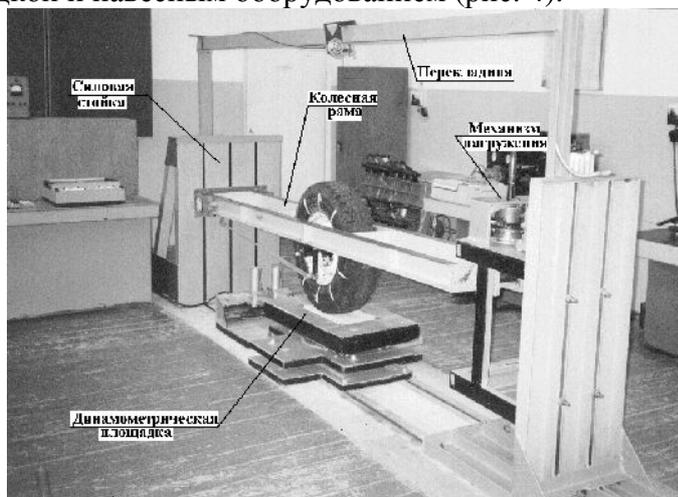


Рис. 4. Шинный стенд комплексного нагружения с динамометрической площадкой

Целью испытаний шин на данном стенде являются исследования влияния дополнительного нагружения колеса в продольном, боковом и окружном направлениях на нормальную жесткость и поглощающую способность испытуемых шин путем построения их характеристик жесткости.

Динамометрическая площадка вместе с электромеханическим приводом предназначена для создания в зоне контакта испытуемой шины с опорной поверхностью продольной, боковой или поворотной нагрузки с целью исследования упругих, сцепных и поглощающих свойств шины от действия этих сил и моментов, а также нормальной жесткости и поглощающей способности для комплексного нагружения колеса.

Для постепенного догружения шины боковой силой с целью построения характеристик нормальной жесткости со следящим эффектом за величиной нормальной нагрузки стенд комплексного нагружения оснащается специальным устройством (рис. 5).

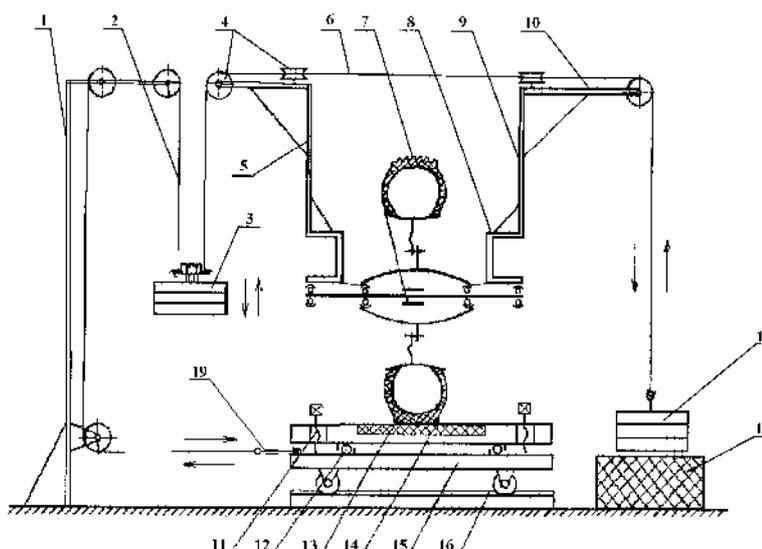


Рис. 5. Кинематическая схема устройства для бокового догружения колеса на стенде:

1 – стойка; 2, 4, 6 – тросово - блочная система; 3, 17 – грузовые площадки с мерными грузами; 5, 9, 10 – кронштейны; 7 – колесо с испытуемой шиной; 8 – рама шинного стенда; 11 – винт стопорный; 12 – подшипник опорный; 13 – вкладыш, имитирующий поверхность; 14 – верхняя плита динамометрической площадки; 15 – средняя плита; 16 – нижняя плита; 18 – упругое основание; 19 – тензозвено.

Основным требованием при разработке устройств для продольного и бокового догружения колеса было исключение их влияния на работу механизмов шинных стендов, обеспечивающих основное нагружение нормальной силой, а также на точность измерения нормальной нагрузки и нормального прогиба шины [5].

Приведенные в статье стенды и оборудование, разработанные и созданные на кафедре автомобильного транспорта университета, позволяют успешно и качественно проводить исследования упругих свойств пневматических шин, базируясь на характеристиках жесткости, построенных от действия нормальных, продольных и боковых сил, а также их комбинаций.

Литература

1. Колесников К.С. Автоколебания управляемых колес автомобиля. – М.: ГИТТЛ, 1955. – 238 с.
2. Работа автомобильной шины / В.И. Кнороз, Е.В. Кленников, И.П. Петров и др.; Под ред. В.И. Кнороза. – М. – Транспорт, 1976. – 238 с.
3. Бухин Б.Л. Введение в механику пневматических шин. – М.: Химия, 1988. – 224 с.
4. Рыков С.П. Неупругое сопротивление в пневматических шинах. Моделирование, оценка, приложения: монография. – Братск: Изд-во БрГУ, 2015. – 444 с.
5. Рыков С.П. Экспериментальные исследования поглощающей и сглаживающей способности пневматических шин. Испытательный комплекс, методики проведения экспериментов и обработки результатов: Монография. – Братск: БрГТУ, 2004. – 322с.

УДК 629.113.004

Экспериментальные исследования пневматических шин в режиме свободных колебаний. Стенды и оборудование

С.П. Рыков, В.С. Коваль, М.М. Муратов

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: режим свободных колебаний, пневматическая шина, эксперимент универсальный шинный стенд, механизм сброса и подтягивания, механизм обкатки, измеритель температуры покрышки, реоходный датчик перемещений.

В статье обосновывается применение стендового оборудования и приборов кафедры автомобильного транспорта университета для исследования поглощающих свойств пневматических шин в режиме свободных колебаний, даётся описание конструкции стенда, механизмов и датчиков.

Экспериментальные исследования являются важнейшей частью процесса создания автомобильной техники. В результате экспериментов находят действительные технико-экономические показатели работы автомобиля, соответствие их требованиям стандартов, технических условий и нормалей. Развитие методов испытаний автомобильной техники связано с совершенствованием измерительной и регистрирующей аппаратуры, устройств для обработки опытных данных, с созданием специальных испытательных дорог и автоматизированных стендов, реализующих эксплуатационные и форсированные режимы нагружения.

Особое значение приобретают экспериментальные работы при проектировании и совершенствовании конструкции подвески и шин в связи со сложностью выполняемых ими функций. Подвеска и шины должны обеспечивать вибрационную защиту водителя, пассажиров, перевозимого груза, поддрессоренных и неподдрессоренных частей самого ав-

томобиля, а также оптимальную управляемость и устойчивость автомобиля, безопасность его движения.

Испытания пневматических шин осуществляются в нескольких направлениях в соответствии с потребностями внутренней или внешней механики шин. Для внутренней механики шин наибольший интерес представляют экспериментальные исследования механических и физических характеристик шинных материалов, а также напряжений и деформаций в материале шины и в контакте ее с опорной поверхностью (тензометрия шин). Для внешней механики шин наибольший интерес представляют исследования их механических характеристик (так называемых выходных характеристик), определяющих эксплуатационные свойства автомобиля, а также ресурс шин.

Выходные характеристики шин, к числу которых относятся зависимости между нагрузками и линейными (или угловыми) смещениями, коэффициенты жесткости и неупругого сопротивления, показатели износостойкости и неоднородности, коэффициенты сцепления и сопротивления качению, определяются в основном на лабораторных стендах и специальных дорожных установках.

В научно-технической литературе приводится описание многочисленных видов такого оборудования, разработанного в различных НИИ, вузах и КБ автомобильного и шинного профиля нашей страны, а также изготавливаемого специализированными фирмами за рубежом.

Эти стенды и установки различаются как конструктивными схемами, так и возможностями реализации различных режимов нагружения испытываемой шины, применяемыми силоизмерительными устройствами, средствами регистрации и обработки опытных данных.

Однако всякий раз при организации собственных экспериментальных исследований для опробования разработанных теорий или математических моделей шин возникает проблема выбора между созданием нового оборудования, арендой и переделкой оборудования других учреждений или покупкой оборудования зарубежных фирм. Для вузов эта проблема, как правило, решается в пользу создания новых, максимально приспособленных к собственным задачам стендов и установок.

И хотя этот путь связан со значительными затратами труда и времени на реализацию конкретной темы, он позволяет решить другие, не менее важные проблемы: создание и развитие исследовательской базы кафедры, обеспечение лабораторных практикумов в учебном процессе.

Первоначально оценка поглощающей способности пневматической шины осуществлялась только по кривым затухающих колебаний ее радиальной деформации, развернутым по времени протекания процесса. Для реализации соответствующего режима нагружения шины были созданы стенды так называемого рычажного типа, конструкция которых представляла собой жесткую раму, изготовленную сваркой из продольного и поперечного силового набора, одним концом закрепленную при помощи шарнирного узла на опорной стойке, а другим опирающуюся на колесный узел с испытываемой шиной. Кроме того, конструкция подобных стендов обеспечивала установку, перемещение по длине рамы и фиксацию грузов различной массы, а также возможность возбуждения свободных колебаний рамы стенда на шине при помощи устройств сброса или подтягивания. В состав измерительной части стендов включались датчик для измерения радиальной деформации шины и регистрирующий прибор для записи изменения этой деформации по времени. [1, 2, 3].

Для экспериментальных исследований пневматических шин легковых и малотоннажных грузовых автомобилей в режиме свободных затухающих колебаний на кафедре автомобильного транспорта университета был создан универсальный шинный стенд, в котором, в том числе, предусмотрены механизмы и устройства, реализующие указанный режим испытаний (рис.1).

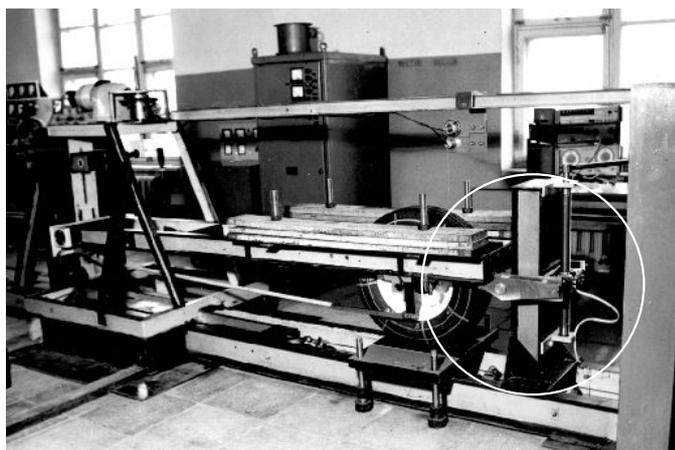


Рис.1. Универсальный шинный стенд, укомплектованный для испытания шин в режиме свободных колебаний

Свободные колебания колесной рамы шинного стенда на испытуемой шине в вертикальной продольной плоскости возбуждаются специальным механизмом методом сбрасывания или подтягивания [4].

Механизм сброса и подтягивания состоит из устройства взведения, которое позволяет выставить колесную раму стенда (вместе с грузами и колесом) в исходное положение, и устройства сброса, которое позволяет быстро освободить колесную раму от дополнительной нагрузки, вызванной увеличением или уменьшением нормального прогиба шины, и предоставить ей возможность совершать свободные колебания на испытуемой шине (рис. 2).

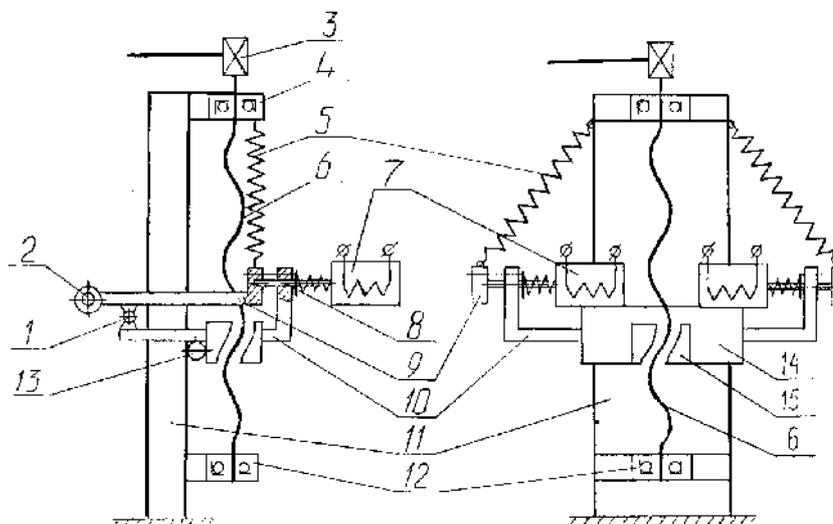


Рис. 2. Кинематическая схема механизма сброса и подтягивания:

1 – ось поворотного рычага; 2 – ролики опорные; 3 – рукоятка; 4, 12 – опоры подшипниковые; 5 – пружины оттяжные; 6 – винт грузовой; 7 – реле тяговые; 8 – фиксаторы; 9 – рычаги поворотные; 10 – кронштейны; 11 – стойка направляющая; 13 – шарики контактные; 14 – пластина несущая; 15 – гайка.

Управление устройством сброса механизма осуществляется дистанционно за счет подачи напряжения на тяговые реле 7.

Для обкатки колес перед началом испытания шин, а также для их разогрева до заданной температуры покрышки при исследовании влияния температуры на упругие и поглощающие свойства создан механизм обкатки барабанного типа, дополняемый калориферной установкой (рис. 3).

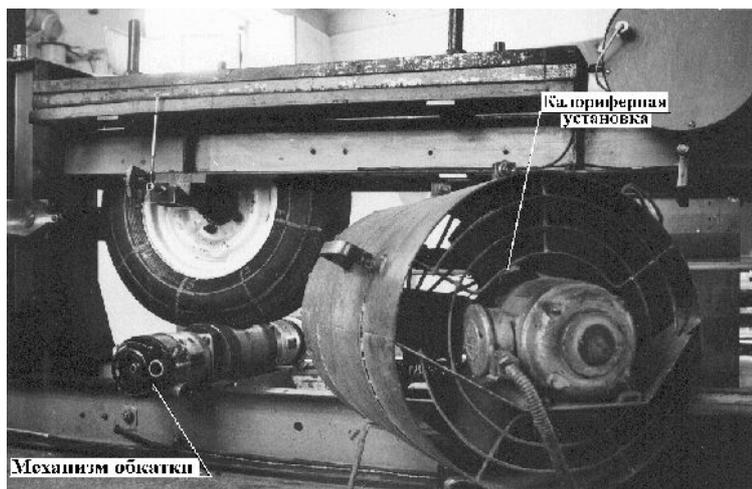


Рис. 3. Универсальный шинный стенд, укомплектованный для обкатки шины

Измерения внутреннего давления воздуха и температуры покрышки шины осуществляются с помощью переносного измерительного прибора (рис. 4).



Рис. 4. Переносной измерительный прибор:

1 – тумблер «калибровка»; 2 – корпус; 3 – манометр МТИ-1216; 4 – микроамперметр М906; 5 – регулятор; 6 – тумблер «Питание»; 7 – разъем датчика; 8 – датчик температуры; 9 – измерительная головка 09А; 10 – стойка прибора.

В прибор для измерения давления воздуха в шине вмонтирован манометр с высокой разрешающей способностью, который шлангом связан с измерительной головкой контактно-нажимного типа. Для измерения температуры покрышки шины в прибор вмонтирован микроамперметр и электронный блок преобразования сигнала от термодатчика контактного типа (на базе полупроводникового термистора).

Для измерения деформации шины в процессе колебания на ней масс стенда используется реохордный датчик линейных перемещений и низкочастотных колебаний. (рис.5).

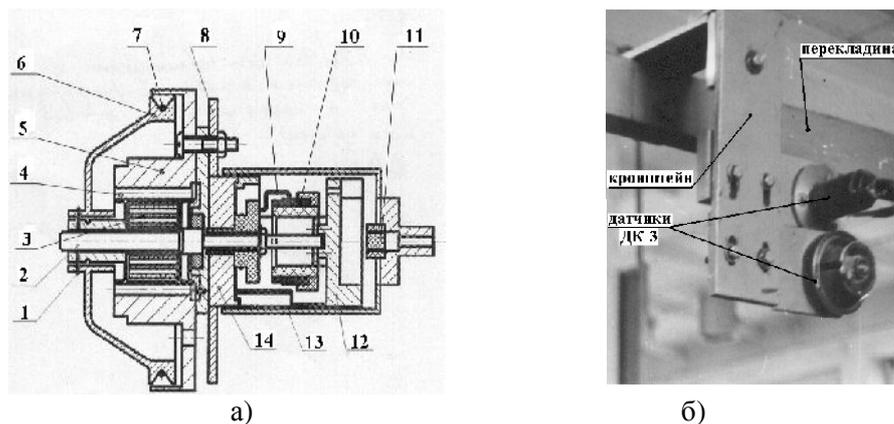


Рис. 5. Датчик перемещений и низкочастотных колебаний:
а – схема датчика; б – вид датчиков на стенде

Питание датчика осуществляется от аккумуляторной батареи через блок стабилизации напряжения. Регистрация свободных затухающих колебаний масс стенда на испытуемой шине ведется на персональный компьютер через аналого-цифровой преобразователь для последующей их обработки по оригинальной методике [5].

Представленные в статье стенды, механизмы и приборы позволяют достаточно эффективно и с высокой точностью получать исходную информацию для исследования упруго-демпфирующих свойств пневматических шин в режиме свободных колебаний.

Литература

1. Колесников К.С. Автоколебания управляемых колес автомобиля. – М.: ГИТТЛ, 1955. – 238 с.
2. Ломакин В.В., Черепанов Л.А., Вермеюк В.Н. Исследование упругих и демпфирующих характеристик шин легковых автомобилей на стенде // Автомобильная промышленность. – 1976. – №8. – С. 25–26.
3. Шупляков В.С. Колебания и нагруженность трансмиссии автомобиля. – М.: Транспорт, 1974. – 328 с.
4. Рыков С.П. Экспериментальные исследования поглощающей и сглаживающей способности пневматических шин. Испытательный комплекс, методики проведения экспериментов и обработки результатов: Монография. – Братск: БрГУ, 2004. – 322 с.
5. Рыков С.П. Неупругое сопротивление в пневматических шинах. Моделирование, оценка, приложения: монография. – Братск: Изд-во БрГУ, 2015. – 444 с.

УДК 629.113.004

Неупругое сопротивление в пневматических шинах. Стендовое и приборное обеспечение экспериментов

С.П. Рыков, В.С. Коваль, Н.В. Цыганкова

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: неупругое сопротивление, пневматическая шина, эксперимент, универсальный шинный стенд, вибратор, датчик сил, силовой параллелограмм, роликовая площадка.

В статье даётся подробное описание разработанного на кафедре автомобильного транспорта университета стендового оборудования, предназначенного для эксперимен-

тальной оценки неупругого сопротивления в пневматических шинах, базируясь на обработке характеристик нормальной жесткости.

Анализом рабочих процессов в автомобильной шине занимались многие исследователи. Однако, при постановке таких вопросов выявляются большие сложности как в представлении физической сущности процессов, происходящих в катящемся автомобильном колесе с пневматической шиной, так и при их математической аппроксимации.

Не менее сложна и трудоемка задача экспериментальной оценки параметров разработанных моделей, поскольку требует создания уникального оборудования для лабораторных и дорожных испытаний шин.

В настоящее время можно считать, что, в общем, проблема становится достаточно ясной и в ней выделились две составные части. Их разрешение позволило бы перейти от предположений и приблизительных моделей в описании систем поддрессоривания с шиной к учету рабочего процесса шины, соответствующего действительным процессам. Эти части по сложившейся терминологии называются проблемами учета поглощающей и сглаживающей способности шины.

Поглощающей или демпфирующей способностью пневматической шины принято называть свойство шины поглощать и рассеивать часть энергии, передаваемой через нее при колебаниях колеса. Эта способность шины неодинакова при колебаниях ее деформации в вертикальном, продольном и боковом направлениях. Наибольший практический интерес представляют и наиболее обстоятельно освещены исследования поглощающей способности шины для вертикальных (радиальных) колебаний нагрузки.

В современных исследованиях по плавности хода и вибронегруженности автомобиля в случае учета поглощающей способности шины наибольшее применение нашла модель вязкостного трения, когда сила неупругого сопротивления в шине считается пропорциональной скорости ее радиальной деформации. Для экспериментальной оценки коэффициента пропорциональности (коэффициента сопротивления) такой линейной модели были созданы стенды рычажного типа, представляющие собой консольную балку, шарнирно закрепленную на жестком основании и опирающуюся на колесо с испытуемой шиной [1]. Создавая свободные колебания балки с грузами на шине, записываются эти колебания и затем обрабатываются в предположении об убывании размахов колебаний по закону геометрической прогрессии, что означает изменение силы неупругого сопротивления в шине по закону вязкостного трения.

Последующие теоретические и экспериментальные исследования пневматических шин показали, что модель вязкостного трения в шине противоречит наблюдениям, а при использовании ее в расчетах неудовлетворительно описываются опытные данные.

Поэтому в работах [2, 3] была разработана так называемая эллиптическо-степенная модель неупругого сопротивления в шинах, базирующаяся на математическом описании характеристик нормальной жесткости шины. Но, для их построения, особенно в различных режимах нагружения колеса, требовалось создание специальных стендов и измерительных устройств. К таким стендам относится универсальный шинный стенд [4], который создавался, в первую очередь, для построения характеристик нормальной жесткости испытуемых шин легковых и малотоннажных грузовых автомобилей в режиме квазистатического нагружения.

В последующем стенд оснащался различными механизмами, позволившими испытывать шины в динамическом режиме нагружения, в режиме свободных затухающих колебаний, при комплексном нагружении колеса и при качении колеса по искусственным неровностям (рис.1).

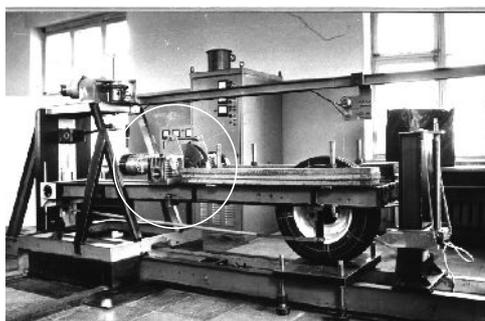


Рис. 1. Универсальный шинный стенд, укомплектованный для испытания шин в динамическом режиме нагружения

Вынужденные колебания (динамическое нагружение) рамы стенда с грузами и колесным узлом создаются механизмом, представляющим собой механический вибратор инерционного типа ненаправленного действия с совмещенным электромеханическим приводом (рис. 2).

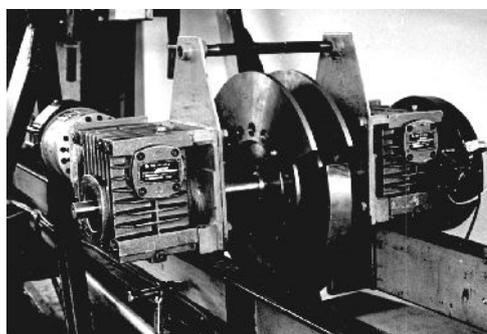


Рис. 2. Механизм вынужденных колебаний, установленный на шинном стенде

Совмещение в одном механизме привода и вибратора позволяет в условиях шинного стенда имитировать вертикальные колебания бесподвесочного транспортного средства и, что наиболее важно, исследовать характеристики колебательной системы стенда и параметры демпфирования шин в условиях резонансных колебаний.

Измерение и контроль частоты вращения вала вибратора осуществляются оптоэлектронным измерителем частоты, механическая и оптронная части которого установлены непосредственно на приводе вибратора (рис. 3), а электронная часть и органы управления размещены в блоке управления регулируемого источника питания.

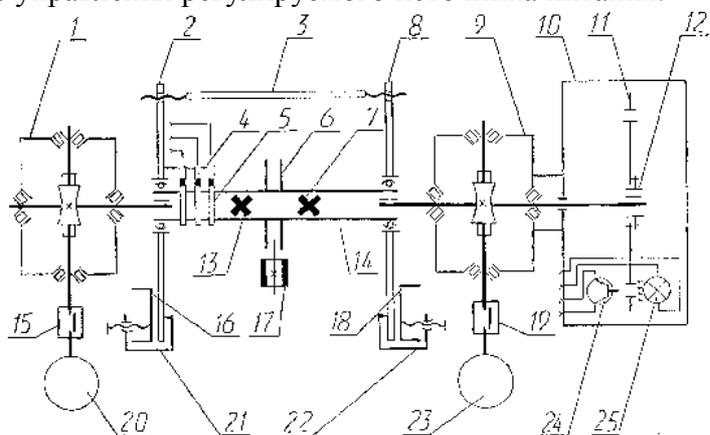


Рис. 3. Схема механизма вынужденных колебаний

В состав механической части измерителя частоты входят: тонкий металлический диск 11 со 100 отверстиями диаметром 3 мм, равномерно расположенными по периметру окружности радиусом 150 мм, шпоночная втулка 12, установленная на свободном конце

выходного вала редуктора, и текстолитовый светонепроницаемый корпус 1, закрепленный на крышке выходного вала редуктора. В состав оптронной пары измерителя частоты входят источник света 24 и фоточувствительный элемент 25, которые установлены в специальных патронах и закреплены на корпусе измерителя напротив отверстий диска. Металлический диск соединен винтами со шпоночной втулкой и вместе с ней вращается с частотой вращения фланцевого вала вибратора между элементами оптронной пары, обеспечивая образование электрических импульсов, количество которых пропорционально частоте вращения.

Измерение крутящего момента на валу вибратора механизма при исследовании соответствия затрат электрической энергии на привод вибратора гистерезисным потерям в испытуемой шине при колебаниях на ней динамической системы станда осуществляется при помощи тензометрического преобразователя крутящего момента. В состав преобразователя входят: четыре тензорезисторных датчика 7 и 13, наклеенных на фланцевый вал; токосъемное устройство, контактные кольца 5 которого установлены на левом конце вала, а щеткодержатель 4 – на кронштейне вибратора; и электронный блок, закрепленный между фланцами вала вибратора.

Для измерения нормальной нагрузки, действующей на колесо с испытуемой шиной в режиме как квазистатического, так и динамического нагружения, был создан датчик сил по принципу тензометрирования несущего элемента колесного узла, т.е. его оси. Конструкция колесного узла, установленного на раме шинного станда с колесом легкового автомобиля высшего класса, приведена на рис. 4 в виде кинематической схемы.

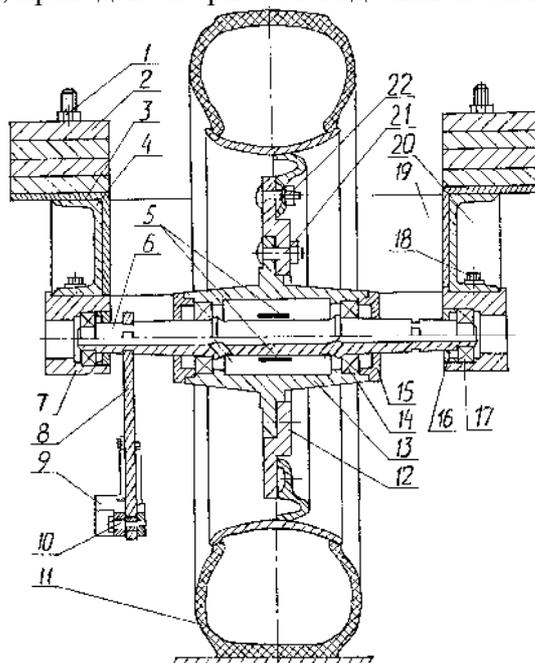


Рис. 4. Кинематическая схема колесного узла, установленного на шинном станде:

1 – элементы крепления грузов; 2 – грузы; 3 – кронштейны грузовые; 4 – балка колесной рамы; 5 – тензорезисторы; 6 – ось; 7 – опора оси; 8 – кронштейн оси; 9 – скоба переходная; 10 – элементы крепления скобы; 11 – колесо с испытуемой шиной; 12 – диск переходный; 13 – ступица; 14 – подшипник ступицы; 15 – крышка ступицы; 16 – крышка опоры; 17 – подшипник опоры; 18 – элементы крепления опоры; 19 – пластина поперечная; 20 – ребро жесткости; 21 – элементы крепления переходного диска; 22 – элементы крепления колеса.

Для обеспечения точности измерения нагрузки на колесе и работоспособности колесного узла в целом конструкция его имеет ряд особенностей [5]. Ось выполнена симметричной и установлена в опорах и ступице при помощи сферических подшипников по посадке с гарантированным зазором для внутренних колец. Для обеспечения плоско-

параллельного перемещения оси в процессе нагружения колеса служит измерительный параллелограмм (рис. 5).

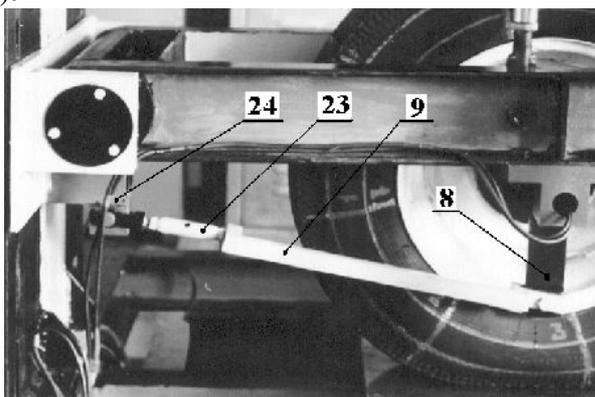


Рис.5. Измерительный параллелограмм с колесным узлом на шинном стенде:
8 - подвижный кронштейн; 9 – переходная скоба; 23 – регулировочная тяга; 24 – неподвижный кронштейн

Для обеспечения вращения колеса в динамическом режиме нагружения создана роликовая площадка с электромеханическим приводом (рис. 6 и 7).

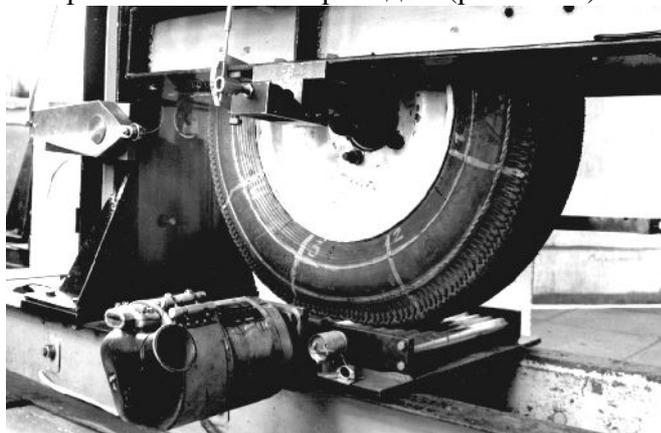


Рис. 6. Механизм вращения роликовый на шинном стенде

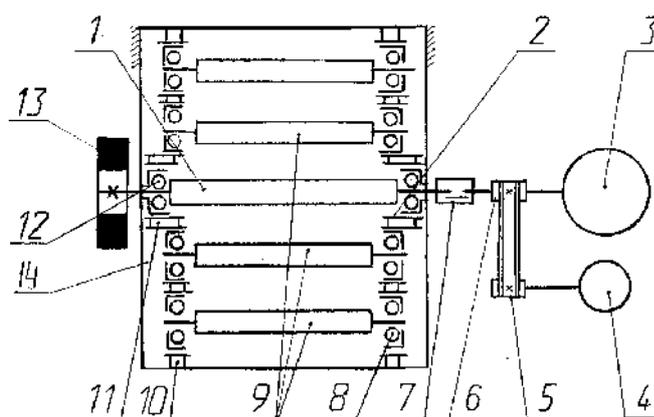


Рис. 7. Кинематическая схема механизма вращения:

1 - ролик ведущий; 2, 11 – опоры ведущего ролика; 3 – тяговый электродвигатель; 4 – сельсин-датчик; 5 – приводной вал; 6 – шкив; 7 – муфта переходная; 8 – подшипники поддерживающих роликов; 9 – ролики поддерживающие; 10 – опоры подшипниковые роликов; 12 – подшипники опор ведущего ролика; 13 – маховик; 14 – плита опорная.

Поддержание заданной частоты ведущего ролика механизма при колебаниях радиальной нагрузки на колесе осуществляется маховиком и системой автоматического регу-

лирования, включающей сельсин - датчик, установленный на опорной плите и связанный с двигателем приводным валом, и электронную схему, введенную в схему управления симистором третьего канала регулируемого источника питания.

Такими образом, указанное оборудование, разработанное и созданное на кафедре автомобильного транспорта университета, позволяет полноценно проводить экспериментальные исследования поглощающей способности пневматических шин, базируясь на характеристиках нормальной жесткости шин, построенных в разных режимах нагружения колеса.

Литература

1. Колесников К.С. Автоколебания управляемых колес автомобиля. – М.: ГИТТЛ, 1955. – 238 с.
2. Яценко Н.Н. Поглощающая и сглаживающая способность шин. – М.: Машиностроение, 1978. – 132 с.
3. Рыков С.П. Неупругое сопротивление в пневматических шинах. Моделирование, оценка, приложения: монография. – Братск: Изд-во БрГУ, 2015. – 444 с.
4. Рыков С.П. Экспериментальные исследования поглощающей и сглаживающей способности пневматических шин. Испытательный комплекс, методики проведения экспериментов и обработки результатов: Монография. – Братск: БрГУ, 2004. – 322 с.
5. А.С. 1515077 (СССР) Устройство для измерения сил на колесе транспортного средства / Братский индустр. ин-т; Авт. изобр. С.П. Рыков и В.Г. Мелентьев. – Заяв. 04.01.88, №4382096.

УДК 629.113.004

Сглаживающая способность пневматических шин. Стенды и оборудование для экспериментальных исследований

С.П. Рыков, В.С. Коваль, О.А. Рыкова

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: сглаживающая способность, пневматическая шина, эксперимент, шинный стенд, платформа с неровностями, датчик колебаний, датчик профиля, дорожная лаборатория, полуприцеп с подрессоренным колесом.

В статье даётся обоснование важности экспериментальной оценки взаимодействия автомобильного колеса с неровностями дороги и описание уникального стендового оборудования, созданного на кафедре автомобильного транспорта.

Сложность и своеобразие конструкции пневматической шины, разнообразие условия ее работы, широкое применение в автомобильной, тракторной и авиационной отраслях привели к созданию отдельного раздела технической механики, получившего название «Механика пневматических шин».

Однако, шина не является самостоятельным техническим объектом, она всего лишь элемент автомобиля (трактора, самолеты) и ее взаимодействие с машиной, на которой она установлена, также представляет интерес, как и то, что происходит с ней самой при различных механических воздействиях.

Поэтому механика шин распадается на два достаточно самостоятельных раздела, которые называются внешней и внутренней механикой шин [1].

Задачей внутренней механики шины является расчет напряженно-деформированного и теплового состояния материалов в различных режимах работы, а,

следовательно, прочности и долговечности шины. Внутренняя механика шины базируется на методах механики деформируемого твердого тела.

Задачей внешней механики шины является расчет её выходных характеристик, влияющих на эксплуатационные свойства колесной машины.

Для автомобиля пневматическая шина является одним из важнейших элементов динамической системы «дорога – шина – автомобиль – водитель» и во многом определяет ее качество. Шина является тем передаточным звеном, которое связывает несущую раму автомобиля с дорогой и передает на нее кинематическое воздействие неровностей дорожного полотна. И от того, какими характеристиками и передающими (преобразующими) свойствами обладает шина, будет определяться плавность хода и виброзащита автомобиля, уровень колебаний и динамических нагрузок его узлов и деталей. Более того, преобразующие свойства шины во многом определяют и такие экстремальные режимы движения автомобиля, как отрыв колес от опорной поверхности дороги и торможение при заблокированных колесах, которые характеризуются значительным ухудшением тягово-динамических качеств автомобиля, устойчивости и способности держания дороги вплоть до катастрофической потери управляемости.

Одним из таких преобразующих свойств пневматической шины является сглаживающая способность, которая отражает свойство шины уменьшать подъем оси колеса по сравнению с высотой преодолеваемой неровности и увеличивать зону действия неровности на колесо. При этом качение колеса по неровностям дороги сопровождается смещением границ начала и окончания взаимодействия элементов шины с неровностями относительно их действительных границ, смещением взаимодействующих элементов шины относительно вертикали, проходящей через ось, и одновременным взаимодействием шины с несколькими последовательно расположенными неровностями в зоне контакта [2].

Если исследования направлены на оценку динамики взаимодействия автомобильного колеса с неровностями дороги, то целесообразно использовать другое определение. Сглаживающая способность пневматической шины – это свойства шины усреднять кинематическое (силовое) воздействие со стороны неровностей дороги в зоне контакта колеса с опорной поверхностью с изменяющейся в процессе движения автомобиля длиной этого контакта.

В процессе разработки математических моделей для описания сглаживающего эффекта пневматической шины всегда стоит проблема экспериментальной оценки параметров этих моделей, поскольку требуется создание специального оборудования как для лабораторных, так и дорожных исследований.

В трудах [3] была разработана математическая модель переменного сглаживания шиной неровностей дороги, а для оценки ее параметров и подтверждения правомерности выдвинутых гипотез – создано уникальное оборудование, включая стенды, лабораторные и дорожные установки, датчики и измерительные системы [4].

Так для лабораторных исследований выходных характеристик пневматических шин легковых и малотоннажных грузовых автомобилей на кафедре автомобильного транспорта БрГУ был создан универсальный шинный стенд, на котором реализовано несколько режимов нагружения колеса. Это – режимы квазистатического нагружения колеса вертикальной силой и крутящим моментом, режим свободных затухающих колебаний масс стенда на испытываемой шине, режим динамического нагружения колеса вертикальной силой при резонансе колесной рамы и с возможностью вращения колеса, а также режим качения колеса по искусственным неровностям (рис. 1).

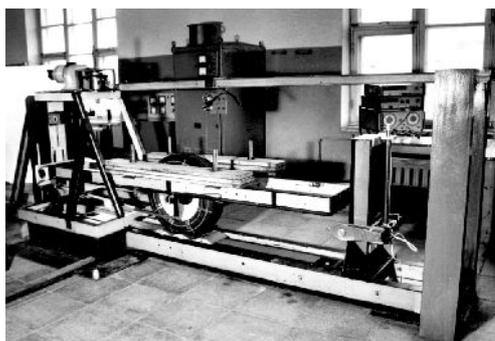


Рис. 1. Универсальный шинный стенд, укомплектованный для испытания шин в режиме качения колеса по искусственным неровностям

В задачу экспериментальной оценки сглаживающего эффекта автомобильного колеса с использованием универсального шинного стенда входило построение траекторий оси колеса при медленном его качении через неровности гармонического профиля для сравнения и анализа отличий траекторий колеса от профиля обкатываемой неровности.

Для этого используется механизм передвижения платформы, который позволяет передвигать платформу с установленными на ней неровностями под нагруженным колесом на расстояние до 3 метров со скоростью до 12 мм/с в прямом и обратном направлениях (рис. 2).

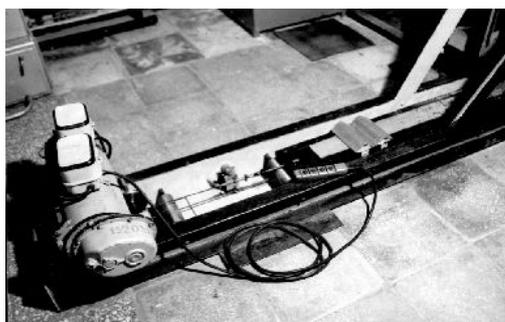


Рис. 2. Механизм передвижения платформы с установленными на платформу неровностями гармонического профиля

Измерение траекторий оси колеса и профилей неровностей осуществляется тензометрическим датчиком низкочастотных колебаний (рис. 3) и реохордным датчиком перемещений, с рычажным преобразователем (рис. 4)

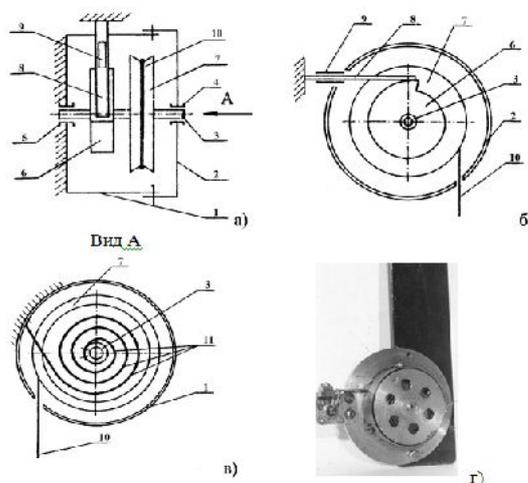


Рис. 3. Датчик перемещений и низкочастотных колебаний тензометрического типа:
 а - вид сверху; б - вид на кулачок (без корпуса); в – вид на шкив (без крышки); г - общий вид датчика, установленного на кронштейне

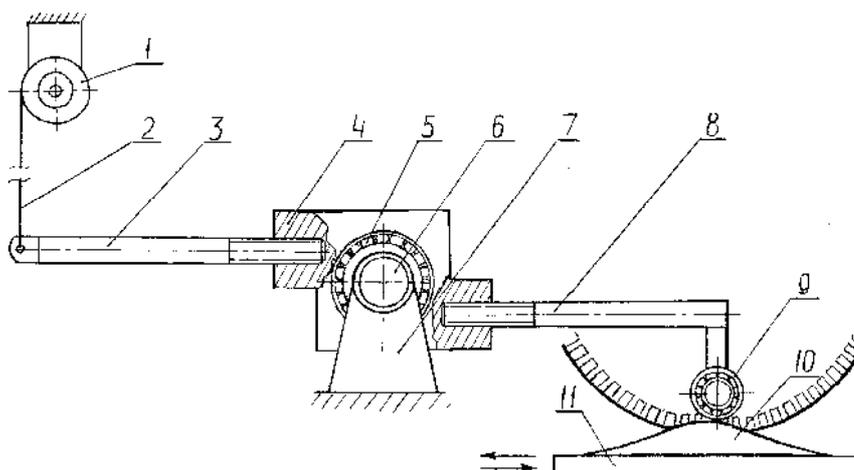


Рис. 4. Датчик для измерения профиля неровностей на стенде с рычажным преобразователем: 1 – реохордный датчик перемещений; 10 – искусственная неровность; 11 – подвижная платформа; 2...9 – элементы рычажного преобразователя

С целью приближения условий работы автомобильного колеса при ходовых испытаниях пневматических шин к условиям его работы на автомобиле был существенно модернизирован узел крепления колеса к раме полуприцепа, входящего в состав дорожной лаборатории (автомобиль-тягач и одноколесный полуприцеп).

От жесткого крепления оси колеса к раме полуприцепа (рис. 5) перешли к поддрессоренному, включив в узел крепления рессоры и гидравлические амортизаторы (рис. 6).



Рис. 5. Дорожная лаборатория для ходовых испытаний пневматических шин с жестким креплением колеса к раме полуприцепа



Рис. 6. Одноколесный полуприцеп с поддрессоренным креплением колеса к раме

Для измерения траектории оси колеса при движении автомобиля – тягача с эксплуатационными скоростями используется датчик колебаний, установленный на дополни-

тельной колесной стойке, движущейся параллельно с испытуемым колесом по ровной поверхности (рис. 7).



Рис. 7. Дополнительная колесная стойка, смонтированная на раме полуприцепа: 1 – рама полуприцепа; 12 – кронштейн; 13 - подшипниковый корпус; 15 – колесо; 19 - направляющий цилиндр.

Чтобы использовать модернизированный полуприцеп с поддресоренным колесом для испытания шин на сглаживающую способность в лабораторных условиях была создана специальная установка, позволявшая передвигать полуприцеп через искусственные неровности на расстояние до 3 метров со скоростью до 12 мм/с (рис. 8).

Для регистрации траектории оси колеса при движении через искусственные неровности с эксплуатационными скоростями используется также система, состоящая из лазера, закрепленного на раме строго под осью колеса, прозрачного экрана с нанесенной шкалой и фотокамеры (рис.9).



Рис. 8. Испытания шин на модернизированном полуприцепе в лабораторных условиях

Таким образом, разработанное и реализованное оборудование включая стенды, лабораторные и дорожные установки, измерительно-регистрирующие системы позволяют проводить качественные исследования сглаживающего эффекта пневматических шин. Т.е. регистрировать траектории оси колеса и профили искусственных неровностей различных размеров и формы при движении колеса с различными скоростями для дальнейшего их сравнительного анализа и выявления закономерностей.



Рис. 9. Одноколесный полуприцеп с поддресоренным креплением колеса к раме

Кроме того, при использовании виброаппаратуры на дорожной лаборатории возможно измерение параметров взаимодействия пневматической шины с неровностями реальных дорог с целью построения статических характеристик как воздействия дороги, так и реакции полуприцепа с учетом сглаживающей способности шины.

Литература:

1. Бухин Б.Л. Введение в механику пневматических шин. – М.: Химия, 1988. – 224 с.
2. Яценко Н.Н. Поглощающая и сглаживающая способность шин. – М.: Машиностроение, 1978. – 132 с.
3. Рыков С.П. Методы моделирования и оценки поглощающей и сглаживающей способности пневматических шин в расчетах подвески и колебаний колесных машин: Автореферат диссертации на соискании ученой степени доктора технических наук. – М.: ФГУП «НАТИ», 2005. – 44 с.
4. Рыков С.П. Экспериментальные исследования поглощающей и сглаживающей способности пневматических шин. Испытательный комплекс, методики проведения экспериментов и обработки результатов: Монография. – Братск: БрГТУ, 2004. – 322с.
5. Рыков С.П. Моделирование и оценка поглощающей и сглаживающей способности пневматической шины в расчетах подвески, плавности хода и поддрессоривания автомобиля: Монография. – Братск: БрГТУ, 2004. – 124с.

УДК 621.025

Поверхность инструментальных материалов после электроалмазной обработки

Е.М. Кузнецова, К.Э. Кузнецова

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: электроалмазная обработка, инструментальные материалы, алмазные круги, качество поверхности.

Поверхностный слой изделий, во время их шлифования по методу комбинированной электроалмазной обработки, формируется благодаря механизму срезания небольшого припуска режущими зёрнами алмазного шлифовального круга. Немаловажным фактором здесь является уровень развивающихся в зоне шлифования сил и температуры, физико-химического взаимодействия алмаза с обрабатываемым материалом, а также воздействия на него связи круга и плотности тока. Влияние всех этих факторов тесно связано друг с другом и выделить самостоятельное действие какого-либо из них весьма сложно. Суммарным результатом их воздействия является состояние поверхностного слоя детали после обработки.

Известно, что в зависимости от условий шлифования, такие факторы, как температура [1, 2], силы резания и физико-химическое взаимодействие в зоне контакта [3–5] обуславливают изнашивание алмазного круга и могут проявляться в одном из пяти видов или их сочетании [6, 7]. Также известно, что удельный расход алмазов является одним из самых важных показателей шлифования, так как он непосредственно влияет на стоимость обработки. Необходимо стремиться к тому, чтобы научно установить и в последствии применять в производственных условиях такие режимы, которые бы способствовали наименьшему износу круга и наибольшему сошлифовыванию материала без потери качества обрабатываемой поверхности [8–11].

Целью наших исследований являлось нахождение таких режимов обработки быстрорежущей стали Р6М5, где глубина дефектного слоя обработанной поверхности была бы

минимальной. Исследования показали, что изменение электрических параметров комбинированной электроалмазной обработки [12, 13] значительно влияет на качество поверхностного слоя. В отличие от эталона (рис. 1, а) на котором просматриваются мартенсит и карбиды, с увеличением тока травления растут отдельные карбидные зерна и проявляется ярко выраженная карбидная полоса вдоль кромки (рис. 1, б).

Наблюдаемый дефектный слой может состоять из двух зон. Наружная зона (её толщина до 0,03 мм) на травленном микрошлифе сохраняется светлой. Для неё характерна высокая твердость и пониженное сопротивление пластической деформации, что способствует выкрашиванию режущих кромок в процессе работы инструмента [14–16]. Очевидно, при высоком токе травления растравливание рабочей зоны шлифуемого инструмента происходит более интенсивно, что и влияет на образование дефектного слоя.

Внутренняя зона характеризуется наличием карбидной неоднородности [17, 18]. На тёмном фоне заметны светлые карбиды. Толщина этой зоны до 0,2 мм и для неё характерна пониженная твердость (HRC₃ 55–58).

В нашем случае, в процессе шлифования происходит локальный разогрев поверхностных слоёв до высоких температур, и в структуре дефектного слоя наблюдаются обе зоны одновременно, что подтверждает и увеличение тока травления.

Изменение механических режимов обработки также влияет на качество поверхностного слоя, однако это влияние не так явно выражено, как при изменении электрических параметров.

Так, например, с ростом поперечной подачи наблюдается уменьшение карбидных зёрен. Образец, обрабатываемый при малой подаче (рис. 1, в), имеет крупные карбидные зёрна среди мелких, вытянутых в полосы. Кромка имеет ярко выраженную структуру с вкраплениями карбидов. Этот дефект носит электрохимический характер. Под действием тока травления кромка растравливается, но так как подача мала, то растравленный слой не снимается полностью. С увеличением же поперечной подачи величина растравленного слоя уменьшается (рис. 1, г). Аналогичное поведение материала можно заметить и при обработке твёрдых сплавов [19–25]. Следует отметить, что острота режущей кромки инструмента напрямую зависит от величины растравленного слоя, это является основным требованием при обработке современных композиционных материалов [26–30].

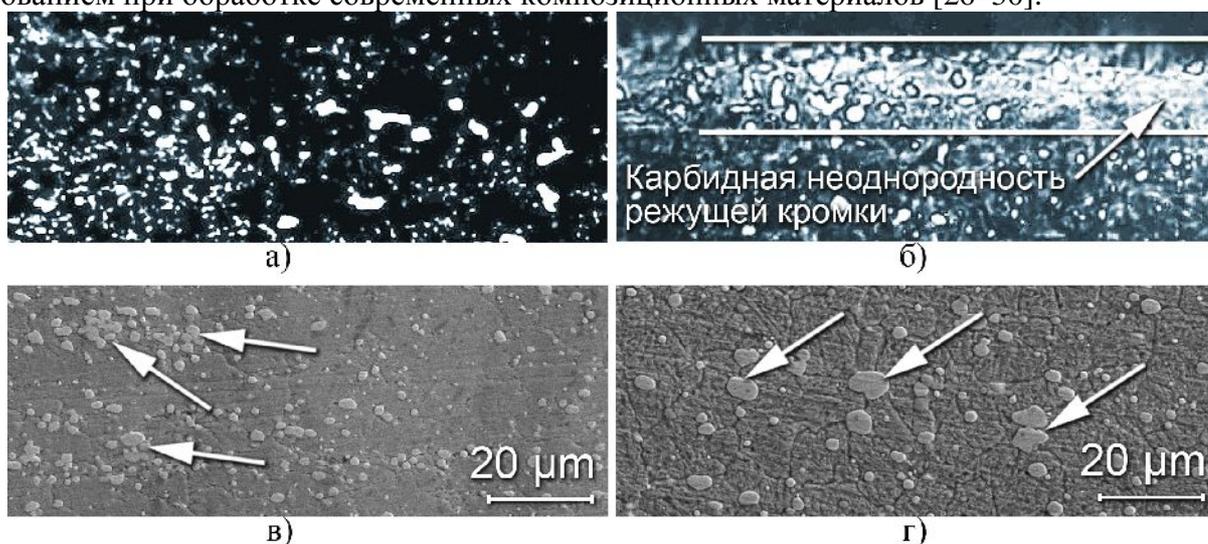


Рис. 1. Изменение структуры поверхностного слоя БРС:

а) эталон стали Р6М5; б) $V = 35$ м/сек; $S = 1,5$ м/мин; $t = 0,04$ мм/дв.ход; $i_{тр} = 0,4$ А/см²; $i_{тр} = 30$ А/см²; $\times 800$; в) $V = 35$ м/сек; $S = 1,5$ м/мин; $t = 0,1$ мм/дв.ход; $i_{тр} = 0,2$ А/см²; $i_{тр} = 30$ А/см²; г) $V = 35$ м/сек; $S = 1,5$ м/мин; $t = 0,04$ мм/дв.ход; $i_{тр} = 0,2$ А/см²; $i_{тр} = 50$ А/см²

Таким образом, замена в быстрорежущих сталях части вольфрама молибденом приводит к снижению карбидной неоднородности и повышению дисперсности карбидов.

Выделение карбидов и их коагуляция при отпуске происходит интенсивнее и при более низких температурах отпуска. При определённых режимах наблюдается рост карбидных зёрен, особенно заметный на образцах (рис. 1, б, в). Ранее сказанное позволяет предположить, что на образцах наблюдаются результаты вторичной рекристаллизации. Крупные карбиды являются результатом вторичной или собирательной рекристаллизации, при которой происходит рост зёрен с освобождением свободной энергии.

Вероятно, при шлифовании быстрорежущих сталей алмазными кругами возникают такие условия в зоне контакта, а также высокие значения локальной температуры, которые ведут к повторной закалке без предварительного отжига. При образовании аустенитной структуры объёмные изменения вызывают её пластическую деформацию и наклёп. Последующая рекристаллизация, происходящая при высокой температуре и связанная с состоянием карбидных частичек, может сопровождаться ростом зерна.

Наибольший рост зёрен наблюдается при высоком токе травления. Если взять ряд образцов из быстрорежущей стали шлифуемых с высоким током травления, то в результате наблюдаются крупные карбидные зерна. Особенно это заметно вблизи кромки (рис. 1, б), что является прямым признаком обезуглероживания.

Таким образом, проведенные исследования с применением комбинированной электроалмазной обработки на операции шлифования быстрорежущей стали Р6М5 показали, что на процесс вторичной рекристаллизации особенно влияют электрические режимы обработки, также как и крайние механические режимы. Экспериментальные исследования позволили определить рациональные условия обработки, где не наблюдается белой карбидной полосы (рис. 1, г), а соответственно и сохраняется высокое качество быстрорежущего инструмента. Следует отметить, что с применением комбинированной электроалмазной обработки отпадает необходимость в дополнительном времени на правку засаленной поверхности круга, так как она осуществляется автоматически и непрерывно с помощью специального безыносного катода [31–37]. А компьютерное моделирование процессов, происходящих при шлифовании инструментальных материалов, исходя из заданных свойств межмолекулярного взаимодействия моделируемой системы, будет являться мощным инструментом для объединения этих знаний и их визуализации [38–42].

Литература

1. Ivancivsky V., Parts K., Popov V. Depth distribution of temperature in steel parts during surface hardening by high frequency currents // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Т. 788. С. 129–135.
2. Янюшкин А.С., Лосев А.Б., Якимов С.А., Попов В.Ю. Роль температуры при затачивании инструментов алмазными кругами на металлической связке // *Металлургия и машиностроение: ежеквартальный специализированный информационный бюллетень*. 2006. № 1. С. 49–53.
3. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S., Zamashchikov Y.I. Diffusion phenomena in the combined electric diamond grinding // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Т. 799–800. С. 291–298.
4. Popov V.Y., Yanyushkin A.S. Adhesion-diffusion interaction of contact surfaces with the treatment diamond grinding wheels // *Eastern European Scientific Journal*. 2014. № 2. С. 301–310.
5. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Расчет энергии адгезии контактных поверхностей при шлифовании инструментальных материалов различными методами // *Наукоемкие технологии в машиностроении*. 2014. № 5 (35). С. 14–19.
6. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Хлыстов А.Н. Дефекты в алмазах – основа адгезии при шлифовании // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2017. № 1 (74). С. 30–39.
7. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Хлыстов А.Н. О разрушении алмазных зерен при шлифовании // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2016. № 4 (73). С. 16–23.
8. Попов В.Ю. Шероховатость поверхности быстрорежущего инструмента в зависимости от режимов электроалмазной обработки // *Актуальные проблемы в машиностроении*. 2015. № 2. С. 21–26.

9. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Формирование поверхностного слоя режущего инструмента при алмазной обработке кругами на металлической связке // Решетневские чтения. 2014. Т. 1. № 18. С. 306–308.
10. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Сурьев А.А. Качество инструмента из инструментальных сталей после обработки методом двойного травления // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2003. Т. 2. С. 206–212.
11. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Шероховатость поверхности после шлифования по методу двойного травления // Объединенный научный журнал. 2002. № 21. С. 65–67.
12. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. "Ключевая" популярность электроалмазной обработки // Механики XXI века. 2016. № 15. С. 50–57.
13. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S. Combined electro-diamond grinding of high speed steels // International Journal of Advances in Machining and Forming Operations. 2012. Т. 4. № 1. С. 91–102.
14. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Андронов А.Ю. Результаты комплексного изучения состава засаленного слоя алмазных кругов // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 1 (21). С. 114–120.
15. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Исследование поверхности алмазных кругов после комбинированной электроалмазной обработки быстрорежущей стали // Технология машиностроения. 2013. № 11. С. 26–30.
16. Попов В.Ю., Большаков И.М., Гуглин Г.С., Распутин Е.В. Исследование процесса засаливания алмазных шлифовальных кругов на металлической связке при обработке быстрорежущей стали Р6М5 // Механики XXI века. 2010. № 9. С. 101–104.
17. Кудряшов С.М., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Использование минеральных рассолов для устранения засаленного слоя при комбинированной электроалмазной обработке быстрорежущей стали Р6М5 // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 6. С. 109–118.
18. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Поверхность алмазного круга после электроалмазного шлифования быстрорежущей стали // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2002. Т. 2. С. 146–151.
19. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Влияние параметров электроалмазного шлифования твердых сплавов на величину растворенного слоя // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2014. № 3 (64). С. 68–75.
20. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Медведева О.И., Ковалевский С.В., Рычков Д.А. Электроалмазная обработка высокопрочных материалов с нанесением защитных покрытий // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 3 (19). С. 125–129.
21. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М., Якимов С.А., Петров Н.П. Методика расчета величины разрушения режущей кромки твердосплавного инструмента // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 8. С. 139–144.
22. Кузнецов А.М., Якимов С.А., Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Расчет напряжений, возникающих при затачивании твердосплавного инструмента с малым углом заострения // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2009. № 22. С. 25–30.
23. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Износостойкость твердосплавного инструмента при обработке древесностружечных плит // Технология машиностроения. 2008. № 11. С. 29–31.
24. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Качественные показатели поверхностей и состояние режущей кромки твердосплавного дереворежущего инструмента, заточенного различными методами электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2005. Т. 2. С. 153–156.
25. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Недостатки традиционных методов затачивания твердосплавного инструмента и пути их совершенствования // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2004. Т. 2. С. 95–98.
26. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Рычков Д.А., Кузнецов А.М. Новые конструктивные решения сборного фрезерного инструмента для обработки композиционных неметаллических материалов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 153–157.
27. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Петров Н.П., Рычков Д.А. Повышение эффективности обработки высокопрочных композиционных материалов // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 146–149.

28. Кузнецов А.М. Повышение эффективности фрезерования композиционных древесных материалов мелкозернистым твёрдосплавным инструментом: дисс. канд. техн. наук 05.03.01 / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2009. – 186 с.
29. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М., Мажитов С.Х. Определение рациональных режимов обработки и геометрии инструмента при фрезеровании композиционных материалов // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 203–205.
30. Кузнецов А.М., Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Слепенко Е.А., Рычков Д.А. Рационализация процесса фрезерования труднообрабатываемых композиционных материалов твёрдосплавным инструментом // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 196–200.
31. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Янюшкин Р.А. Элементы модернизации станков шлифовальной группы под процессы электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2000. Т. 1. С. 189–190.
32. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Способ электроабразивной обработки токопроводящим кругом с его одновременной правкой: пат. 2268118. Рос. Федерация; заявл. 15.06.2004; № заявки 2004118239/02, опубл. 20.01.2006.
33. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Устройство для электроабразивной обработки с одновременной правкой круга: пат. 42193. Рос. Федерация; заявл. 21.07.2004; № заявки 2004122212/22, опубл. 27.11.2004.
34. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Тензометрическая вставка для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 2210749. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116429, опубл. 20.08.2003.
35. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Приспособление для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 22115641. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116428, опубл. 10.11.2003.
36. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Сборная фреза для деревообработки: пат. 2257289. Рос. Федерация; заявл. 30.03.2004; № заявки 2004109804/02, опубл. 27.07.2005.
37. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Сурьев А.А., Кузнецов А.М., Сталидзан М.В. Сборная фреза для деревообработки: пат. 2325272. Рос. Федерация; заявл. 04.07.2006; № заявки 2006124008/03, опубл. 27.05.2008.
38. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Атомная визуализация алмазного резания // Компьютерные исследования и моделирование. 2016. Т. 8. № 1. С. 137–149.
39. Попов В.Ю., Ларева А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки в среде Blender 3D // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2015. Т. 1. С. 187–191.
40. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Молекулярно-динамическое моделирование ювенильных поверхностей // Механики XXI века. 2015. № 14. С. 103–107.
41. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. 3D моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 201–207.
42. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. Методика компьютерного моделирования процессов комбинированной электроалмазной обработки // Механики XXI века. 2014. № 13. С. 91–96.

УДК 621.923.6; 621.923.9

Источники тепла и его распределение между стружкой, инструментом и деталью

К.Э. Кузнецова, Е.М. Кузнецова

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, г. Братск, Россия

Ключевые слова: комбинированная электроалмазная обработка, высокопрочные материалы, алмазный шлифовальный круг.

На процессы, протекающие в зоне контакта, сильное влияние оказывает температура резания. Температура играет роль катализатора контактных процессов, в частности, процесса пластической деформации, явлений вторичной рекристаллизации, образования дефектного слоя и др. Поэтому важно, с точки зрения формирования дефектных слоёв, изучить температурные процессы в зоне резания при различных условиях обработки.

Общеизвестно, что температура резания [1, 2] оказывает сильное влияние на процессы, протекающие в зоне контакта [3–5], одновременно являясь катализатором контактных процессов, в частности, процесса пластической деформации, явлений вторичной рекристаллизации, образования дефектного слоя и др. Поэтому важно, с точки зрения формирования дефектных слоёв, изучить температурные процессы в зоне резания при различных условиях шлифования.

Целью данной работы является нахождение рациональных режимов резания при обработке точением резанием сталь 45 проходным резцом с напаянной пластиной Т15К6, способствующих оптимальной температуре в зоне обработки.

Опытами П.А. Ребиндера и Г.И. Епифанова установлено, что при резании конструкционных материалов более 99,5% работы резания переходит в тепло. Таким образом, если работа резания или любая ее составляющая E_i выражена в кгсхм/мин, то соответствующее им количество выделяемого тепла [6–13]:

$$Q_i = \frac{E_i}{427} \text{ ккал/мин}, \quad (1)$$

Минутная работа E , затрачиваемая на резание, состоит из трех частей: минутной работы E_δ деформирования срезаемого слоя, минутной работы трения E_{mn} на передней поверхности и минутной работы $E_{mз}$ трения на задней поверхности, т.е.:

$$E = E_\delta + E_{mn} + E_{mз}, \quad (2)$$

где E – минутная работа, затрачиваемая на резание;

E_{mn} – минутная работа деформирования срезаемого слоя;

$E_{mз}$ – минутная работа трения на задней поверхности [6–13].

На основании этого и с учетом формулы (2) количество тепла, образующегося при резании, можно определить с помощью выражения [6–13]:

$$Q = Q_\delta + Q_{mn} + Q_{mз}. \quad (3)$$

Рассмотрим методику получения зависимости температуры резания от скорости V , подачи S и глубины t резания при обработке точением сталь 45 проходным резцом с напаянной пластиной из твердого сплава Т15К6. Эмпирические температурные зависимости часто представляют уравнениями регрессии, вида:

$$\theta = C v^\alpha s^\beta t^\gamma. \quad (4)$$

Уравнение (4) после логарифмирования получит вид:

$$\ln \theta = \ln C + \alpha \ln v + \beta \ln s + \gamma \ln t. \quad (5)$$

Представим результаты эксперимента полиномом второй степени:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2, \quad (6)$$

где $y = \ln \theta$; θ – температура резания;

x_1, x_2, x_3 – кодированные значения факторов V, S, t .

В качестве плана эксперимента использовали центральный композиционный ротатбельный план второго порядка. Кодирование независимых переменных производили с помощью соотношения (7), с учетом данных, представленных в табл. 1 и 2.

$$x_i = \frac{2(\ln x_i - \ln x_{i0})}{\ln x_{i0} - \ln x_{in}} + 1, \quad (7)$$

где x_i – натуральное значение;

x_{i0}, x_{in} – натуральные значения верхнего и нижнего уровней, соответственно.

Таблица 1

Уровни факторов принятые в исследовании

Параметры обработки	Варьируемые уровни				
	+1,682	+1	0	-1	-1,682
Скорость резания	329,7	211	105,5	52,75	32,97
Подача	0,17	0,14	0,097	0,084	0,07
Глубина резания	6,4	4	2	1	0,6

Формулы преобразования натуральных значений факторов в кодированные в данном случае имеют вид:

$$x_1 = \frac{2(\ln v - \ln 211)}{\ln 211 - \ln 52,75} + 1; \quad (8)$$

$$x_2 = \frac{2(\ln s - \ln 0,14)}{\ln 0,14 - \ln 0,084} + 1; \quad (9)$$

$$x_3 = \frac{2(\ln t - \ln 4)}{\ln 4 - \ln 1} + 1. \quad (10)$$

Коэффициенты уравнения (6) вычисляли по формулам.

$$b_0 = \frac{A}{N} \left[2\lambda^2 (k+2) \sum_{j=1}^N y_j - 2\lambda c \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_j \right]; \quad (11)$$

$$b_i = \frac{c}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij} y_j; \quad (12)$$

Таблица 2

Матрица планирования и результаты экспериментов

Номер опыта	x_0	x_1	x_2	x_3	$x_1 x_2$	$x_2 x_3$	$x_1 x_3$	x_1^2	x_2^2	x_3^2	T	$\ln T$
1	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	920	6,824374
2	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	1280	7,154615
3	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	980	6,887553
4	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	1320	7,185387
5	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	920	6,824374
6	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	1280	7,154615
7	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	1020	6,927558
8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1300	7,17012
9	+	+1,682	0	0	0	0	0	2,829	0	0	780	6,659294
10	+	-1,682	0	0	0	0	0	2,829	0	0	1480	7,299797
11	+	0	+1,682	0	0	0	0	0	2,829	0	1100	7,003065
12	+	0	-1,682	0	0	0	0	0	2,829	0	1140	7,038784
13	+	0	0	+1,682	0	0	0	0	0	2,829	1120	7,021084
14	+	0	0	-1,682	0	0	0	0	0	2,829	1140	7,038784

15	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1130	7,029973
16	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1140	7,038784
17	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1140	7,038784
18	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1140	7,038784
19	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1130	7,029973
20	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1140	7,038784

$$b_{ii} = \frac{c^2}{N\lambda} \sum_{j=1}^N x_{ij} x_{il} y_j ; \quad (13)$$

$$b_{ii} = \frac{A}{N} \left(c^2 [(k+2)\lambda - k] \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_j + c^2 (1-\lambda) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_j - 2\lambda c \sum_{j=1}^N y_j \right), \quad (14)$$

где $\lambda = 0,857142857$ – некоторая константа, найденная по формуле:

$$\lambda = \frac{k(n_c + n_0)}{(k+2)n_c}, \quad (15)$$

где n_0 – число опытов в центре плана (число нулевых точек);

$n_c = N - n_0$; N – общее число опытов;

k – число факторов.

$$A = \frac{1}{2\lambda[(k+2)\lambda - k]}; \quad (16)$$

$$c = \frac{N}{\sum_{j=1}^N x_{ij}^2}. \quad (17)$$

Получено следующее уравнение регрессии:

$$y = 7,035648354 + 0,166803797x_1 + 0,019968x_2 + 0,003991x_3 - 0,015021027x_1x_2 - 0,00691x_1x_3 + 0,003094x_2x_3 - 0,0183531x_1^2 - 0,00371x_2^2 - 0,00052b_3^2. \quad (18)$$

Дисперсию воспроизводимости вычисляли по результатам шести опытов в центре плана по формуле:

$$s_y = \frac{\sum_{u=1}^{n_0} (y_u - \bar{y})^2}{n_0 - 1}, \quad (19)$$

где n_0 – число параллельных опытов в центре плана;

y_u – значение параметра оптимизации u -м опыте;

\bar{y} – среднее арифметическое значение параметра оптимизации в n_0 опытах;

u – номер параллельного опыта в центре плана.

$$s_y^2 = 0,000104.$$

Дисперсии коэффициентов уравнения регрессии, полученные по формулам (20...23):

$$s^2(b_0) = 0,0000172505;$$

$$s^2(b_1) = s^2(b_2) = s^2(b_3) = 0,0000075781;$$

$$s^2(b_{12}) = s^2(b_{13}) = s^2(b_{23}) = 0,0000129466;$$

$$s^2(b_{11}) = s^2(b_{22}) = s^2(b_{33}) = 0,00000719255.$$

$$s^2(b_0) = \frac{2A\lambda^2(k+2)}{N} s_y^2; \quad (20)$$

$$s^2(b_1) = s^2(b_2) = s^2(b_3) = \frac{c}{N} s_y^2; \quad (21)$$

$$s^2(b_{12}) = s^2(b_{13}) = s^2(b_{23}) = \frac{c^2}{\lambda N} s_y^2; \quad (22)$$

$$s^2(b_{11}) = s^2(b_{22}) = s^2(b_{33}) = \frac{Ac^2[(k+1)\lambda - (k-1)]}{N} s_y^2. \quad (23)$$

При проверке значимости коэффициентов вычисляют t_p – критерий по выражению:

$$t_p = \frac{|b_i|}{s(b_i)} \quad (24)$$

и сравнивают его с табличным t_m , который равен 2,57 [6–13].

Коэффициент значим, если $t_p > t_m$ для принятого уровня значимости и числа степеней свободы, с которым определялась дисперсия s_y^2 .

$$\begin{aligned} t_p(b_0) &= 407852,13; & t_p(b_1) &= 22011,03; & t_p(b_2) &= 2634,87; \\ t_p(b_3) &= 526,64; & t_p(b_{12}) &= 1160,23; & t_p(b_{13}) &= 534,02; \\ t_p(b_{23}) &= 239; & t_p(b_{11}) &= 2551,58; & t_p(b_{22}) &= 515,9; \\ t_p(b_{33}) &= 72,66. \end{aligned}$$

Отсюда следует, что все коэффициенты значимы.

Уравнение получило вид:

$$y = 7,035648354 + 0,166803797x_1 + 0,19968x_2 + 0,003991x_3 + 0,015021027x_{12} + 0,00691x_{13} + 0,003094x_{23} + 0,0183531x_1^2 + 0,00371x_2^2 + 0,00052x_3^2. \quad (25)$$

Уравнение (25) для рассматриваемой области изменения факторов дает возможность предложить другую модель процесса. Эту модель получим, подставив в уравнение (25) вместо кодированных натуральные значения факторов, используя для этого соотношения (8), (9) и (10).

$$\begin{aligned} Q &= 7,035648354 + 0,166803797 \left[\frac{2(\ln v - \ln 211)}{\ln 211 - \ln 52,75} + 1 \right] + 0,19968 \left[\frac{2(\ln s - \ln 0,14)}{\ln 0,14 - \ln 0,084} \right] + \\ &+ 0,003991 \left[\frac{2(\ln t - \ln 4)}{\ln 4 - \ln 1} \right] + 0,015021027 \left[\frac{2(\ln v - \ln 211)}{\ln 211 - \ln 52,75} + 1 \right] \times \left[\frac{2(\ln s - \ln 0,14)}{\ln 0,14 - \ln 0,084} \right] + \\ &+ 0,00691 \left[\frac{2(\ln v - \ln 211)}{\ln 211 - \ln 52,75} + 1 \right] \times \left[\frac{2(\ln t - \ln 4)}{\ln 4 - \ln 1} \right] + 0,003094 \left[\frac{2(\ln s - \ln 0,14)}{\ln 0,14 - \ln 0,084} \right] \times \left[\frac{2(\ln t - \ln 4)}{\ln 4 - \ln 1} \right] + \\ &+ 0,0183531 \left[\frac{2(\ln v - \ln 211)}{\ln 211 - \ln 52,75} + 1 \right]^2 + 0,00371 \left[\frac{2(\ln s - \ln 0,14)}{\ln 0,14 - \ln 0,084} \right]^2 + 0,00052 \left[\frac{2(\ln t - \ln 4)}{\ln 4 - \ln 1} \right]^2 \end{aligned}$$

Последним этапом обработки результатов эксперимента является проверка гипотезы адекватности найденной модели. Проверку этой гипотезы производят по F -критерию Фишера:

$$F_p = \frac{s_{ad}^2}{s_y^2}. \quad (26)$$

$F_p = 13,38111$. Если значение $F_p < F_m$ для принятого уровня значимости и соответствующих чисел степеней свободы, то модель считают адекватной. При $F_p > F_m$ гипотеза адекватности отвергается.

Табличное значение F_m -критерия при 5%-ном уровне значимости и числах степеней свободы для числителя 3 и для знаменателя 2 равно 19,2 [6–13]. Следовательно, модель адекватна.

Анализируя полученные статистические и математические данные можно сделать вывод что, математическая модель соответствует полученным результатам экспериментальных данных [14–17], а её погрешность находится в пределах от 6,4 до 14,6%.

В результате проведенных исследований [18, 19] было выявлено, что оптимальной температурой в зоне резания можно считать температуру, образующейся при следующих режимах обработки: $V = 52,75$ м/мин; $S = 0,14$ мм/об; $t = 4$ мм [1, 2].

Температура при данных режимах составляет 1020°C, что позволяет обеспечить стабильность работы резца и, как следствие, высокое качество обработки [20–23]. Инструменты, оснащенные твердым сплавом, хорошо сопротивляются истиранию сходящей стружкой и материалом заготовки и не теряют своих режущих свойств [24–28] при температуре нагрева до 750–1100°C.

Следует отметить, что существуют методы, которые позволяют обрабатывать материалы с еще более низкой температурой. Например, комбинированная электроалмазная обработка [18, 19], для осуществления которой в условиях производства можно провести недорогую модернизацию существующего заточного оборудования [29–35]. А объединить знания и наглядно показать, визуализировать все нюансы процесса резания представляется возможным при помощи компьютерного моделирования [36–40]. Поэтому изучение процессов, протекающих в зоне контакта, научное обоснование причин распределения тепла между стружкой, инструментом [41, 42] и деталью, создание благоприятных условий для достижения качественных показателей поверхностного слоя обрабатываемых материалов и предопределяет актуальность исследования, выполненного в данной работе.

Литература

1. Ivancivsky V., Parts K., Popov V. Depth distribution of temperature in steel parts during surface hardening by high frequency currents // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Т. 788. С. 129–135.
2. Янюшкин А.С., Лосев А.Б., Якимов С.А., Попов В.Ю. Роль температуры при затачивании инструментов алмазными кругами на металлической связке // *Металлургия и машиностроение: ежеквартальный специализированный информационный бюллетень*. 2006. № 1. С. 49–53.
3. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S., Zamashchikov Y.I. Diffusion phenomena in the combined electric diamond grinding // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Т. 799–800. С. 291–298.
4. Popov V.Y., Yanyushkin A.S. Adhesion-diffusion interaction of contact surfaces with the treatment diamond grinding wheels // *Eastern European Scientific Journal*. 2014. № 2. С. 301–310.
5. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Расчет энергии адгезии контактных поверхностей при шлифовании инструментальных материалов различными методами // *Наукоемкие технологии в машиностроении*. 2014. № 5 (35). С. 14–19.
6. Кузнецов А.М. Повышение эффективности фрезерования композиционных древесных материалов мелкозернистым твёрдосплавным инструментом: дисс. канд. техн. наук 05.03.01 / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2009. – 186 с.
7. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Влияние параметров электроалмазного шлифования твердых сплавов на величину растворенного слоя // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2014. № 3 (64). С. 68–75.
8. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Медведева О.И., Ковалевский С.В., Рычков Д.А. Электроалмазная обработка высокопрочных материалов с нанесением защитных покрытий // *Системы. Методы. Технологии*. 2013. № 3 (19). С. 125–129.
9. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М., Якимов С.А., Петров Н.П. Методика расчета величины разрушения режущей кромки твердосплавного инструмента // *Системы. Методы. Технологии*. 2010. № 8. С. 139–144.
10. Кузнецов А.М., Якимов С.А., Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Расчет напряжений, возникающих при затачивании твёрдосплавного инструмента с малым углом заострения // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. 2009. № 22. С. 25–30.
11. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Износостойкость твердосплавного инструмента при обработке древесностружечных плит // *Технология машиностроения*. 2008. № 11. С. 29–31.

12. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Качественные показатели поверхностей и состояние режущей кромки твердосплавного дереворежущего инструмента, заточенного различными методами электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2005. Т. 2. С. 153–156.
13. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Недостатки традиционных методов заточивания твердосплавного инструмента и пути их совершенствования // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2004. Т. 2. С. 95–98.
14. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Рычков Д.А., Кузнецов А.М. Новые конструктивные решения сборного фрезерного инструмента для обработки композиционных неметаллических материалов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 153–157.
15. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Петров Н.П., Рычков Д.А. Повышение эффективности обработки высокопрочных композиционных материалов // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 146–149.
16. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М., Мажитов С.Х. Определение рациональных режимов обработки и геометрии инструмента при фрезеровании композиционных материалов // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 203–205.
17. Кузнецов А.М., Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Слепенко Е.А., Рычков Д.А. Рационализация процесса фрезерования труднообрабатываемых композиционных материалов твердосплавным инструментом // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 196–200.
18. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. "Ключевая" популярность электроалмазной обработки // Механики XXI века. 2016. № 15. С. 50–57.
19. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S. Combined electro-diamond grinding of high speed steels // International Journal of Advances in Machining and Forming Operations. 2012. Т. 4. № 1. С. 91–102.
20. Попов В.Ю. Шероховатость поверхности быстрорежущего инструмента в зависимости от режимов электроалмазной обработки // Актуальные проблемы в машиностроении. 2015. № 2. С. 21–26.
21. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Формирование поверхностного слоя режущего инструмента при алмазной обработке кругами на металлической связке // Решетневские чтения. 2014. Т. 1. № 18. С. 306–308.
22. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Сурьев А.А. Качество инструмента из инструментальных сталей после обработки методом двойного травления // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2003. Т. 2. С. 206–212.
23. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Шероховатость поверхности после шлифования по методу двойного травления // Объединенный научный журнал. 2002. № 21. С. 65–67.
24. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Андронов А.Ю. Результаты комплексного изучения состава засаленного слоя алмазных кругов // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 1 (21). С. 114–120.
25. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Исследование поверхности алмазных кругов после комбинированной электроалмазной обработки быстрорежущей стали // Технология машиностроения. 2013. № 11. С. 26–30.
26. Попов В.Ю., Большаков И.М., Гуглин Г.С., Распутин Е.В. Исследование процесса засаливания алмазных шлифовальных кругов на металлической связке при обработке быстрорежущей стали Р6М5 // Механики XXI века. 2010. № 9. С. 101–104.
27. Кудряшов С.М., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Использование минеральных рассолов для устранения засаленного слоя при комбинированной электроалмазной обработке быстрорежущей стали Р6М5 // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 6. С. 109–118.
28. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Поверхность алмазного круга после электроалмазного шлифования быстрорежущей стали // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2002. Т. 2. С. 146–151.
29. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Янюшкин Р.А. Элементы модернизации станков шлифовальной группы под процессы электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2000. Т. 1. С. 189–190.
30. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Способ электроабразивной обработки токопроводящим кругом с его одновременной правкой: пат. 2268118. Рос. Федерация; заявл. 15.06.2004; № заявки 2004118239/02, опубл. 20.01.2006.

31. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Устройство для электроабразивной обработки с одновременной правкой круга: пат. 42193. Рос. Федерация; заявл. 21.07.2004; № заявки 2004122212/22, опубл. 27.11.2004.
32. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Тензометрическая вставка для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 2210749. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116429, опубл. 20.08.2003.
33. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Приспособление для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 22115641. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116428, опубл. 10.11.2003.
34. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Сборная фреза для деревообработки: пат. 2257289. Рос. Федерация; заявл. 30.03.2004; № заявки 2004109804/02, опубл. 27.07.2005.
35. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Сурьев А.А., Кузнецов А.М., Сталидзан М.В. Сборная фреза для деревообработки: пат. 2325272. Рос. Федерация; заявл. 04.07.2006; № заявки 2006124008/03, опубл. 27.05.2008.
36. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Атомная визуализация алмазного резания // Компьютерные исследования и моделирование. 2016. Т. 8. № 1. С. 137–149.
37. Попов В.Ю., Ларева А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки в среде Blender 3D // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2015. Т. 1. С. 187–191.
38. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Молекулярно-динамическое моделирование ювенильных поверхностей // Механики XXI века. 2015. № 14. С. 103–107.
39. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. 3D моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 201–207.
40. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. Методика компьютерного моделирования процессов комбинированной электроалмазной обработки // Механики XXI века. 2014. № 13. С. 91–96.
41. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Хлыстов А.Н. Дефекты в алмазах – основа адгезии при шлифовании // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2017. № 1 (74). С. 30–39.
42. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Хлыстов А.Н. О разрушении алмазных зерен при шлифовании // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2016. № 4 (73). С. 16–23.

УДК 621.623

Причины потери работоспособности алмазных кругов на металлической связке

М.В. Кутовенко

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: электроалмазная обработка, электрофизические методы, инструментальные материалы, засаливание.

Основной причиной потери работоспособности алмазных кругов на металлической связке является засаливание. Исследования природы засаливания показывают, что при абразивной обработке постоянно возникает граница взаимодействия инструментального и обрабатываемого материалов. Эта граница является неизбежным и постоянным спутником резания, она формируется из компонентов взаимодействующих тел, находящихся в условиях высоких контактных энергий и составляет основу засаленного слоя. Высокие удельные давления и температуры в зоне шлифования, а также образование весьма чистых ювенильных поверхностей контактирующих элементов способствует протеканию окислительных процессов и возникновению адгезионных и диффузионных яв-

лений в контакте. Это было подтверждено нашими экспериментальными данными, рядом других работ и исследований.

В качестве примера на рис.1 показана засаленная поверхность алмазного круга и топография его поверхности, свидетельствующие о полной потере работоспособности этого круга.

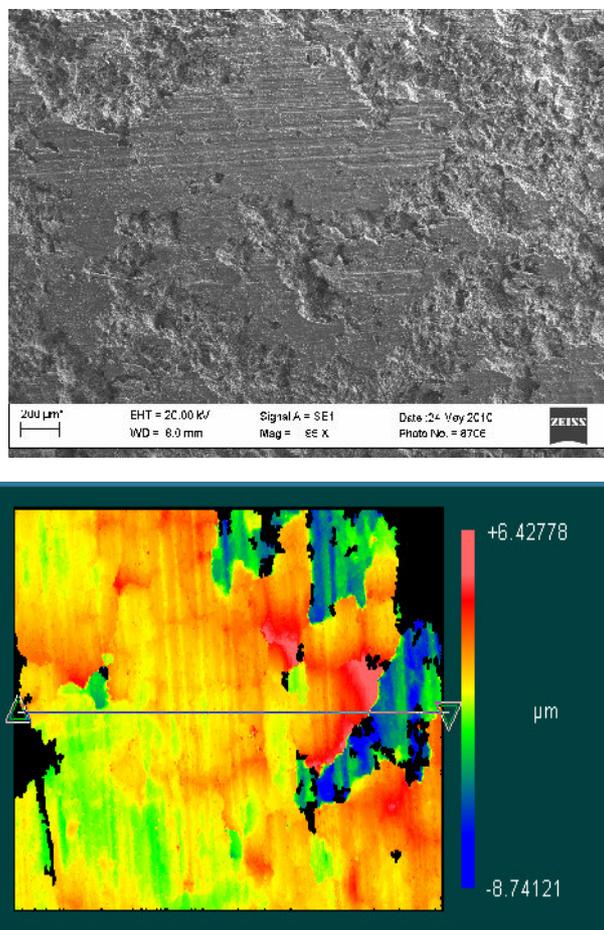


Рис. 1. Поверхность круга АСВ 125/100 М1 100% и топография его поверхности после шлифования стали Р6М5 всухую

Слабой стороной алмаза является химическое средство к железоуглеродистым сплавам и их физико-химическое взаимодействие в зоне резания сопровождается интенсивной диффузией и графитизацией [1–3].

Необходимо отметить, что при взаимодействии режущей поверхности алмазного круга с обрабатываемым материалом в контакт вступают не только режущие алмазные зерна [4, 5], но также и участки связки. Следовательно, физические и механические свойства алмазоносного слоя будут зависеть от соотношения количества зерен наполнителя и количества алмаза в кругах на металлической связке.

От качественного состава наполнителя зависят сопротивление износу, предел прочности при растяжении и статическом изгибе, удельная ударная вязкость, а также теплостойкость связки. Таким образом, наполнитель будет влиять на износ алмазных кругов. Зерна наполнителя изнашиваясь, дробясь и выламываясь, в значительной мере лишают алмазные зерна опоры, без которой последние не могут проявить в полной мере свои особые свойства. Абразивный износ алмазных кругов также имеет место, но основным видом износа является всё-таки адгезионно-диффузионный [6–10].

Такие причины потери работоспособности алмазных кругов, как выкрашивание, истирание, засаливание есть действие в той или иной степени адгезионно-диффузионных

явлений. Для эффективного применения кругов на металлической связке нужны надежные методы правки. Из множества методов правок наиболее практическое значение имеют три метода: абразивный, пластического деформирования и электроэрозионный. Однако лишь электроэрозионный метод универсален.

В рамках данной статьи отметим ещё один из перспективных методов правки, который можно реализовать непосредственно в процессе выполнения операции шлифования, без остановки оборудования. Этим условиям отвечает электрохимический метод шлифования [11, 12], при котором в электрической цепи, алмазный круг на металлической связке является анодом, а катодом специальное устройство для правки [13–19].

Силы, возникающие при шлифовании, обуславливают износостойкость алмазных кругов, качество обработки и выбор оптимальных технологических параметров шлифования. При затачивании инструмента микрогеометрия кромки, рабочих поверхностей и состояние поверхностного слоя в значительной степени зависят от сил резания [20–23], знание закономерностей изменения этих сил позволяет обосновано выбирать оптимальные условия обработки, обеспечивающие требуемое качество режущей части инструмента.

Силы резания зависят от зернистости круга. Увеличение зернистости приводит сначала к некоторому уменьшению сил резания, а при дальнейшем увеличении зернистости силы резания возрастают. Это объясняется тем, что у мелкозернистых кругов вследствие незначительного выступания алмазных зерен под связкой усиливается контакт связки с обрабатываемым материалом и, следовательно, увеличиваются силы резания. Кроме того росту сил резания при работе мелкозернистыми кругами может способствовать снижение температуры в зоне резания [24, 25]. При этом поверхностный слой обрабатываемого материала слабее размягчается и для внедрения в более твердый поверхностный слой вершин алмазных зерен и отделение от него срезов потребуется приложить больших усилий. Взаимодействие связки с обрабатываемым материалом уменьшается с ростом зерен, что вызывает снижение сил трения. Но одновременно при этом ухудшается соотношение толщины среза и радиуса округления алмазного зерна, что вызывает рост удельных сил резания.

Также силы резания зависят от концентрации алмазов. С увеличением концентрации алмазов в круге силы резания существенно уменьшаются. Наиболее интенсивное снижение сил резания наблюдается при изменении концентрации от 25 до 100%. В этом случае силы резания уменьшаются в 4–6 раз с дальнейшим ростом концентрации до 200% силы резания снижаются незначительно, всего лишь на 20–40%. Известно, что у кругов 25%-ной концентрации на связку и наполнитель приходится 75% объема алмазонального слоя, а у кругов 200%-ной концентрации их содержание снижается до 50%. Соответственно этому уменьшается контакт связки с обрабатываемой поверхностью.

Менее интенсивное снижение сил резания при изменении концентрации алмазов от 100 до 200%, по видимому вызвано тем, что в этом случае с ростом зерен на рабочей поверхности круга, наряду с уменьшением контакта связки, уменьшается сечение единичного среза. Последнее приводит к ухудшению соотношения толщины среза и радиуса округления вершины зерна, а также к росту удельных сил резания.

Силы резания зависят и от вида связки. Если, например, взять круги на органической и керамической связках, то силы резания при работе у них примерно одинаковы, а при шлифовании кругами на металлической связке силы резания в 3–5 раз больше. Это вызвано тем, что пластичная металлическая связка может заволакивать алмазные зерна и заполнять углубление на рабочей поверхности круга. При этом трение между связкой и обрабатываемым материалом возрастает. Необходимо отметить сильное влияние СОЖ на силы резания. Это зависит от характеристики круга. Так, алмазные круги на металлической связке сильно реагируют на наличие или отсутствие СОЖ. У этих кругов силы резания при работе без охлаждения в 2–3 раза больше, чем при работе с охлаждением. Это связано с тем, что на рабочей поверхности алмазного круга образуются прочно удержи-

вающие металлические напльвы, которые непосредственно контактируют с обрабатываемым материалом. При работе с охлаждением такие явления отсутствуют, что значительно снижает возникающие силы резания.

Зависимость сил резания от режимов шлифования определяется, прежде всего, характером изменения сечения единичных срезов. Увеличение сечения единичных срезов при неизменном количестве работающих алмазных зерен приводит к росту сил резания. Этим объясняется увеличение сил резания с ростом поперечной и продольной подач и уменьшением последних с ростом скорости резания.

Выводы по исследованию

Анализ литературы по теории шлифования быстрорежущих инструментов показывает, что исследованию процесса обработки с непрерывной правкой уделяется большое внимание.

В последнее время появилось большое количество работ [26–37], посвященных электрохимическим методам шлифования различных современных материалов. Однако остается по-прежнему малоизученным и не доведенным до рабочего состояния наиболее перспективный комбинированный метод электроалмазного затачивания с одновременной непрерывной правкой круга. А разработанный на базе современных цифровых технологий и молекулярной динамики метод визуализации, позволяет это показать наглядно на атомном уровне [38–42].

В опубликованных исследованиях, посвященных электрохимическим методам шлифования, в качестве рабочей жидкости применялись специальные составы электролитов. Их существенным недостатком является то, что все они, в большей или меньшей степени вызывают коррозию оборудования и вредны для здоровья. В этом направлении также следует продолжить научные исследования и поиск обычных безвредных технологических жидкостей на основе минеральных рассолов [9].

Литература

1. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S., Zamashchikov Y.I. Diffusion phenomena in the combined electric diamond grinding // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Т. 799–800. С. 291–298.
2. Popov V.Y., Yanyushkin A.S. Adhesion-diffusion interaction of contact surfaces with the treatment diamond grinding wheels // *Eastern European Scientific Journal*. 2014. № 2. С. 301–310.
3. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Расчет энергии адгезии контактных поверхностей при шлифовании инструментальных материалов различными методами // *Наукоемкие технологии в машиностроении*. 2014. № 5 (35). С. 14–19.
4. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Хлыстов А.Н. Дефекты в алмазах – основа адгезии при шлифовании // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2017. № 1 (74). С. 30–39.
5. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Хлыстов А.Н. О разрушении алмазных зерен при шлифовании // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2016. № 4 (73). С. 16–23.
6. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Андронов А.Ю. Результаты комплексного изучения состава засаленного слоя алмазных кругов // *Системы. Методы. Технологии*. 2014. № 1 (21). С. 114–120.
7. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Исследование поверхности алмазных кругов после комбинированной электроалмазной обработки быстрорежущей стали // *Технология машиностроения*. 2013. № 11. С. 26–30.
8. Попов В.Ю., Большаков И.М., Гуглин Г.С., Распутин Е.В. Исследование процесса засаливания алмазных шлифовальных кругов на металлической связке при обработке быстрорежущей стали Р6М5 // *Механика XXI века*. 2010. № 9. С. 101–104.
9. Кудряшов С.М., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Использование минеральных рассолов для устранения засаленного слоя при комбинированной электроалмазной обработке быстрорежущей стали Р6М5 // *Системы. Методы. Технологии*. 2010. № 6. С. 109–118.
10. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Поверхность алмазного круга после электроалмазного шлифования быстрорежущей стали // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2002. Т. 2. С. 146–151.

11. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. "Ключевая" популярность электроалмазной обработки // Механика XXI века. 2016. № 15. С. 50–57.
12. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S. Combined electro-diamond grinding of high speed steels // International Journal of Advances in Machining and Forming Operations. 2012. Т. 4. № 1. С. 91–102.
13. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Янюшкин Р.А. Элементы модернизации станков шлифовальной группы под процессы электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2000. Т. 1. С. 189–190.
14. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Способ электроабразивной обработки токопроводящим кругом с его одновременной правкой: пат. 2268118. Рос. Федерация; заявл. 15.06.2004; № заявки 2004118239/02, опубл. 20.01.2006.
15. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Устройство для электроабразивной обработки с одновременной правкой круга: пат. 42193. Рос. Федерация; заявл. 21.07.2004; № заявки 2004122212/22, опубл. 27.11.2004.
16. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Тензометрическая вставка для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 2210749. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116429, опубл. 20.08.2003.
17. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Приспособление для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 22115641. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116428, опубл. 10.11.2003.
18. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Сборная фреза для деревообработки: пат. 2257289. Рос. Федерация; заявл. 30.03.2004; № заявки 2004109804/02, опубл. 27.07.2005.
19. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Сурьев А.А., Кузнецов А.М., Сталидзан М.В. Сборная фреза для деревообработки: пат. 2325272. Рос. Федерация; заявл. 04.07.2006; № заявки 2006124008/03, опубл. 27.05.2008.
20. Попов В.Ю. Шероховатость поверхности быстрорежущего инструмента в зависимости от режимов электроалмазной обработки // Актуальные проблемы в машиностроении. 2015. № 2. С. 21–26.
21. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Формирование поверхностного слоя режущего инструмента при алмазной обработке кругами на металлической связке // Решетневские чтения. 2014. Т. 1. № 18. С. 306–308.
22. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Сурьев А.А. Качество инструмента из инструментальных сталей после обработки методом двойного травления // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2003. Т. 2. С. 206–212.
23. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Шероховатость поверхности после шлифования по методу двойного травления // Объединенный научный журнал. 2002. № 21. С. 65–67.
24. Ivancivsky V., Parts K., Popov V. Depth distribution of temperature in steel parts during surface hardening by high frequency currents // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 788. С. 129–135.
25. Янюшкин А.С., Лосев А.Б., Якимов С.А., Попов В.Ю. Роль температуры при затачивании инструментов алмазными кругами на металлической связке // Металлургия и машиностроение: ежеквартальный специализированный информационный бюллетень. 2006. № 1. С. 49–53.
26. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Влияние параметров электроалмазного шлифования твердых сплавов на величину растворенного слоя // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2014. № 3 (64). С. 68–75.
27. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Медведева О.И., Ковалевский С.В., Рычков Д.А. Электроалмазная обработка высокопрочных материалов с нанесением защитных покрытий // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 3 (19). С. 125–129.
28. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М., Якимов С.А., Петров Н.П. Методика расчета величины разрушения режущей кромки твердосплавного инструмента // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 8. С. 139–144.
29. Кузнецов А.М., Якимов С.А., Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Расчет напряжений, возникающих при затачивании твердосплавного инструмента с малым углом заострения // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2009. № 22. С. 25–30.
30. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Износостойкость твердосплавного инструмента при обработке древесностружечных плит // Технология машиностроения. 2008. № 11. С. 29–31.
31. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Качественные показатели поверхностей и состояние режущей кромки твердосплавного дереворежущего инструмента, заточенного различ-

ными методами электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2005. Т. 2. С. 153–156.

32. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Недостатки традиционных методов заточивания твердосплавного инструмента и пути их совершенствования // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2004. Т. 2. С. 95–98.

33. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Рычков Д.А., Кузнецов А.М. Новые конструктивные решения сборного фрезерного инструмента для обработки композиционных неметаллических материалов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 153–157.

34. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Петров Н.П., Рычков Д.А. Повышение эффективности обработки высокопрочных композиционных материалов // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 146–149.

35. Кузнецов А.М. Повышение эффективности фрезерования композиционных древесных материалов мелкозернистым твёрдосплавным инструментом: дисс. канд. техн. наук 05.03.01 / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2009. – 186 с.

36. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М., Мажитов С.Х. Определение рациональных режимов обработки и геометрии инструмента при фрезеровании композиционных материалов // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 203–205.

37. Кузнецов А.М., Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Слепенко Е.А., Рычков Д.А. Рационализация процесса фрезерования труднообрабатываемых композиционных материалов твёрдосплавным инструментом // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 196–200.

38. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Атомная визуализация алмазного резания // Компьютерные исследования и моделирование. 2016. Т. 8. № 1. С. 137–149.

39. Попов В.Ю., Ларева А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки в среде Blender 3D // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2015. Т. 1. С. 187–191.

40. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Молекулярно-динамическое моделирование ювенильных поверхностей // Механики XXI века. 2015. № 14. С. 103–107.

41. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. 3D моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 201–207.

42. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. Методика компьютерного моделирования процессов комбинированной электроалмазной обработки // Механики XXI века. 2014. № 13. С. 91–96.

УДК 621.025

Технология бездефектной обработки инструментальных материалов

М.В. Кутовенко, А.Н. Хлыстов

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: электроалмазная обработка, электрофизические методы, инструментальные материалы, алмазные круги.

При изготовлении сложных деталей в машиностроительной, автомобильной, инструментальной и аэрокосмической промышленности применяются прогрессивные, комбинированные методы, такие как электрохимическая и электроэрозионная обработки. Они широко используются при обработке сложнопрофильных и ответственных поверхностей деталей машин, изготовленных как из инструментальных, сверхтвёрдых и композиционных материалов, так и из современных наноструктурных и нанопроцессных материалов. Несмотря на большие энергетические и финансовые затраты, в большинстве

случаев применение этих методов экономически оправдано, поскольку не все процессы обычной механической обработки могут осуществлять бездефектное резание металлов, которое бы отвечало современным требованиям по точности, качеству, надежности, безопасности и т.п. Поэтому грамотный выбор и назначение комбинированных методов обработки является одним из направлений технического прогресса в машиностроении.

На сегодняшний день существуют технологии, способные объединить в себе возможность рационального и высокоэффективного применения алмазного инструмента на операциях шлифования инструментов из современных материалов. Перспективным методом обработки, позволяющим повысить качество и стойкость металлорежущего инструмента, является комбинированная электроалмазная обработка (КЭАО) [1, 2]. Данный метод развивается коллективом научной школы, основанной кафедрой «Технология машиностроения» Братского государственного университета.

Основополагающая идея предлагаемого метода состоит в наличии двух независимых электрических цепей, работающих от одного источника технологического тока, что позволило совместить электрохимическое растворение обрабатываемого токопроводящего материала с его одновременным механическим съемом алмазным шлифовальным кругом на металлической связке [3–9].

Известно, что при затачивании режущего инструмента происходит формирование рабочего поверхностного слоя, ответственного за его качество. В процессе шлифования возникает давление, которое обуславливает появление адгезии в зоне контакта таких разнородных материалов, как режущая поверхность алмазного круга и поверхность обрабатываемого материала. Как правило, следствием этого является последующее протекание диффузионных явлений, которые приводят к образованию засаленного слоя [10–14]. Засаливание – это непрерывный процесс адгезионно-диффузионного засорения абразивного слоя шлифовального инструмента элементами обрабатываемого материала, влекущий за собой потерю его производительности и режущей способности.

Именно это явление долгое время сдерживало активное использование алмазных кругов при обработке, например, высокоуглеродистых сталей [2]. Этот вопрос не мог найти своего решения, поскольку отсутствовали теоретические основы, описывающие механизм образования засаленного слоя с учетом контактного взаимодействия инструментального и обрабатываемого материалов [15–17]. Поэтому в дальнейшем были предложены пути по модернизации, развитию и сопровождению технологии КЭАО [4–9], итогом которых стали теоретические основы процесса засаливания алмазных кругов на металлической связке.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы.

1. Исследование поверхности алмазного круга показало [10–14], что при рекомендуемых режимах обработки засаленный слой полностью отсутствует. Происходит непрерывная правка круга, благодаря чему он сохраняет форму рабочей поверхности. Таким образом, не требуется дополнительного времени на восстановление режущих свойств круга и они устойчиво работают при шлифовании любых токопроводящих материалов.

2. Изучение состава засаленного слоя рентгеноструктурными, электронными и металлографическими методами позволило выявить наличие в нем как основных компонентов обрабатываемого материала, так и самого круга, что объясняется адгезией разнородных материалов [15–17].

3. Исследование состояния передней поверхности обрабатываемых образцов выявило [18, 19], что изменение режимов резания приводит к некоторому изменению состояния поверхностного слоя обрабатываемого материала. Однако их правильный подбор позволяет свести изменения структуры к минимуму.

4. Исследование шероховатости обработанной поверхности показало [20, 21], что технология КЭАО обеспечивает низкую шероховатость в пределах $Ra = 0,05 \dots 0,08$ мкм с зеркальным блеском.

5. Исследование температуры в зоне контакта (круг-инструмент) показало [22, 23], что она значительно ниже, по сравнению с обычным шлифованием. В целом, инструмент остается холодным, а тепловые процессы протекают в тонком поверхностном слое, который удаляется при резании.

6. Изучение количественных характеристик технологии КЭАО выявило, что мощность резания, сила резания ниже, а коэффициент режущей способности круга на порядок выше обычного шлифования. Исследование зависимости удельного расхода алмазных зерен показало [24, 25], что он лежит в пределах, допустимых для методов электроалмазного шлифования.

7. Наиболее благоприятными являются условия самозатачивания, которые достигаются управлением плотностью тока правки и травления. Режим устойчивого самозатачивания наиболее полно реализуется в условиях непрерывной электрохимической правки круга и одновременного травления обрабатываемой поверхности.

Для реализации перспективных методов обработки различных материалов предложены различные схемы, некоторые из них представлены в таблице 1.

Таблица 1

Варианты схем шлифования комбинированными методами

	1.	2.	3.	4.	5.
Плоское					
Торцевое					
Круглое					

Особенностью КЭАО является широкий диапазон режимов резания, настраиваемых от источника технологического тока – от электрохимической обработки к электроэрозионной. Например, при электрохимическом методе обработке электрическая энергия преобразуется в энергию химических реакций с образованием на обработанной поверхности таких химических соединений, которые легко удаляются с поверхности заготовки потоком электролита или движущейся абразивной поверхностью инструмента.

При электроэрозионном методе обработки энергия импульсных электрических разрядов, возбуждаемых между инструментом и заготовкой, преобразуется в тепловую энергию, что сопровождается нагреванием, расплавлением и испарением материала с поверхности заготовки и электрода инструмента. Сочетание же обоих способов с обработкой алмазными кругами дает прогрессивные комбинированные методы: электрохимическое и электроэрозионное алмазное шлифование (обработку).

Основными процессами, протекающими при электрохимической алмазной обработке, являются: микрорезание и сьем окисных пленок алмазными зернами, анодное рас-

творение, электроэрозионные процессы и контактное оплавление. Важную роль при этом играют свойства среды заполняющей межэлектродный промежуток – состав электролита, его температура, наличие в нем продуктов шлифования и т.д.

Алмазный круг на металлической связке подключают к положительному, а заготовку к отрицательному полюсу источника технологического тока. Электрические разряды, генерируемые в зоне резания, производят направленное и регулируемое разрушение связки и сжигание стружки на поверхности круга. В результате чего на поверхности круга появляются многочисленные лунки, зерна круга обнажаются, их выступание из связки увеличивается. Таким образом, режущие свойства круга улучшаются, уменьшается работа трения, повышается производительность и качество обработки.

Большое значение при затачивании данными методами имеют виды применяемых электролитов [13]. При алмазной обработке быстрорежущей стали, наибольшее применение получили водные растворы электролитов и поверхностно-активные вещества. В качестве электролитов, как правило, используют неорганические соли, водные растворы которых обладают высокой электропроводностью.

Следует отметить, что после шлифования твердосплавных изделий [26–32] комбинированным методом электроалмазного шлифования с одновременной непрерывной правкой поверхности круга дефекты обработанных поверхностей после обработки таким методом отсутствуют. А разработанный на базе современных цифровых технологий и молекулярной динамики метод визуализации, позволяет это показать наглядно на атомном уровне [33–37]. Также можно отметить, что данный метод показал хорошие показатели и при обработке композиционных материалов [38–42].

Литература

1. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. "Ключевая" популярность электроалмазной обработки // Механика XXI века. 2016. № 15. С. 50–57.
2. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S. Combined electro-diamond grinding of high speed steels // International Journal of Advances in Machining and Forming Operations. 2012. Т. 4. № 1. С. 91–102.
3. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Янюшкин Р.А. Элементы модернизации станков шлифовальной группы под процессы электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2000. Т. 1. С. 189–190.
4. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Способ электроабразивной обработки токопроводящим кругом с его одновременной правкой: пат. 2268118. Рос. Федерация; заявл. 15.06.2004; № заявки 2004118239/02, опубл. 20.01.2006.
5. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Устройство для электроабразивной обработки с одновременной правкой круга: пат. 42193. Рос. Федерация; заявл. 21.07.2004; № заявки 2004122212/22, опубл. 27.11.2004.
6. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Тензометрическая вставка для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 2210749. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116429, опубл. 20.08.2003.
7. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Приспособление для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 22115641. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116428, опубл. 10.11.2003.
8. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Сборная фреза для деревообработки: пат. 2257289. Рос. Федерация; заявл. 30.03.2004; № заявки 2004109804/02, опубл. 27.07.2005.
9. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Сурьев А.А., Кузнецов А.М., Сталидзан М.В. Сборная фреза для деревообработки: пат. 2325272. Рос. Федерация; заявл. 04.07.2006; № заявки 2006124008/03, опубл. 27.05.2008.
10. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Андронов А.Ю. Результаты комплексного изучения состава засаленного слоя алмазных кругов // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 1 (21). С. 114–120.

11. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Исследование поверхности алмазных кругов после комбинированной электроалмазной обработки быстрорежущей стали // Технология машиностроения. 2013. № 11. С. 26–30.
12. Попов В.Ю., Большаков И.М., Гуглин Г.С., Распутин Е.В. Исследование процесса засаливания алмазных шлифовальных кругов на металлической связке при обработке быстрорежущей стали Р6М5 // Механика XXI века. 2010. № 9. С. 101–104.
13. Кудряшов С.М., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Использование минеральных рассолов для устранения засаленного слоя при комбинированной электроалмазной обработке быстрорежущей стали Р6М5 // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 6. С. 109–118.
14. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Поверхность алмазного круга после электроалмазного шлифования быстрорежущей стали // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2002. Т. 2. С. 146–151.
15. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S., Zamashchikov Y.I. Diffusion phenomena in the combined electric diamond grinding // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 799–800. С. 291–298.
16. Popov V.Y., Yanyushkin A.S. Adhesion-diffusion interaction of contact surfaces with the treatment diamond grinding wheels // Eastern European Scientific Journal. 2014. № 2. С. 301–310.
17. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Расчет энергии адгезии контактных поверхностей при шлифовании инструментальных материалов различными методами // Наукоемкие технологии в машиностроении. 2014. № 5 (35). С. 14–19.
18. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Сурьев А.А. Качество инструмента из инструментальных сталей после обработки методом двойного травления // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2003. Т. 2. С. 206–212.
19. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Формирование поверхностного слоя режущего инструмента при алмазной обработке кругами на металлической связке // Решетневские чтения. 2014. Т. 1. № 18. С. 306–308.
20. Попов В.Ю. Шероховатость поверхности быстрорежущего инструмента в зависимости от режимов электроалмазной обработки // Актуальные проблемы в машиностроении. 2015. № 2. С. 21–26.
21. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Шероховатость поверхности после шлифования по методу двойного травления // Объединенный научный журнал. 2002. № 21. С. 65–67.
22. Ivancivsky V., Parts K., Popov V. Depth distribution of temperature in steel parts during surface hardening by high frequency currents // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 788. С. 129–135.
23. Янюшкин А.С., Лосев А.Б., Якимов С.А., Попов В.Ю. Роль температуры при затачивании инструментов алмазными кругами на металлической связке // Металлургия и машиностроение: ежеквартальный специализированный информационный бюллетень. 2006. № 1. С. 49–53.
24. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Хлыстов А.Н. Дефекты в алмазах – основа адгезии при шлифовании // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2017. № 1 (74). С. 30–39.
25. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Хлыстов А.Н. О разрушении алмазных зерен при шлифовании // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2016. № 4 (73). С. 16–23.
26. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Влияние параметров электроалмазного шлифования твердых сплавов на величину растворенного слоя // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2014. № 3 (64). С. 68–75.
27. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Медведева О.И., Ковалевский С.В., Рычков Д.А. Электроалмазная обработка высокопрочных материалов с нанесением защитных покрытий // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 3 (19). С. 125–129.
28. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М., Якимов С.А., Петров Н.П. Методика расчета величины разрушения режущей кромки твердосплавного инструмента // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 8. С. 139–144.
29. Кузнецов А.М., Якимов С.А., Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Расчет напряжений, возникающих при затачивании твердосплавного инструмента с малым углом заострения // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2009. № 22. С. 25–30.
30. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Износостойкость твердосплавного инструмента при обработке древесностружечных плит // Технология машиностроения. 2008. № 11. С. 29–31.
31. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Качественные показатели поверхностей и состояние режущей кромки твердосплавного дереворежущего инструмента, заточенного различ-

ными методами электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2005. Т. 2. С. 153–156.

32. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Недостатки традиционных методов заточивания твердосплавного инструмента и пути их совершенствования // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2004. Т. 2. С. 95–98.

33. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Атомная визуализация алмазного резания // Компьютерные исследования и моделирование. 2016. Т. 8. № 1. С. 137–149.

34. Попов В.Ю., Ларева А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки в среде Blender 3D // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2015. Т. 1. С. 187–191.

35. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Молекулярно-динамическое моделирование ювенильных поверхностей // Механики XXI века. 2015. № 14. С. 103–107.

36. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. 3D моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 201–207.

37. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. Методика компьютерного моделирования процессов комбинированной электроалмазной обработки // Механики XXI века. 2014. № 13. С. 91–96.

38. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Рычков Д.А., Кузнецов А.М. Новые конструктивные решения сборного фрезерного инструмента для обработки композиционных неметаллических материалов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 153–157.

39. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Петров Н.П., Рычков Д.А. Повышение эффективности обработки высокопрочных композиционных материалов // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 146–149.

40. Кузнецов А.М. Повышение эффективности фрезерования композиционных древесных материалов мелкозернистым твёрдосплавным инструментом: дисс. канд. техн. наук 05.03.01 / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2009. – 186 с.

41. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М., Мажитов С.Х. Определение рациональных режимов обработки и геометрии инструмента при фрезеровании композиционных материалов // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 203–205.

42. Кузнецов А.М., Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Слепенко Е.А., Рычков Д.А. Рационализация процесса фрезерования труднообрабатываемых композиционных материалов твёрдосплавным инструментом // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 196–200.

УДК 621.623.6.025

Анализ эффективности алмазных кругов при обработке деталей машин

Д.Г. Молоков, В.С. Жихарев, В.В. Храмовских

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: алмазный круг, металлическая связка, высокопрочные материалы, комбинированные технологии.

В статье рассмотрены вопросы, связанные с обработкой деталей машин из высокопрочных и сверхтвердых материалов с применением алмазных шлифовальных кругов на металлической связке. Обозначены основные преимущества, недостатки и перспективные направления в повышении эффективности использования алмазного абразивного инструмента. Отмечено, что одной из главных причин снижения эффективности применения алмазных кругов с металлической связкой является засаливание. В ходе проведенного анализа выявлены основные направления в решении проблемы засаливания, а также установлено, что способ обработки алмазными кругами деталей машин из высокопрочных

материалов без применения смазочно-охлаждающих жидкостей обладает наименьшей эффективностью, наиболее перспективными и производительными являются комбинированные технологии, основанные на сочетании механического резания и электрохимических и электрофизических процессах.

Основной задачей современного машиностроения является повышение качества и эксплуатационных характеристик готовых изделий. Особенно актуальна эта задача для высокопрочных и сверхтвердых материалов, обработка которых требует создания более прогрессивных и производительных технологий, позволяющих обеспечить заданные параметры качества изготавливаемых изделий.

В работах [1 – 14] отмечается, что наиболее эффективным способом обработки таких материалов является алмазное и электроалмазное шлифование кругами на металлической связке. Однако, при всех преимуществах алмазных кругов, одним из основных их недостатков является потеря в процессе работы режущей способности вследствие засаливания [15 – 18]. Особенно это характерно для алмазных кругов с металлической связкой, поскольку восстановление их режущих свойств является длительной и трудоемкой операцией, которая составляет: более 50% от всего времени обработки при обычных способах правки, и около 30% при электрохимических способах правки.

Таким образом, наиболее важным является решение проблемы засаливания для повышения эффективности использования алмазных кругов при обработке широкого спектра высокопрочных и сверхтвердых материалов.

Как отмечается в работах [2, 3, 15], делаются попытки описания механизмов формирования засаленного слоя. Наиболее часто этот процесс связывают с диффузией и адгезией обрабатываемого материала и связки круга, однако единой точки зрения на этот процесс пока не выработано.

Среди предложенных теорий отмечается, что все процессы, происходящие на границе контакта поверхности шлифовального круга с обрабатываемой деталью, следует рассматривать на атомно-молекулярном уровне, поскольку при шлифовании совместно с микрорезанием происходит трение связки шлифовального круга с обрабатываемой поверхностью. В процессе микрорезания происходит рекристаллизация, как поверхности обрабатываемого материала, так и связки круга. Об этом свидетельствуют результаты, полученные в работах [19 – 21].

Таким образом, основная роль, при формировании засаленного слоя, принадлежит активационным процессам между двумя соприкасающимися поверхностями шлифовального круга и обрабатываемой детали. То есть, при взаимодействии возникает совершенно новая разделяющая фаза, в которой и происходят все изменения составляющих компонентов, как связки алмазного шлифовального круга, так и обрабатываемого изделия.

Авторами [2, 3, 15] предложено, что все электрические свойства межфазных поверхностей и явления, протекающие в них, обусловлены наличием двойного электрического слоя на границе раздела фаз. Количественные связи между параметрами двойного электрического слоя определяются его строением. То есть, очевидным является, что строение разделяющей фазы или двойного электрического слоя будет определяться, прежде всего, составом связки алмазного шлифовального круга и обрабатываемой детали.

Предварительные исследования алмазного шлифования твердых сплавов группы ВК и ТК подтвердили достоверность предложенной теории формирования засаленного слоя, основанной на механизме образования двойного электрического слоя.

Согласно теории строения двойного электрического слоя он может образовываться с одной стороны в результате перехода ионов или электронов из одной фазы в другую (поверхностная ионизация). Количественной характеристикой такого перехода может служить работа выхода электрона. То есть когда, на границе раздела фаз возникает электрический потенциал, который препятствует дальнейшему переходу электронов – насту-

пает равновесие, при котором положительный заряд одной поверхности скомпенсирован отрицательным зарядом, созданным электронами другой фазы, т.е. формируется двойной электрический слой. С другой стороны, образование двойного электрического слоя происходит за счет адсорбции, то есть двойной электрический слой может образоваться при избирательной адсорбции в межфазном слое ионов, не входящих в состав веществ, образующих фазы, т.е. в результате адсорбции примесей. А также, в результате обмена зарядами полярных молекул сопряженных фаз.

Таким образом, формирование засаленного слоя связано с образованием двойного электрического слоя на элементарных площадках контакта шлифовального круга с обрабатываемой поверхностью.

Проведенный анализ эффективности применения алмазных кругов на металлической связке при обработке изделий из высокопрочных материалов позволяет сделать следующие выводы:

1. Наименьшую эффективность имеет способ обработки алмазными кругами без использования смазочно-охлаждающей жидкости, поскольку в этом случае повышается интенсивность взаимодействия обрабатываемого материала и связки круга, что приводит к засаливанию согласно теории образования двойного электрического слоя.

2. Способ обработки с применением смазочно-охлаждающей жидкости повышает режущую способность алмазных кругов до 5%, по сравнению с предыдущим способом, поскольку интенсивность засаливания снижается за счет принудительного удаления отходов обработки из зоны резания, что препятствует образованию двойного электрического слоя.

3. Наиболее эффективным является использование алмазных кругов на металлической связке при обработке высокопрочных материалов с привлечением электрохимических и электрохимических комбинированных технологий.

4. Совершенствование общеизвестных комбинированных технологий алмазной обработки, позволит стабилизировать режущие свойства алмазных кругов, минимизировать процесс засаливания и за счет этого обеспечить заданные качественные и эксплуатационные характеристики готовых изделий.

Литература

1. Янюшкин А.С., Кудряшов С.М., Сивков Д.В., Лисафьев Ю.Б., Архипов П.В. Перспективный метод обработки твердого сплава на плоскошлифовальном станке // Системы. Методы. Технологии. 2009. № 4. С. 71-74.

2. Архипов П.В. Повышение режущих свойств алмазных кругов на металлической связке путем устранения их засаливания: дис. ... канд. техн. наук. / Томский политехнический университет. Братск, 2010.

3. Архипов П.В., Янюшкин А.С., Лосев Е.Д., Петров Н.П., Алтангэрэл Г. Шероховатость поверхности, обработанной электроалмазными методами // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 158-163.

4. Янюшкин А.С., Архипов П.В., Медведева О.И., Лобанов Д.В., Рычков Д.А., Сурьев А.А. Применение алмазных кругов на металлической связке для комплексной подготовки металлорежущего инструмента // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 4 (20). С. 105-109.

5. Абсадыков Б.Н., Архипов П.В., Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Повышение эффективности обработки высокопрочных твердосплавных материалов алмазным инструментом на металлической связке // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 1 (25). С. 30-37.

6. Янюшкин А.С., Архипов П.В., Лобанов Д.В., Попов В.Ю., Лосев Е.Д. Качество поверхности после алмазной обработки безвольфрамовых твердых сплавов // Научные технологии в машиностроении. 2016. № 1 (55). С. 20-24.

7. Архипов П.В., Янюшкин А.С., Петров Н.П., Балакин Д.В., Муравьева О.О. Моделирование и модернизация технологического оборудования // Механика XXI века. 2013. № 12. С. 111-112.

8. Архипов П.В., Потапова Г.Е. Твердосплавные материалы и методы их обработки // Механики XXI века. 2012. № 11. С. 220-222.
9. Архипов П.В., Сурьев А.А., Янюшкин А.С., Кулехова Г.М. К вопросу о совершенствовании и модернизации // Механики XXI века. 2007. № 6. С. 269-270.
10. Архипов П.В., Сурьев А.А., Янюшкин А.С. Модернизация плоскошлифовального станка 3е711в под электрофизическое шлифование // Механики XXI века. 2006. № 5. С. 204-205.
11. Янюшкин А.С., Архипов П.В. Электроалмазная обработка. Практика применение и модернизация // Механики XXI века. 2005. № 4. С. 260-265.
12. Янюшкин А.С., Медведева О.И., Попов В.Ю., Архипов П.В., Колистратова А.В., Сидоренко С.А. О механизме разрушения зерен алмаза в процессе электроалмазного шлифования // Механики XXI века. 2014. № 13. С. 70-75.
13. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Архипов П.В., Попов В.Ю. Исследование влияния электрических режимов на качественные и экономические показатели комбинированной электроалмазной обработки твердосплавных материалов // Научные технологии в машиностроении. 2015. № 3 (45). С. 22-29.
14. Архипов П.В., Янюшкин А.С., Ковалевский С.В. О природе засаливания шлифовальных кругов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2008. Т. 2. С. 169-174.
15. Янюшкин А.С., Медведева О.И., Якимов С.А., Архипов П.В. О механизме разрушения зерен алмаза в процессе электроалмазного шлифования // Системы. Методы. Технологии. 2009. № 1. С. 34-36.
16. Yanyushkin A.S., Lobanov D.V., Arkhipov P.V. Research of influence of electric conditions of the combined electro-diamond machining on quality of grinding of hard alloys // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 6. Сер. "6th International Scientific Practical Conference on Innovative Technologies and Economics in Engineering" 2015. С. 012051.
17. Yanyushkin A., Lobanov D., Arkhipov P., Ivancivsky V. Contact processes in grinding // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 788. С. 17-21.
18. Архипов П.В., Медведева О.И., Янюшкин А.С. Дефекты и напряжения в твердосплавных материалах при алмазной обработке // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2012. Т. 1. № 8. С. 138-139.
19. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Архипов П.В. Напряженно-деформированное состояние твердосплавных режущих элементов при алмазном затачивании // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2015. № 3-1 (33-1). С. 85-91.
20. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Архипов П.В. Анализ геометрии контактного взаимодействия алмазного круга с обрабатываемой деталью при плоском шлифовании // Механики XXI века. 2013. № 12. С. 104-106.

УДК 629.3.027.4

Исследования упругих и демпфирующих свойств безвоздушных шин

К.Д. Мухиддинзода, Н.Р. Гоибов

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: литье в матрицы, камера, запаска, производства каркас, эластичные полиуретаны, стланая, фанера.

Изготовление экспериментальных образцов колёс с безвоздушными шинами осуществлялось в лабораториях кафедры «Автомобильный транспорт» методом литья в матрицы с последующим отверждением в полимеризационной камере собственной конструкции. Информация о физико-механических свойствах эластичных полиуретанов.

Разработка технологии. Для изготовления безвоздушных шин применялись двухкомпонентные литьевые полиуретаны горячего отверждения производства. Изготовление экспериментальных образцов колес с безвоздушными шинами осуществлялось в лабораториях кафедры «Автомобильный транспорт» методом литья в матрицы с последующим отверждением в полимеризационной камере собственной конструкции.

Стоит отметить, что в аналогичном направлении работают и другие компании. Например, американский производитель квадратиков Polaris уже запустил в массовое производство шины для коммерческих авто, которым не страшны проколы, а Michelin в 2014 построил первое в мире предприятие по производству безвоздушных радиальных шин, которые с успехом применяются в различных вездеходах и сельскохозяйственной технике.

Пробитие в дороге колеса, несмотря на имеющуюся запаску, вряд ли представляет собой приятное приключение, как для автолюбителей, так и профессионалов. В тоже время, и с этим вряд ли можно поспорить, перспектива обзавестись шинами, которые являются полностью безвоздушными, пришлась бы по душе каждому обладателю авто. А вот владельцам «шиномонтажек» массовое внедрение в жизнь такой инновации может прийтись только в страшном сне



Рис. 1. Стальная матрица вариант 1



Рис. 2. Фанера, ПВХ матрица вариант 2

На кафедре автомобильного транспорта Братского государственного университета накоплен опыт в разработке и испытаниях колёсных движителей, упругие свойства которых обеспечиваются физико-механическими свойствами эластичных полиуретанов и рессорно-пружинных сталей [1-5].



1)



2)

Рис. 3. Не пневматические колёсные движители:
1. - energy return wheel; 2. - beijing auto bj100

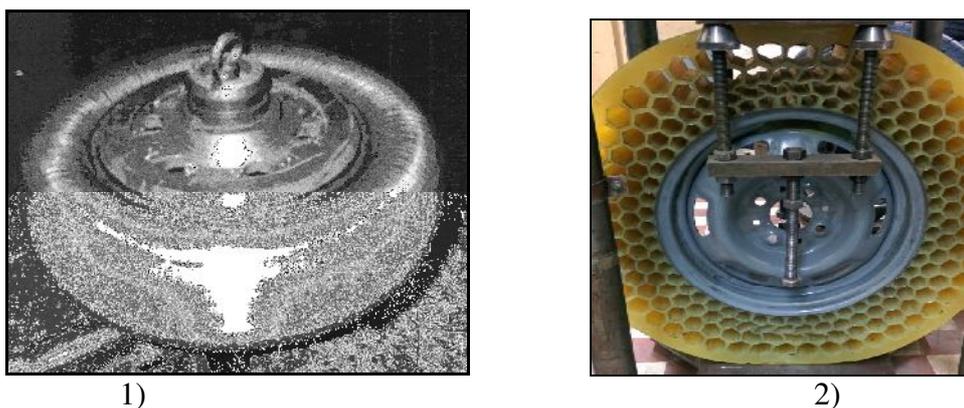


Рис. 4. Автомобильные колёсные движители без избыточного давления воздуха:
 1) - полиуретановая пневматическая шина атмосферного давления в процессе изготовления каркаса из тонкой стальной проволоки; 2) - колесо с безвоздушной шиной в процессе испытаний в лаборатории ооо "веском ницшп".

Необходимое упругое сопротивление изготовленных экспериментальных образцов безвоздушных шин обеспечивается армированным тонкими стальными нитями кольцом из эластичного полиуретана с высоким модулем упругости, которое расположено между протектором и легко деформируемыми в радиальном направлении спицами.

Кроме того, при расчетах необходимо учитывать зависимость продольной жесткости гибкой спицы C_x – с от величины ее продольной деформации $\sum dl_x$ и, следовательно, равного по величине нормального прогиба безвоздушной шины hx . В соответствии со схемой, представленной на рис. 2 г, нормальная реакция R_{zj} – определяется как проекция на ось z – реакции R_i – возникающей из-за продольной деформации гибкой спицы i – й пары, а именно. Из теории сопротивления материалов известно, что кривизна деформируемого участка наружного кольца определяется следующим образом:

$$\frac{i}{\tau\omega} = \frac{mu}{E_{kl}}$$

где E_k – модуль упругости материала наружного кольца;

Mu – изгибающий момент в сечении наружного кольца безвоздушной шины на высоте dhz – от опорной поверхности.

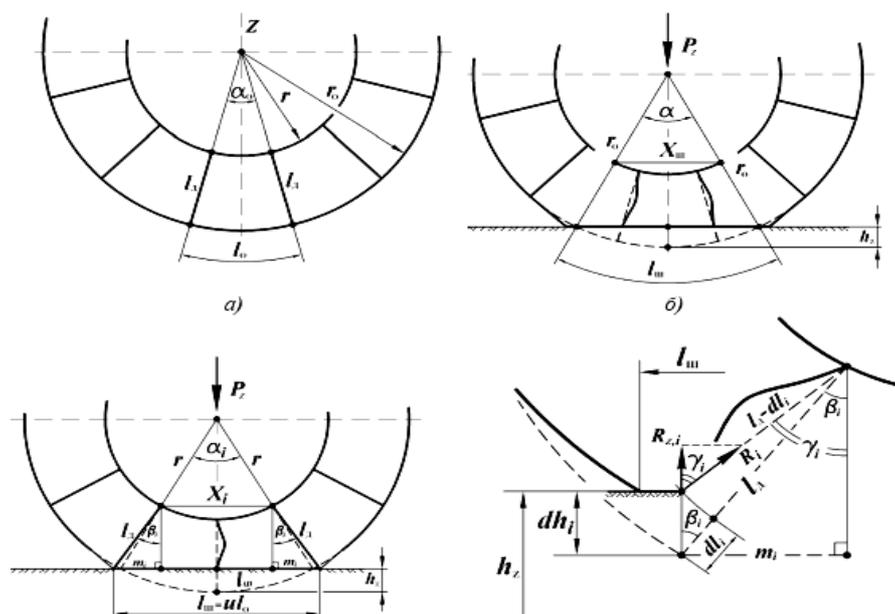


Рис. 5. Схемы для расчета характеристики нормальной жесткости безвоздушной шины

Безвоздушные колёса и шины находили и продолжают находить широкое применение на автомобилях, мотоциклах, военной и строительно-дорожной технике, колёсных машинах специального назначения.

Построение характеристик нормальной жёсткости осуществлялось в режиме квазистатического непрерывного нагружения колёс, взаимодействующих с плоским основанием испытательного стенда шс-77, фотография которого приведена на рисунок 6. Измерение и регистрация нормальной.

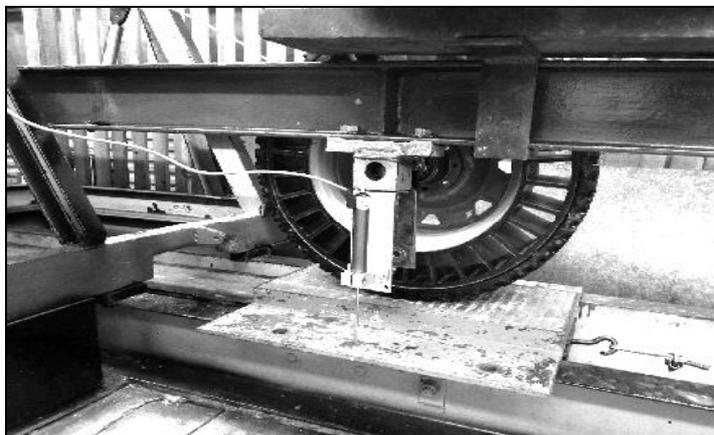


Рис. 6. Испытания автомобильной безвоздушной шины (экспериментальный образец № 6) на универсальном шинном стенде шс-77

Литература

- 1 Технология изготовления автомобильных шин с упругими деформируемыми спицами из эластичного полиуретана. Автотранспортное предприятие. Мазур В. В. 2010. № 5. С. 27-29.;
2. Мазур В.В. Способ армирования колес с упругими деформируемыми спицами и пресс-форма для изготовления колес: пат. 2357861 Рос. Федерация. № заявки 2007145141/12; заявл. 04.12.2007; опубл. 10.06.2009, Бюл. № 16. 5 с.
3. Мазур В.В., Гайлиш А.В. Способ армирования автомобильных шин с упругими спицами и матрица для изготовления колес: пат. 2505398 Рос. Федерация. № заявки 2011149925/05; заявл. 07.12.2011; опубл. 27.01.2014, Бюл. № 3. 9 с.
4. Мазур В.В., Гайлиш А.В. Матрица для изготовления колес: пат. 2506169 Рос. Федерация. № заявки 2012105204/11; заявл. 14.02.2012; опубл. 10.02.2014, Бюл. № 4. 6 с
5. Мазур В. В. Технология изготовления автомобильных шин с упругими деформируемыми спицами из эластичного полиуретана. Автотранспортное предприятие. 2010. № 5. С. 27-29

УДК 51-72; 51-74; 621.039

Адаптивность алгоритмов моделирования кристаллических решеток

А.Н. Хлыстов

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: молекулярно-динамическое моделирование, Blender, частицы, кристаллическая решётка, атомный радиус, металлические фазы, комбинированная электроалмазная обработка, алмазный круг.

Данная статья посвящена совершенствованию метода анализа физических процессов на молекулярном уровне – компьютерному молекулярно-динамическому моделированию. В центре исследования стоят вопросы МД-моделирования двух поверхностей: обрабатываемой поверхности из быстрорежущей стали и поверхности алмазного шлифовального круга. На предыдущих этапах работы модель быстрорежущей стали создава-

лась в программном пакете *Blender* и включала в себя шесть фаз. Так как стандартный функционал *Blender* не предназначен для моделирования сложных молекулярных структур, кристаллические решётки железа и всех фаз создавались вручную. Сцена насчитывала около 500 тысяч атомов у алмазного круга и около 270 тысяч атомов у быстрорежущей стали. Отсюда видно, что создание компьютерной трёхмерной модели молекулы – трудоёмкий процесс, особенно когда речь идет о моделировании целой системы кристаллитов, содержащей миллионы атомов. Поэтому имеет смысл автоматизировать процесс программными средствами.

Введение

В результате предыдущей работы [1] было разработано дополнение, которое могло автоматизировать процесс создания трёхмерной сцены содержащей более миллиона атомов и множество сложных кристаллических решёток [2–6]. Разрабатываемое дополнение *Bravais Lattices Creator*, работающее в среде программного пакета трёхмерного моделирования *Blender*, изначально определено для моделирования сложных молекулярных структур алмазного круга [7–11] и быстрорежущей стали [12–15], имеющих контакт (процесс микрорезания, шлифования) при комбинированной электроалмазной обработке [16–17]. Одним из несомненных достоинств данной обработки является несложная модернизация существующего заточного оборудования под электрохимические процессы [18–24].

С помощью разработанного дополнения [1] (см. рис. 1) можно создавать молекулы, содержащиеся в быстрорежущей стали Р6М5, такие как Fe, WC, FeCr. В базу данных можно добавлять новые молекулы и решетки. С помощью дополнения можно создавать кристаллиты любой, даже самой сложной формы.

До разработки этого дополнения модель быстрорежущей стали, насчитывающая полмиллиона атомов, создавалась в *Blender* вручную. С помощью *Bravais Lattices Creator* появилась возможность создавать модели молекул металлов и кристаллов нажатием одной кнопки.

В текущую версию дополнения заложен функционал, позволяющий создавать не только структуру фаз стали Р6М5, но и структуру алмазного зерна. Как параметры решеток фаз быстрорежущей стали, так и алгоритмы их построения заложены в программный код дополнения.

Отсюда очевидна негибкость дополнения *Bravais Lattices Creator*. Так, если требуется изменить один из параметров моделируемой структуры, то изменять его нужно будет прямо в программном коде. Не говоря уже о моделировании какой-либо другой стали, отличной по химическому составу от марки Р6М5, тогда потребуется редактировать целый комплекс программных функций, что не может быть выполнено без больших трудозатрат.

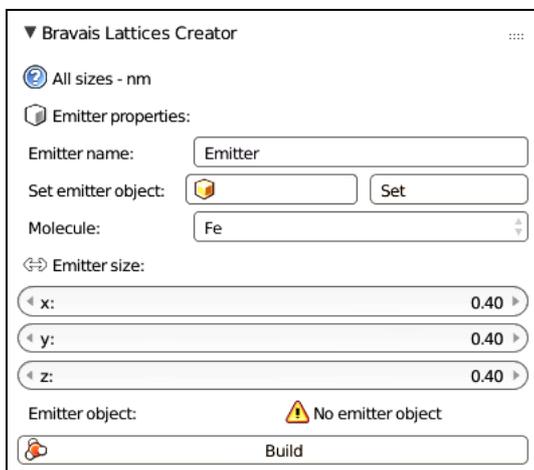


Рис. 1. Интерфейс дополнения *Bravais Lattices Creator*

Цель – повысить адаптивность дополнения *Bravais Lattices Creator*. Для этого требуется разработать: алгоритм, формирующий из заранее заданного набора параметров кристаллической решетки аргументы для программных функций; универсальный метод построения модели решетки; стандарт для описания параметров решеток.

Разработка обновленного инструмента

Негибкость *Bravais Lattices Creator*, обусловленная его узкой направленностью формировать решетки фаз стали Р6М5 приводит к трудностям в усовершенствовании этого дополнения. Решение этой задачи – создать адаптивный алгоритм, работающий с любыми заранее заданными параметрами кристаллических решеток.

Пользователь может выбрать в программе любой из предоставленных типов кристаллических решеток, на данный момент программа включает в себя только несколько фаз Р6М5 и решетку алмазного зерна. Но если пользователю нужно сформировать другую решетку, отсутствующую в программе, или отредактировать параметры уже имеющейся, есть смысл создать библиотеку параметров кристаллических решеток. Такой библиотекой может быть папка на компьютере пользователя или интернет ресурс, содержащий файлы с параметрами, каждый такой файл мог бы соответствовать одному типу вещества. Таким образом, пользователь будет иметь возможность добавить в библиотеку свой файл или отредактировать уже имеющийся.

Стандарт для описания параметров решеток

Для правильной обработки файлов из библиотеки параметров дополнением VLC нужно их привести к одному типу или стандартизировать (см. рис. 2). Предполагается, что параметры решеток удобно хранить, редактировать и программно обрабатывать в файлах с текстовым расширением, поэтому стандарт будет относиться именно к оформлению таких файлов. При создании нового файла, пользователю нужно будет указать название моделируемой решетки, её период, количество элементов входящих в молекулу, названия каждого элемента и их параметры, такие как радиус и координаты в рамках одной трансляционной группы.

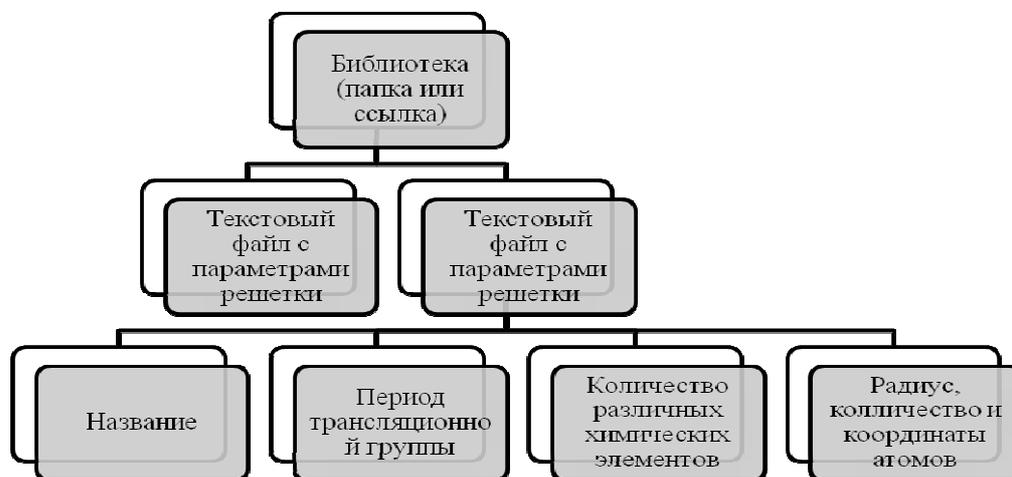


Рис. 2. Стандарт описания параметров кристаллических решеток в *Bravais Lattices Creator*

Подразумевается, что дополнение будет обрабатывать файлы библиотеки и формировать коллекцию параметров, передаваемых как аргументы для программных функций. Функции в свою очередь предназначены для формирования массивов координат атомов относительно виртуальной трёхмерной сцены.

Выводы

Таким образом, адаптивное дополнение *Bravais Lattices Creator* позволит пользователю создавать модели практически любых молекулярных структур [25–26]. Библиотеку параметров можно в любой момент обновлять – добавлять новые файлы или редактировать старые. В результате *Bravais Lattices Creator* перестанет быть узконаправленной про-

граммой, предназначенной для моделирования решеток фаз Р6М5. Библиотеку можно будет дополнять параметрами быстрорежущих сталей с различными химическими составами [27–31], параметрами кристаллов и других сложных структур [32–43].

Литература

1. Хлыстов А.Н. Автоматизация молекулярно-динамического моделирования // Механики XXI века. 2016. № 15. С. 255–259.
2. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Атомная визуализация алмазного резания // Компьютерные исследования и моделирование. 2016. Т. 8. № 1. С. 137–149.
3. Попов В.Ю., Ларева А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки в среде Blender 3D // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2015. Т. 1. С. 187–191.
4. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Молекулярно-динамическое моделирование ювенильных поверхностей // Механики XXI века. 2015. № 14. С. 103–107.
5. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. 3D моделирование процесса комбинированной электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 201–207.
6. Попов В.Ю., Шкуратова А.П., Хлыстов А.Н., Бондин А.В., Мирошниченко Н.А. Методика компьютерного моделирования процессов комбинированной электроалмазной обработки // Механики XXI века. 2014. № 13. С. 91–96.
7. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Андронов А.Ю. Результаты комплексного изучения состава засаленного слоя алмазных кругов // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 1 (21). С. 114–120.
8. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Исследование поверхности алмазных кругов после комбинированной электроалмазной обработки быстрорежущей стали // Технология машиностроения. 2013. № 11. С. 26–30.
9. Попов В.Ю., Большаков И.М., Гуглин Г.С., Распутин Е.В. Исследование процесса засаливания алмазных шлифовальных кругов на металлической связке при обработке быстрорежущей стали Р6М5 // Механики XXI века. 2010. № 9. С. 101–104.
10. Кудряшов С.М., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Использование минеральных рассолов для устранения засаленного слоя при комбинированной электроалмазной обработке быстрорежущей стали Р6М5 // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 6. С. 109–118.
11. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Поверхность алмазного круга после электроалмазного шлифования быстрорежущей стали // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2002. Т. 2. С. 146–151.
12. Попов В.Ю. Шероховатость поверхности быстрорежущего инструмента в зависимости от режимов электроалмазной обработки // Актуальные проблемы в машиностроении. 2015. № 2. С. 21–26.
13. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Формирование поверхностного слоя режущего инструмента при алмазной обработке кругами на металлической связке // Решетневские чтения. 2014. Т. 1. № 18. С. 306–308.
14. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Сурьев А.А. Качество инструмента из инструментальных сталей после обработки методом двойного травления // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2003. Т. 2. С. 206–212.
15. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Шероховатость поверхности после шлифования по методу двойного травления // Объединенный научный журнал. 2002. № 21. С. 65–67.
16. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. "Ключевая" популярность электроалмазной обработки // Механики XXI века. 2016. № 15. С. 50–57.
17. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S. Combined electro-diamond grinding of high speed steels // International Journal of Advances in Machining and Forming Operations. 2012. Т. 4. № 1. С. 91–102.
18. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Янюшкин Р.А. Элементы модернизации станков шлифовальной группы под процессы электроалмазной обработки // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2000. Т. 1. С. 189–190.
19. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Способ электроабразивной обработки токопроводящим кругом с его одновременной правкой: пат. 2268118. Рос. Федерация; заявл. 15.06.2004; № заявки 2004118239/02, опубл. 20.01.2006.

20. Янюшкин А.С., Ереско С.П., Сурьев А.А., Ереско В.С., Кузнецов А.М. Устройство для электроабразивной обработки с одновременной правкой круга: пат. 42193. Рос. Федерация; заявл. 21.07.2004; № заявки 2004122212/22, опубл. 27.11.2004.
21. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Тензометрическая вставка для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 2210749. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116429, опубл. 20.08.2003.
22. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Янпольский В.В. Приспособление для измерения малых сил при электроалмазном шлифовании: пат. 22115641. Рос. Федерация; заявл. 13.06.01; № заявки 2001116428, опубл. 10.11.2003.
23. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Сборная фреза для деревообработки: пат. 2257289. Рос. Федерация; заявл. 30.03.2004; № заявки 2004109804/02, опубл. 27.07.2005.
24. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Сурьев А.А., Кузнецов А.М., Сталидзан М.В. Сборная фреза для деревообработки: пат. 2325272. Рос. Федерация; заявл. 04.07.2006; № заявки 2006124008/03, опубл. 27.05.2008.
25. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Хлыстов А.Н. Дефекты в алмазах – основа адгезии при шлифовании // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2017. № 1 (74). С. 30–39.
26. Попов В.Ю., Янюшкин А.С., Хлыстов А.Н. О разрушении алмазных зерен при шлифовании // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2016. № 4 (73). С. 16–23.
27. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S., Zamashchikov Y.I. Diffusion phenomena in the combined electric diamond grinding // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Т. 799–800. С. 291–298.
28. Popov V.Y., Yanyushkin A.S. Adhesion-diffusion interaction of contact surfaces with the treatment diamond grinding wheels // *Eastern European Scientific Journal*. 2014. № 2. С. 301–310.
29. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Расчет энергии адгезии контактных поверхностей при шлифовании инструментальных материалов различными методами // *Наукоемкие технологии в машиностроении*. 2014. № 5 (35). С. 14–19.
30. Ivancivsky V., Parts K., Popov V. Depth distribution of temperature in steel parts during surface hardening by high frequency currents // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Т. 788. С. 129–135.
31. Янюшкин А.С., Лосев А.Б., Якимов С.А., Попов В.Ю. Роль температуры при затачивании инструментов алмазными кругами на металлической связке // *Металлургия и машиностроение: ежеквартальный специализированный информационный бюллетень*. 2006. № 1. С. 49–53.
32. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Влияние параметров электроалмазного шлифования твердых сплавов на величину растворенного слоя // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2014. № 3 (64). С. 68–75.
33. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Медведева О.И., Ковалевский С.В., Рычков Д.А. Электроалмазная обработка высокопрочных материалов с нанесением защитных покрытий // *Системы. Методы. Технологии*. 2013. № 3 (19). С. 125–129.
34. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М., Якимов С.А., Петров Н.П. Методика расчета величины разрушения режущей кромки твердосплавного инструмента // *Системы. Методы. Технологии*. 2010. № 8. С. 139–144.
35. Кузнецов А.М., Якимов С.А., Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Расчет напряжений, возникающих при затачивании твёрдосплавного инструмента с малым углом заострения // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. 2009. № 22. С. 25–30.
36. Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Износостойкость твердосплавного инструмента при обработке древесностружечных плит // *Технология машиностроения*. 2008. № 11. С. 29–31.
37. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М. Качественные показатели поверхностей и состояние режущей кромки твердосплавного дереворежущего инструмента, заточенного различными методами электроалмазной обработки // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2005. Т. 2. С. 153–156.
38. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Кузнецов А.М. Недостатки традиционных методов затачивания твердосплавного инструмента и пути их совершенствования // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2004. Т. 2. С. 95–98.
39. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Рычков Д.А., Кузнецов А.М. Новые конструктивные решения сборного фрезерного инструмента для обработки композиционных неметаллических материалов // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2013. Т. 1. С. 153–157.

40. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Петров Н.П., Рычков Д.А. Повышение эффективности обработки высокопрочных композиционных материалов // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 146–149.

41. Кузнецов А.М. Повышение эффективности фрезерования композиционных древесных материалов мелкозернистым твёрдосплавным инструментом: дисс. канд. техн. наук 05.03.01 / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2009. – 186 с.

42. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Кузнецов А.М., Мажитов С.Х. Определение рациональных режимов обработки и геометрии инструмента при фрезеровании композиционных материалов // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 203–205.

43. Кузнецов А.М., Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Слепенко Е.А., Рычков Д.А. Рационализация процесса фрезерования труднообрабатываемых композиционных материалов твёрдосплавным инструментом // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 196–200.

УДК 621.9

Обзор методов шлифования

В.В. Храмовских, Д.Г. Молоков, В.С. Жихарев

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: алмазный круг, металлическая связка, высокопрочные материалы, комбинированные технологии.

В статье проведен обзор методов окончательной обработки высокопрочных и труднообрабатываемых материалов связанным абразивом. Отмечены основные качественные составляющие поверхностного слоя готовых изделий и способы их формирования в процессе обработки. Установлено, что использование алмазных шлифовальных кругов с металлической связкой, в большинстве случаев позволяет достигнуть ряда преимуществ, по сравнению с другими абразивными материалами. Рассмотрены четыре основных метода алмазной обработки, выявлены их преимущества и недостатки по критерию производительность – качество. В ходе анализа определено, что наиболее прогрессивным является комбинированный метод электроалмазного шлифования твердосплавных материалов с одновременной непрерывной электрохимической правкой круга и электрохимическим разупрочнением обрабатываемой поверхности, поскольку позволяет обеспечить высокую производительность и удовлетворительное качество готовых изделий.

На сегодняшний день существуют различные методы окончательной обработки деталей машин. Однако, наиболее распространенным среди них является метод обработки связанным абразивом, то есть шлифовальными кругами. Наибольший интерес вызывает обработка алмазными абразивными инструментами на металлической связке. Такие инструменты обладают целым рядом преимуществ, в сравнении с другими абразивными материалами на различных типах связок, особенно при обработке высокопрочных и твердосплавных материалов [1 – 5].

Качество изделий, в общем, характеризуется геометрией поверхностного слоя, макро и микротрещинами, а также физико-химическими и механическими свойствами, в совокупности определяющими эксплуатационные свойства изделий. Геометрические показатели качества определяются выбором методов предварительной и окончательной обработки изделий. Так при шлифовании, качество поверхности во многом зависит от характеристик круга и метода шлифования [6 – 12].

Основная роль в процессе формирования микро-геометрии поверхности в этом случае, принадлежит кинематическому переносу геометрических характеристик рельефа

рабочей поверхности круга на поверхность заготовки. С другой стороны, качество готовых изделий в целом, также определяется величиной и направленностью остаточных напряжений, возникающих в процессе обработки [13 – 15].

Распространенные методы шлифования, в том числе алмазными кругами, во многом определяют качественное состояние поверхностного слоя деталей из высокопрочных и труднообрабатываемых материалов [16].

Оценка остаточных напряжений при алмазном шлифовании и электроалмазной обработки показала, в условиях алмазного шлифования преобладают значительные сжимающие остаточные напряжения, а в результате электроалмазной обработки, за счет анодного растворения, остаточные напряжения незначительны, улучшается микрорельеф поверхности и уменьшается количество очагов зарождения микротрещин [17].

В проведенных авторами исследованиях [18 – 21] за критерий оценки качества принята шероховатость твердосплавных материалов, обработанных различными методами алмазного шлифования:

1. Алмазное шлифование, которое характеризуется механическим воздействием на обрабатываемую поверхность со стороны алмазного инструмента. В виду копирования геометрических характеристик рельефа круга, а также образования очагов высоких температур в результате засаливания, шероховатость поверхности изделий достигает $Ra = 0,3 \dots 1,0$ мкм, что соответствует рекомендациям справочных данных по качеству обработанной поверхности для данных методов шлифования.

2. Электроалмазное шлифование с непрерывной электрохимической правкой круга, при котором алмазный круг обладает удовлетворительной режущей способностью на протяжении всего периода обработки, в виду отсутствия засаливания. Геометрия рельефа круга, устанавливается величиной тока правки, которая определяет шероховатость обработанной поверхности. При минимальных значениях плотности тока процесс шлифования наиболее близок к первому методу и шероховатость при этом составляет порядка $Ra = 0,6 \dots 0,8$ мкм. При средних рациональных значениях плотности тока и установившегося процесса непрерывной правки, шероховатости не превышает $Ra = 0,3 \dots 0,6$ мкм, поскольку сам процесс шлифования протекает в благоприятных условиях.

3. Электроалмазное шлифование с непрерывным электрохимическим растворением обрабатываемой поверхности, при котором параметр шероховатости главным образом определяется глубиной разупрочнения и растворения, которая прямопропорциональна величине плотности тока травления. При этом методе удается обеспечить высокие качественные показатели готовых деталей, однако режущая способность алмазного круга резко снижается в виду интенсивного засаливания продуктами растворения.

4. Комбинированное электроалмазное шлифование, сочетающее одновременную непрерывную электрохимическую правку круга и электрохимическое растворение обрабатываемой поверхности. При данном методе алмазный круг обладает высокой режущей способностью и обеспечивается удовлетворительное качество готовых изделий. Параметр шероховатости колеблется в широком диапазоне и его определенное значение зависит от того, насколько при обработке важна производительность или качество.

Проведенный обзор позволяет сделать следующие выводы:

Алмазное шлифование (метод 1) наименее эффективен при обработке высокопрочных и труднообрабатываемых материалов, поскольку приводит к быстрой потере режущих свойств инструмента в результате засаливания и не обеспечивает соответствующего качества готовых изделий.

Электроалмазное шлифование (метод 2) позволяет обеспечить высокую режущую способность алмазного круга, но при этом не высокое качество обработанной поверхности. Следовательно, данный метод наиболее подходит для черновых операций, где лавным является производительность.

Электроалмазное шлифование (метод 3) является промежуточным и как самостоятельный может применяться при окончательной обработке, где не требуется высокой производительности, а необходимо обеспечить высокое качество готового изделия. Однако в этом случае, для поддержания режущих свойств алмазного круга потребуются его периодическая правка.

Комбинированное электроалмазное шлифование (метод 4) является наиболее подходящим и рациональным при обработке высокопрочных материалов и при необходимости позволяет получить высокую производительность и (или) качество готовых изделий.

Литература

1. Архипов П.В., Потапова Г.Е. Твердосплавные материалы и методы их обработки // Механики XXI века. 2012. № 11. С. 220-222.
2. Абсадыков Б.Н., Архипов П.В., Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Повышение эффективности обработки высокопрочных твердосплавных материалов алмазным инструментом на металлической связке // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 1 (25). С. 30-37.
3. Янюшкин А.С., Архипов П.В., Медведева О.И., Лобанов Д.В., Рычков Д.А., Сурьев А.А. Применение алмазных кругов на металлической связке для комплексной подготовки металлорежущего инструмента // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 4 (20). С. 105-109.
4. Архипов П.В. Повышение режущих свойств алмазных кругов на металлической связке путем устранения их засаливания: дис. ... канд. техн. наук. / Томский политехнический университет. Братск, 2010.
5. Архипов П.В. Повышение режущих свойств алмазных кругов на металлической связке путем устранения их засаливания: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2010.
6. Yanyushkin A., Lobanov D., Arkhipov P., Ivancivsky V. Contact processes in grinding // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 788. С. 17-21.
7. Yanyushkin A.S., Lobanov D.V., Arkhipov P.V. Research of influence of electric conditions of the combined electro-diamond machining on quality of grinding of hard alloys // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 6. Сер. "6th International Scientific Practical Conference on Innovative Technologies and Economics in Engineering" 2015. С. 012051.
8. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Архипов П.В. Напряженно-деформированное состояние твердосплавных режущих элементов при алмазном затачивании // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2015. № 3-1 (33-1). С. 85-91.
9. Архипов П.В., Янюшкин А.С., Петров Н.П., Балакин Д.В., Муравьева О.О. Моделирование и модернизация технологического оборудования // Механики XXI века. 2013. № 12. С. 111-112.
10. Архипов П.В., Сурьев А.А., Янюшкин А.С., Кулехова Г.М. К вопросу о совершенствовании и модернизации // Механики XXI века. 2007. № 6. С. 269-270.
11. Архипов П.В., Сурьев А.А., Янюшкин А.С. Модернизация плоскошлифовального станка 3e711в под электрофизическое шлифование // Механики XXI века. 2006. № 5. С. 204-205.
12. Янюшкин А.С., Архипов П.В. Электроалмазная обработка. Практика применение и модернизация // Механики XXI века. 2005. № 4. С. 260-265.
13. Архипов П.В., Янюшкин А.С., Ковалевский С.В. О природе засаливания шлифовальных кругов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2008. Т. 2. С. 169-174.
14. Янюшкин А.С., Медведева О.И., Попов В.Ю., Архипов П.В., Колистратова А.В., Сидоренко С.А. О механизме разрушения зерен алмаза в процессе электроалмазного шлифования // Механики XXI века. 2014. № 13. С. 70-75.
15. Медведева О.И., Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Архипов П.В. Анализ геометрии контактного взаимодействия алмазного круга с обрабатываемой деталью при плоском шлифовании // Механики XXI века. 2013. № 12. С. 104-106.
16. Янюшкин А.С., Медведева О.И., Якимов С.А., Архипов П.В. О механизме разрушения зерен алмаза в процессе электроалмазного шлифования // Системы. Методы. Технологии. 2009. № 1. С. 34-36.

17. Архипов П.В., Медведева О.И., Янюшкин А.С. Дефекты и напряжения в твердосплавных материалах при алмазной обработке // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2012. Т. 1. № 8. С. 138-139.

18. Янюшкин А.С., Кудряшов С.М., Сивков Д.В., Лисафьев Ю.Б., Архипов П.В. Перспективный метод обработки твердого сплава на плоскошлифовальном станке // Системы. Методы. Технологии. 2009. № 4. С. 71-74.

19. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Архипов П.В., Попов В.Ю. Исследование влияния электрических режимов на качественные и экономические показатели комбинированной электроалмазной обработки твердосплавных материалов // Научные технологии в машиностроении. 2015. № 3 (45). С. 22-29.

20. Янюшкин А.С., Архипов П.В., Лобанов Д.В., Попов В.Ю., Лосев Е.Д. Качество поверхности после алмазной обработки безвольфрамовых твердых сплавов // Научные технологии в машиностроении. 2016. № 1 (55). С. 20-24.

21. Архипов П.В., Янюшкин А.С., Лосев Е.Д., Петров Н.П., Алтангэрэл Г. Шероховатость поверхности, обработанной электроалмазными методами // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 158-163.

УДК 69.002.51.192:621.225.2

Средства переносного и встроенного диагностирования гидроцилиндров машин по параметрам несущей способности

А.Ю. Кулаков, К. Р. Шалыга

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: гидроцилиндр, деформация, диагностика, несущая способность, прогиб.

Техническое диагностирование, благодаря раннему обнаружению повреждений, позволяет устанавливать состояние объекта в конкретный момент времени и прогнозировать, зная физическую сущность причин их возникновения, качественного изменения, количественного накопления и форм проявления, изменение его во времени с целью установления предполагаемого момента отказа и устранения причин его наступления в процессе технического обслуживания. В условиях широкого распространения гидравлического привода на ДСМ, в особенности, на универсальных одноковшовых экскаваторах, возникла необходимость разработки методов и средств углубленного диагностирования с целью локализации неисправностей, прогрессирующее накопление которых приводит к отказу гидроагрегатов. Между тем, внедрение и эффективное использование диагностирования в настоящее время сопряжено с определёнными трудностями. Зачастую они вызваны непригодностью ДСМ к диагностированию, отсутствием универсальных и эффективных диагностических систем, методических рекомендаций по организации и технологии диагностирования и рекомендаций по нормативам диагностических параметров, а также недостаточной квалификацией обслуживающего персонала. Отсюда следует, что задачей повышения эксплуатационной надёжности и эффективности использования машин является совершенствование существующих и разработка новых диагностических систем гидроцилиндров по параметрам несущей способности.

Негативным проявлением роста единичных мощностей машин подразумеваемого, применительно к гидроцилиндрам машин, повышение уровня давления рабочей жидкости гидросистем, увеличение скорости перемещения штока, и его хода, а также размеров гидроцилиндров и, зачастую, интенсивности использования их во времени, является резкое увеличение эксплуатационных нагрузок, ухудшение условий и режима функционирования

гидроцилиндров, а вслед за этим, неизбежное снижение их надежности – в лучшем случае. В худшем – не исключена вероятность создания заранее неработоспособного гидроцилиндра [1, 2].

В качестве гидродвигателей возвратно-поступательного действия гидрофицированного рабочего оборудования дорожных и строительных машин (ДСМ) в настоящее время широко применяются гидроцилиндры двустороннего действия с односторонним штоком [1]. Их классификация и назначение, устройство и виды исполнения, принцип действия и условия применения, а также схемы кинематического включения и гидравлического подключения достаточно подробно изложены в трудах отечественных [1, 3, 4] и зарубежных ученых [5-8].

Параметры гидроцилиндров оговариваются стандартами ГОСТ 6540-68, ГОСТ 12445-80, ГОСТ 12447-80 и ГОСТ 16516-80. При этом, ГОСТ 6540-68 и ГОСТ 12447-80 соответствуют международным стандартам ISO 3322 и ISO 2944 в части номинальных давлений, ГОСТ 6540-68 – ISO 3320 в части диаметров цилиндров до 400 мм по основному ряду и в части диаметров штоков до 360 мм, ГОСТ 6540-68 – ISO 4393 в части ходов поршня по основному ряду. Основные значения диаметров цилиндров и штоков, а также ходов поршня, выходящие за пределы указанных рядов, следует выбирать в соответствии с требованиями ГОСТ 12445-80 и ГОСТ 6636-69.

В процессе анализа эксплуатационной надёжности гидроцилиндра ДСМ были выявлены следующие повреждения [1]:

- у штока: износ поверхностей штока, образование на ней очагов коррозии, риск, царапин, задиров и вмятин, искривление штока (Рис. 1), срыв резьбы;
- у корпуса (гильзы): появление эллипсности и конусности, образование на уплотняемой поверхности риск, царапин и задиров, трещин и разрыв корпуса;
- у направляющих втулок и поршней: неравномерный по периметру и ширине износ трущихся поверхностей, образование на них царапин и задиров;
- у уплотнителей всех назначений: старение материала, неравномерный по периметру и ширине уплотнителя износ герметизирующих поверхностей, появление на них риск и царапин, разрыв уплотнителя;
- у подшипников проушин: износ поверхностей скольжения, частичное или полное разрушение составляющих;
- у головки (гайки гильзы) – срыв резьбы;
- у проушины штока – срыв резьбы, обрыв проушин.

В этих условиях становится ясно, что диагностирование гидроцилиндров должно проводиться не только по параметрам герметизации [7, 8], но и по параметрам их несущей (нагрузочной) способности [9, 10]. Желательно непосредственно в условиях эксплуатации.

Одним из таких устройств можно считать устройство для контроля несущей способности гидроцилиндра, лабораторный вариант которого представлен ниже (Рис.1).



Рис. 1. Излучатель на проушине гильзы

Оно включает в себя излучатель, в качестве которого может использоваться лазерная указка, и два приёмника: конечный и промежуточный. Все элементы устройства за-

крепятся на диагностируемом гидроцилиндре с помощью постоянных магнитов и имеют соответствующие формы опорных поверхностей. Излучатель устанавливается на опоре корпуса (гильзы) гидроцилиндра, а именно, на торцевую поверхность крепёжного пальца проушины и фиксируется относительно его центрирующего отверстия.

Конечный приёмник устанавливается и аналогично центрируется относительно проушины штока (Рис. 2). Полусферы опор излучателя и конечного приёмника обеспечивают изменение их углового положения относительно друг друга и гидроцилиндра в двух плоскостях.



Рис. 2. Конечный приёмник на проушине штока

Промежуточный приёмник, опора которого выполнена в виде «ласточкиного хвоста», что обеспечивает его расположение строго перпендикулярно оси абсцисс, устанавливается на гильзе вблизи крышки (рис. 3).

При этом в процессе диагностирования необходимо выдержать параметры наибольшего нагружения гидроцилиндра, а именно: конкретное положение штока и угол наклона гидроцилиндра [11]. После этого полученная оценка величины прогиба гидроцилиндра должна аналитически соотноситься со значением его полного прогиба [12], что не способствует повышению точности диагноза.

С целью исключения выше названного недостатка предлагается переносное устройство, которое (рис. 5) включает в себя излучатель, в качестве которого может использоваться лазерная указка, приёмник, в качестве которого используется линейка, и минивидеокамеру для автоматической фиксации показаний. Излучатель с минивидеокамерой крепятся к проушине корпуса (гильзы) гидроцилиндра в точке 1, а приёмник - к проушине штока в точке 2. Исследование на практике прогиба гидроцилиндра с применением описанного устройства осуществляется в три этапа.



Рис. 3. Промежуточный приёмник на гильзе гидроцилиндра

Луч лазера проецируется на промежуточном приёмнике в виде сетки, по линиям которой последний может быть сориентирован по оси ординат в поперечной плоскости гидроцилиндра. (рис. 4). При отсутствии такого приспособления промежуточный приёмник может быть выверен по уровням.

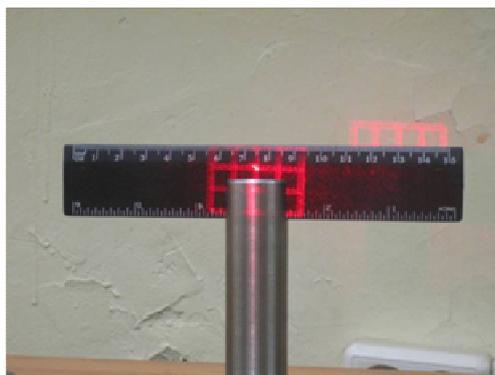


Рис. 4. Проекция луча лазера на промежуточном приёмнике

Отсюда, более эффективным с позиции достоверности оценки диагностического параметра, можно считать устройство для встроенного диагностирования гидроцилиндра [13].

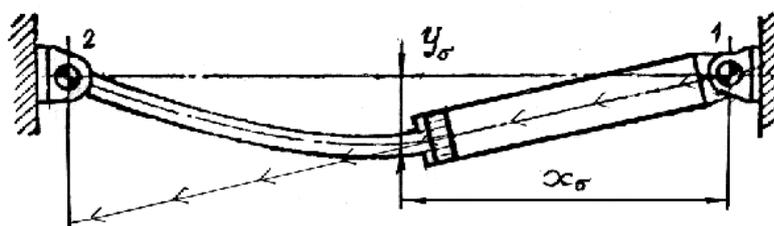


Рис. 5. Принципиальная схема встроенного диагностирования гидроцилиндра по параметрам несущей способности

На первом этапе при полностью задвинутом штоке гидроцилиндра необходимо сфокусировать луч лазера в центре шкалы приёмника, тем самым, «построив» ось абсцисс, являющуюся линией отсчёта прогиба. На втором этапе минивидеокамерой записывается отклонение луча лазера на линейке приёмника при работе машины. На последнем этапе обрабатывается полученная информация с целью получения достоверной оценки прогиба и по решающему правилу [13] ставится диагноз.

Литература

1. Кобзов Д.Ю. Гидроцилиндры дорожных и строительных машин. Часть 1. Конструкция. Надёжность. Перспективы развития. Деп. В МАШМИР №2. 59 с.
2. Кобзов Д.Ю., Тарасов В.А., Трофимов А.А. Гидроцилиндры дорожных и строительных машин. Часть 2. Условия эксплуатации, рабочий процесс, режим работы и параметры нагружения. Деп. В ВИНТИ № 3552-1399. 108 с.
3. Гидро- и пневмопривод и его элементы. Рынок продукции: Каталог/Коллектив составителей. – М., Машиностроение, 1992. – 232 с.
4. Элементы гидропривода: Справочник/Е.И. Абрамов, К.А. Колесниченко, В.Т. Маслов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Киев: «Техніка», 1977. – 320 с.
5. Goldoftas T. Cylinders for profit-making design//Hydraulics & Pneumatics, OH, USA, 1976. pp. 1-32. (на англ. яз.)
6. Li Tian Jue. Hydraulic engineering handbook. – Beijing: Mechanics Industry Press, 1990/ - 2230 p. (на кит. яз.)
7. Буренин В.В. Герметизация подвижных соединений гидроцилиндров строительных и дорожных машин//Строительные и дорожные машины, 1993, №6. С. 22-25.
8. Tao J., Timmermann H. – J., Plog J. Untersuchungen über das reibungsverhalten von polyuretan-nutringen //Ölhydraulik und Pneumatik, Deutschland, 35 (1991), Nr.8 С. 620-625. (на нем. яз.)
9. Кобзов Д.Ю. Диагностирование гидроцилиндров рабочего оборудования одноковшовых строительных экскаваторов: Дисс. ... к. т. н. ЛИСИ, Л., 1987. – 345 с.

10. Кобзов Д.Ю., Плешивцева С.В., Трофимов А.А., Лханаг Д., Жмуров В.В. Аналитическое представление несущей способности гидроцилиндров машин. (Статья). Труды Братского государственного университета. – Том 2. – Братск: ГОУ ВПО «БрГТУ», 2003. С. 47-51 – (Естественные и научные науки – развитию регионов).

11. Гидроцилиндры дорожных и строительных машин. Ч. 3. Несущая способность / Д. Ю. Кобзов, В. Л. Лапшин, В. А. Тарасов, В. В. Жмуров // Братск. гос. ун-т. Братск, 2011. 88 с., ил., библиогр. 93 назв. Рус.Деп. в ВИНТИ РАН 27.01.2011, №27-В2011.

12. Кобзов Д. Ю., Усова С. В. Экспресс-диагностика несущей способности гидроцилиндров машин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование : науч. журн. ИрГУПС.2009. №3(23). С. 174-179.

13. Кобзов Д.Ю., Ереско С.П., Губанов В.Г., Кулаков А.Ю., Трофимов А.А. Устройство для экспериментального исследования деформации длинноходового гидроцилиндра / Актуальные проблемы авиации и космонавтики [Электронный ресурс] : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящённой Дню космонавтики (10-15 апреля 2016 г., Красноярск) : в 2 т. Т. 1. – Электрон. тестовые дан. (1 файл: 24,8 МБ). – Систем. Требования : Internet Explorer; Acrobat Reader 7.0 (или аналогичный продукт для чтения файлов формата pdf) / под общ. ред. Ю.Ю. Логинова ; Сиб. гос. аэрокосмич. Ун-т. – Красноярск, 2016. Режим доступа: <https://apak.sibsau.ru/page/materials>.

УДК 621.878/.879

Обзор оборудования для исследования грунта на сдвиг при разработке его землеройными машинами

Т.А. Щёголева, Л.А. Аганин

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: срез, сдвиг, испытание грунта, устройство

В современных условиях развития механики грунтов, для определения сопротивления грунта сдвигу существует довольно много приборов, одними из которых являются односрезные сдвиговые приборы. Для исследования сил сопротивления были разработаны специальные устройства – сдвиговые стенды и приборы. Они разделяются на 2 группы: стенды для сдвига грунта по грунту, для изучения когезионных явлений, и стенды для сдвига грунта по металлу или другим твердым материалам, для изучения адгезионных явлений. В статье на основании патентного исследования приведен обзор существующих устройств и стендов для определения грунтов сопротивлению сдвигу. Дан анализ их достоинств и недостатков. Описаны наиболее удачные конструкции стендов, их устройство и принцип действия. Их применение повысит достоверность получаемых результатов сопротивления сдвигу и позволит правильно рассчитать сопротивление копания грунта землеройными машинами.

Адгезионные явления вызывают резкое увеличение сил трения, составляющие 30-60% тягового усилия землеройных машин [1-19]. Сдвиговой эффект адгезии (когезии) оценивается по величине условно-мгновенного удельного коэффициента сmerzания (УМУКС), за который принимают напряжение сдвига, соответствующее началу перемещения образца грунта относительно рабочей поверхности, определяемое по формуле [20-22]:

$$\tau = \frac{P_c}{S},$$

где P_c - нагрузка, необходимая для сдвига металлической поверхности относительно образца грунта, Н;

S - площадь рабочей части примороженного образца грунта, m^2 .

Для исследования сил сопротивления были разработаны специальные устройства – сдвиговые стенды и приборы. Они разделяются на 2 группы: стенды для сдвига грунта по грунту, для изучения когезионных явлений, и стенды для сдвига грунта по металлу или другим твердым материалам, для изучения адгезионных явлений.

Первое рассматриваемое изобретение для испытания грунта на сдвиг относится к инженерно-геологическим исследованиям для строительства, в частности к приборам для определения прочностных характеристик грунта [23]. Целью изобретения является определение точной вертикальной нагрузки в плоскости среза путем постоянной регистрации ее в процессе исследования грунта.

Прибор для испытания грунта на сдвиг (рис.1) включает рабочий стол 1, раму 2, неподвижную обойму 3, подвижную обойму 4, взаимодействующую через подшипники 5 с основанием 6. Кроме того, прибор снабжен опорой, выполненной в виде стержней 7 с тензодатчиками 8, размещенными на рабочем столе и взаимодействующими с основанием 6.

Прибор работает следующим образом. Неподвижная обойма 3 устанавливается на раму 2, а подвижная 4 на основание 6. Обоймы 3 и 4 центрируются одна относительно другой. Внутри обойм 3, 4 помещают образец грунта. Посредством механизма вертикальной нагрузки на образец грунта создают вертикальное давление, а посредством механизма горизонтальной нагрузки 10 на подвижную обойму 4 передают сдвигающее усилие. Вертикальная нагрузка с учетом сил трения грунта о внутренние стенки неподвижной обоймы 3 передается на подвижную обойму 4, т.е. на плоскость среза, затем через подшипники 5, основание 6 - на опору, состоящую из стержней 7, и фиксируется тензодатчиками 8. При этом в процессе проведения исследований грунта тензодатчики 8 измеряют не только истинное значение вертикальной нагрузки в плоскости среза, но и изменение этой нагрузки во время среза, что очень важно при изучении процессов, происходящих в грунте во время среза [23].

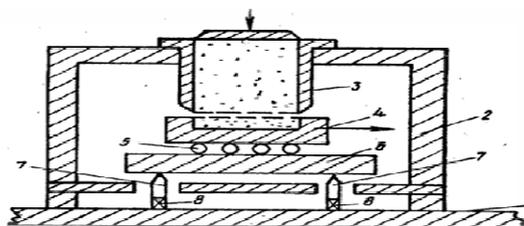


Рис. 1. Прибор для испытания грунта на сдвиг, продольный разрез

Рассмотрим следующий прибор для испытания грунта на сдвиг.

Изобретение относится к области инженерно-геологических изысканий, в частности к приборам для исследования механических свойств грунтов [24]. Цель изобретения - повышение точности испытаний путем моделирования условий, близких к реальным.

На рис. 2 изображено устройство для испытания грунта на сдвиг, общий вид.

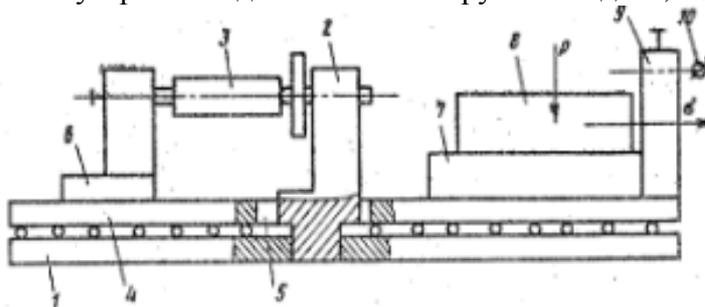


Рис.2. Устройство для испытания грунта на сдвиг, общий вид

Устройство для испытания грунта на сдвиг содержит неподвижную платформу 1 с упором 2, взаимодействующим с динамометром 3, подвижную платформу 4 с окном 5 и стойкой 6. На подвижной платформе 4 закреплена нижняя обойма, на которой размещена верхняя подвижная обойма 8, соединенная с механизмом ее перемещения. Для регистрации относительного перемещения обойм 7 и 8 в процессе сдвига на подвижной платформе 4 укреплен дополнительная стойка 9 с держателем индикатора 10.

Устройство работает следующим образом. При нагружении секторного рычага и создании сдвигающей нагрузки, верхняя подвижная обойма 8 сдвигается вдоль силовой нагрузки и за счёт сцепления грунта передает нагрузку на нижнюю обойму 7, которая начинает перемещаться. Вместе с нижней обоймой 7 перемещается подвижная платформа 4 с упором 2. При взаимодействии упора 2 с динамометром 3 на динамометр передаётся истинное усилие сопротивления срезу [24].

До сих пор наиболее простым и широко применяемым в нашей стране является прибор прямого среза (ПСГ) конструкции научно-исследовательского института «Гидропроект» [25].

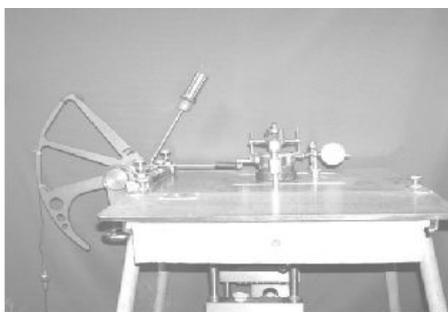


Рис. 3. Прибор прямого среза конструкции института «Гидропроект»

Прибор для испытания грунтов на сдвиг ПСГ (рис. 3) предназначен для определения сопротивления сдвигу глинистых и песчаных грунтов как после предварительного уплотнения под заданной нагрузкой, так и без предварительного уплотнения. Площадь поперечного сечения образца равна 40 см^2 , а высота 34,5 мм. Нормальная и касательная нагрузка прикладывается к образцу грунта с помощью двух рычагов.

Особенностью такого прибора является возможность создания деформации сдвига с заданной скоростью.

Приборы подобной конструкции, реализующие условия одноплоскостного среза, но с введением автоматического управления и контроля, выпускаются как в России, так и за рубежом.

Основным недостатком данных приборов является невозможность контроля порового давления при испытании в условиях неконсолидированно-недренированного сдвига. Конструкция срезной коробки не является герметичной, что и не обеспечивает условия недренирования при сдвиге.

В отличие от приборов прямого среза в приборах простого сдвига образец грунта находится в резиновой оболочке, которая исключает возможность оттока воды из пор образца, обеспечивая тем самым условия полного недренирования как при консолидации, так и при сдвиге. Кроме того, сдвиг образца в приборах простого сдвига происходит при более однородном распределении деформаций, по сравнению с образцами в условиях прямого среза. Учитывая это, Веггум (1966) предложил конструкцию прибора простого сдвига, которая показана на рис 4 [25].

Прибор состоит из индикаторов вертикальных перемещений 1, 2; масляного компрессора 3; индикатора горизонтальных перемещений (малый диапазон) 4; индикатора горизонтальных перемещений (большой диапазон) 5; кольцевой опоры 6; образца в проволочной мембране 7; датчика вертикальной нагрузки (5 кН) 8; датчика горизонтальной нагрузки (2 кН) 9; скользящей опоры 10; двигателя 11; камеры баланса давления 12; ка-

меры вертикального давления 13; домкрата вертикального давления 14; регулятора вертикального давления 15; воздушного компрессора 16; регулятора баланса давления 17; датчика зазора 18; привода 19. В данном приборе цилиндрический образец грунта находится в армированной резиновой оболочке. Диаметр образца 3 см и высота 7 см. Вертикальная и горизонтальная нагрузки контролируются датчиками давления воздуха до 5 МПа и давления масла до 2 МПа, соответственно. Вертикальная и горизонтальная деформации измеряются датчиками перемещения в диапазоне до 10 мм.

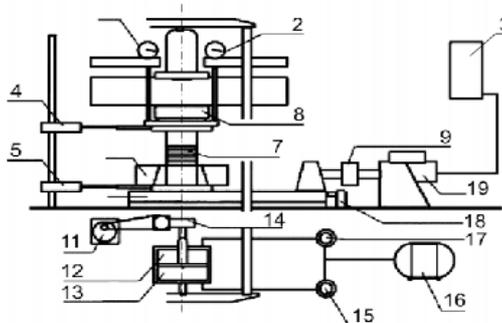


Рис. 4. Прибор конструкции Норвежского института геотехники

Плюсом данного прибора является то, что испытания могут быть выполнены с контролем усилия или перемещения. Использование армированной оболочки позволяет провести предварительную консолидацию образца непосредственно в приборе. В связи с тем, что площадь поперечного сечения образца конструктивно не может изменяться в процессе опыта, требование обеспечения постоянства объема образца может быть выполнено путем регулирования вертикального напряжения компьютером для сохранения объема постоянным [25].

Применение устройства для определения грунта срезом при лабораторных исследованиях физико-механических свойств грунта существенно повысит достоверность получаемых результатов опыта и позволит создать на их основе удовлетворяющее высоким современным требованиям оборудование, используемое на инженерно-изыскательских работах.

Литература

1. Зеньков С.А., Батуро А.А., Булаев К.В. Теоретические предпосылки повышения производительности экскаваторов при устранении адгезии грунта к ковшу // Механики XXI века. 2006. № 5. С. 79-81.
2. Зеньков С.А., Батуро А.А., Булаев К.В., Диппель Р.А. Анализ структуры рабочего органа ковшового типа с устройством внешнего интенсифицирующего воздействия для снижения адгезии грунта // Механики XXI века. 2005. № 4. С. 49-52.
3. Зеньков С.А., Булаев К.В., Батуро А.А. Планирование эксперимента для определения влияния жидкостного слоя на сопротивление сдвигу грунта по металлической поверхности при отрицательной температуре // Механики XXI века. 2006. № 5. С. 84-87.
4. Зеньков С.А., Козик А.С., Буйлов О.А. Применение полимерных противоналипающих листов для снижения адгезии грунтов к рабочим органам землеройных машин // Механики XXI века. 2010. № 9. С. 112-114.
5. Зеньков С.А., Плеханов Г.Н., Балахонов Н.А., Чубыкин А.С. Оборудование для определения влияния жидкостного промежуточного слоя на адгезию грунта к металлическим поверхностям рабочих органов землеройных машин // Вестник Таджикского технического университета. 2014. Т. 2. № 26. С. 28-32.
6. Зеньков С.А., Балахонов Н.А., Чубыкин А.С., Кожевников А.С. Анализ применения жидкостного промежуточного слоя для снижения адгезии грунта к металлическим поверхностям рабочих органов землеройных машин // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 189-195.

7. Зеньков С.А., Кожевников А.С., Баев А.О., Дрюпин П.Ю. Определение мест установки электронагревательных гибких ленточных элементов для борьбы с намерзанием грунта к металлическим поверхностям рабочих органов землеройных машин // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 195-202.
8. Зеньков С.А., Игнатъев К.А., Филонов А.С., Банщиков М.С. Исследование влияния теплового воздействия на адгезию грунтов к рабочим органам землеройных машин // Механики XXI века. 2013. № 12. С. 228-232.
9. Зеньков С.А., Кожевников А.С., Кутимский Г.М. Использование электронагревательных гибких ленточных элементов для борьбы с намерзанием грунта к металлическим поверхностям рабочих органов землеройных машин // Механики XXI века. 2014. № 13. С. 156-160.
10. Зеньков С.А., Курмашев Е.В., Елохин А.В., Дэлэг Д. Перспективы применения гибких нагревательных ленточных элементов для снижения адгезии грунта к рабочим органам ковшового типа // Механики XXI века. 2009. № 8. С. 164-167.
11. Зеньков С.А., Жидовкин В.В., Ничаев А.Н., Курмашев Е.В. Применение оборудования теплового воздействия для снижения адгезии грунтов // Механики XXI века. 2010. № 9. С. 129-132.
12. Зеньков С.А., Игнатъев К.А., Филонов А.С. Эффективность гибких нагревательных элементов для борьбы с адгезией грунтов к землеройным машинам // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 134-137.
13. Зеньков С.А., Диппель Р.А., Булаев К.В., Батуро А.А. Планирование эксперимента по исследованию влияния параметров теплового воздействия на сопротивление сдвигу грунта // Механики XXI века. 2005. № 4. С. 52-56.
14. Зеньков С.А., Ереско С.П. Моделирование процесса копания грунта вибрирующим ковшовым рабочим органом при отрицательной температуре // Горное оборудование и электромеханика. 2008. № 12. С. 44-49.
15. Зеньков С.А., Батуро А.А. Комбинированное устройство снижения адгезии грунта к ковшу экскаватора // Механики XXI века. 2007. № 6. С. 76-78.
16. Зеньков С.А., Козик А.С., Буйлов О.А. Снижение адгезии грунтов к рабочим органам землеройных машин при помощи высокочастотного воздействия // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2011. Т. 2. С. 88-92.
17. Зеньков С.А., Козик А.С., Буйлов О.А., Зеньков А.С. Устранение адгезии грунтов к рабочим органам землеройных машин при помощи ультразвукового воздействия // Механики XXI века. 2011. № 10. С. 146-148.
18. Зеньков С.А., Игнатъев К.А., Филонов А.С. Планирование эксперимента по применению пьезокерамических излучателей для борьбы с адгезией грунтов к рабочим органам землеройных машин // Механики XXI века. 2012. № 11. С. 399-402.
19. Зеньков С.А., Балахонов Н.А., Игнатъев К.А. Пьезокерамические излучатели на ковшах экскаваторов для борьбы с налипанием грунтов // Аспирант. 2015. № 3 (8). С. 26-30.
20. Зеньков С.А., Курмашев Е.В., Мунц В.В. Стенд для исследования влияния комбинированного воздействия на адгезию грунтов к землеройным машинам // Механики XXI века. 2007. № 6. С. 15-18.
21. Зеньков С.А., Кобзов Д.Ю., Курмашев Е.В. Стенд сдвиговый // патент на изобретение RUS 2460989 28.09.2010.
22. Зеньков С.А., Булаев К.В., Батуро А.А., Диппель Р.А. Стенд для исследования влияния интенсифицирующего воздействия на прочность смерзания грунта с металлической поверхностью рабочего органа // Механики XXI века. 2005. № 4. С. 44-49.
23. Аликонис А.А., Амшеюс И.И., Кулешюс В.П. Прибор для испытания грунт на сдвиг: пат. 1217983, СССР №3581928/29-33; заявл.18.04.1983; опубл.15.03.1986, Бюл.№10.
24. Гречко А.Б., Кочев Д.З., Гаврикова Г.Б. Устройство для испытания грунта на сдвиг: пат.1548701 СССР № 4401331/23-33, заявл.31.03.1988; опубл.07.03.1990, Бюл.№9.
25. Болдырев Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов. Состояние вопроса [Текст]: монография / Г.Г. Болдырев. – Пенза: ПГУАС, 2008. – 696 с.

Теплоэнергетика и теплотехника

УДК 628

Утилизация древесных отходов с получением тепловой и электрической энергии

С.С. Большаков

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: древесные отходы, биомасса, сжигание, ВЭР

В настоящее время малая часть древесных отходов используется как топливо для котельных и ТЭЦ. Технологии получения энергии из древесных отходов активно развиваются в последние годы. КДО являются возобновляемым источником энергии. В данной статье описаны методы и технологии получения энергии из древесной биомассы, а именно: сжигание, пиролиз и газификация.

Основными источниками образования древесных отходов являются различные лесопромышленные комплексы и деревоперерабатывающие комбинаты. В последние годы во всем мире энергетическое использование древесной биомассы и, в частности, древесных отходов, рассматривается как желанная альтернатива традиционным видам топлива. Это связано с тем, что древесные отходы являются CO₂-нейтральными, имеют низкое содержание серы, относятся к возобновляемым источникам энергии. Все это привело к тому, что технологии получения энергии из древесных отходов в последние годы развиваются и совершенствуются. Основными технологиями являются: сжигание, быстрый пиролиз и газификация.

1 Сжигание

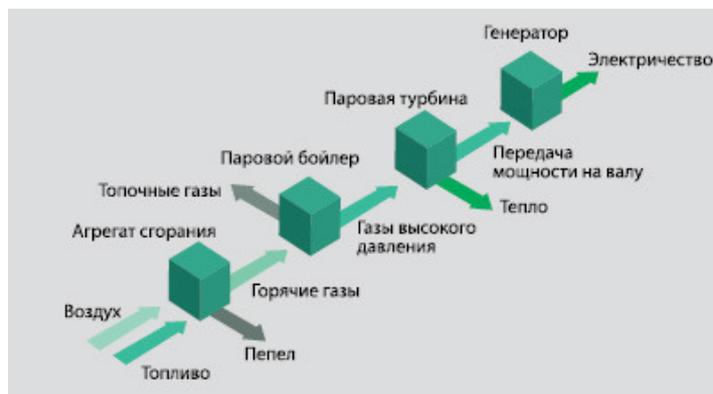


Рис. 1. Схема сжигания КДО

Сжигание древесных отходов базируется на нескольких методах сжигания, в том числе:

Прямое сжигание:

- сжигание в кипящем/циркулирующем слое;
- газификация/сжигание газов во вторичной камере сгорания;
- сжигание пылевидного топлива.

Прямое сжигание происходит в топках с горизонтальной, конусообразной, наклонной или подвижной колосниковой решеткой. Данный метод используется в водогрейных котлах и печах малой мощности (менее 20 МВт) для сжигания древесного топлива, в том числе с высокой влажностью: кусковых и длинномерных отходов, щепы, коры, опилок,

топливных брикетов и гранул и т.д. Для автоматизированного сжигания измельченных отходов также используются трубчатые горелки со шнековой подачей. Обычное использование тепла — для сушки древесины в сушильных камерах, в водогрейных котлах для обогрева производственных и/или жилых помещений. Для выработки электрической энергии отходы сжигаются в паровом котле с последующим использованием пара в паровой турбине. Эта технология имеет низкий электрический КПД порядка 81,3% (для мини-ТЭЦ мощностью 6001000 кВт), который повышается благодаря использованию более совершенных методов сжигания, таких как сжигание в кипящем/циркулирующем слое или сжигание пылевидного древесного топлива. Однако эти методы используются в электростанциях мощностью не менее 5 МВт, строительство которых требует больших капитальных затрат. Недостатком этого метода является низкая эффективность и высокий уровень эмиссии отходов горения в дымовых газах.

2 Сжигание в кипящем/циркулирующем слое

Позволяет достичь большей эффективности и экономичности за счет почти 100%-го сгорания топлива при меньшем уровне эмиссии отходов горения по сравнению с прямым сжиганием. При использовании данного метода измельченное древесное топливо подается в «кипящий» слой, созданный путем продувания воздуха или газа через слой инертного материала, например, песка. Количество инертного материала существенно больше количества топлива, поэтому процесс горения протекает стабильно с высокой эффективностью. В зависимости от скорости продувки частицы инертного слоя остаются в нем или же выносятся из слоя вместе с продуктами горения и собираются с помощью циклонов, после чего возвращаются в кипящий слой (метод циркулирующего слоя). Метод сжигания в кипящем слое используется в коммерческих или муниципальных котельных и ТЭЦ в диапазоне мощностей от 5 до 600 МВт для получения электрической и тепловой энергии. Дополнительным достоинством данного метода является возможность сжигания различных видов топлива (всего до 70 видов), включая низкосортный уголь, торф, твердые бытовые отходы, отходы ЦБК и т.д.

3 Сжигание пылевидного топлива

Сжигание пылевидного топлива осуществляется с помощью специальных горелок, предназначенных для сжигания древесной пыли, образующейся в процессе производства или в результате измельчения древесных отходов в пыль. Весь процесс от исходных древесных отходов, измельчения в пыль с влажностью порядка 8%, подачи и сжигания пыли — полностью автоматизирован. Получение энергии с использованием только древесной пыли используется достаточно редко; обычно это топливо используется в котельных или ТЭЦ, работающих на пылевидном угле и/или торфе. Стоимость комплектного оборудования для сжигания древесной пыли также высока

4 Газификация

Сжигание газов во вторичной камере сгорания (газогенераторная топка) представляет собой двухэтапный процесс. На первом этапе топливо подается шнековым питателем на наклонную решетку в первичной камере (предтопке), где оно нагревается до такой температуры, при которой происходит процесс газификации. Перегретый и смешанный со вторичным воздухом древесный газ сгорает во вторичной камере практически без остатка. Продукты сгорания используются в котле или печи для получения горячей воды, пара или воздуха. В когенерационном режиме пар может использоваться в паровой турбине для получения электроэнергии. Диапазон мощностей систем сжигания такого рода от 150 кВт до 30 МВт. Недостаток — высокая стоимость.

Газификация представляет собой процесс высокотемпературного превращения древесины (и других видов биомассы, а также угля и торфа) при нормальном или повышенном давлении в газ, называемый древесным или генераторным газом, а также небольшое количество золы, в специальных реакторах (газогенераторах) с ограниченным доступом воздуха или кислорода. Генераторный газ имеет температуру 300 — 600 °С и состоит

из горючих газов (CO, H₂, CH₄), инертных газов (CO₂ и N₂), паров воды, твердых примесей и пиролизных смол. Из 1 кг древесной щепы получают около 2.5 м³ газа с теплотой сгорания 900 — 1200 Ккал/м³. Эффективность газификации достигает 85-90%. Благодаря этому, а также удобству применения газа, газификация является более эффективным и чистым процессом, чем сжигание. В зависимости от реализованного процесса существуют различные типы газогенераторов: с восходящим потоком газа (П — прямой процесс), с нисходящим потоком газа (О — обращенный процесс), в циркулирующем кипящем слое (ЦКС). Используемый процесс, давление получаемого газа, содержание в нем примесей и пиролизных смол, наличие систем охлаждения и очистки газа определяют следующие применения генераторного газа.

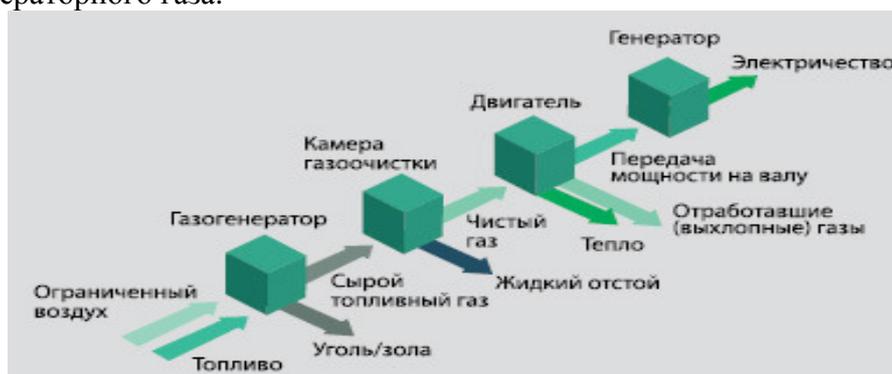


Рис. 2. Газификация КДО

Литература

1. Вергазов, В. С. Устройство и эксплуатация котлов: Вопросы и ответы: Справочник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1991. – 271с.: ил.
2. Гольстрем В.А., Кузнецов Ю.Л. Справочник по экономии топливно-энергетических ресурсов – К.: Техника 1985г., 383с.
3. Кисилев, Н. А. Котельные установки: Учеб. пособие для рабочих на пр-ве. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1979. – 270 с. Ил.
4. Михайлов В.В. Рационально использовать энергетические ресурсы. 1980 г.

УДК 628

Виды топочных устройств

С. С. Большаков

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: топка, топочное устройство, топливо, горелка, горение.

В статье приводится сравнение топочных устройств, применяемых в котельных установках при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива. Топочные устройства делятся на слоевые и камерные. Камерные топки, в свою очередь, делятся на факельные и вихревые. Приведены характеристики, достоинства и недостатки каждого из типов топочных устройств.

Топочные устройства - один из основных элементов котельного агрегата. В ней происходит процесс горения, при котором химическая энергия топлива преобразуется в тепловую энергию продуктов сгорания, передаваемую далее жидкости и пару, находящимся в котле.

Существующие топочные устройства можно разделить на слоевые и камерные. Слоевые топки предназначены для сжигания твердого топлива в слое на колосниковой решетке. В камерных топках сжигается твердое топливо во взвешенном состоянии в виде пыли и дробленых частиц, а также жидкое, распыляемое с помощью форсунок, и газообразное. Камерные топки подразделяются на факельные и вихревые (циклонные).

На рисунке 1 показаны схемы слоевого, факельного и вихревого способов сжигания топлива. При слоевом способе сжигания необходимый для горения воздух подается к слою топлива через колосниковую решетку.

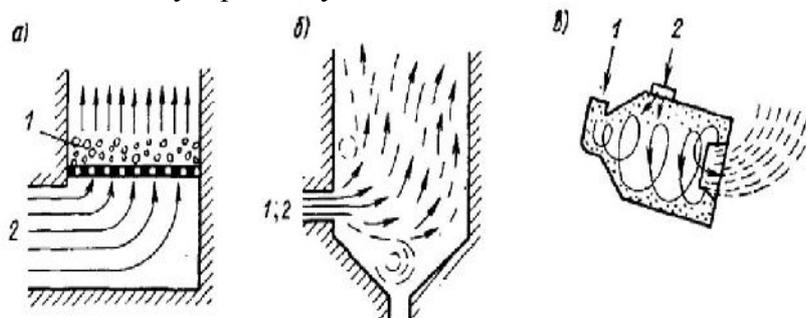


Рис. 1. Схемы способов сжигания твердого топлива:
а - слоевой; б - факельный; в - вихревой;
1 - топливо; 2 - воздух.

При факельном способе сжигания твердое топливо предварительно размалывается в мельницах и пыль вместе с воздухом (аэросмесь) подается в топку. Время пребывания газа и пыли в объеме топки незначительно (1,5 - 2 с). Поэтому в зависимости от вида твердого топлива тонина помола (т. е. процентное содержание по массе частиц определенных размеров) выбирается различной. Например, при сжигании антрацитов и тощих углей только 7 - 15 % по массе должны составлять частицы размером более 90 мкм, каменных углей - 15 - 35 %, а при сжигании бурых углей для таких частиц может составлять уже 40 %.

Уменьшение размеров топливных частиц приводит к возрастанию площади удельной поверхности контакта с окислителем. В горящем пылевоздушном факеле развивается высокая температура. Это способствует интенсификации прогрева топлива и его воспламенения.

Циклонный способ сжигания основан на использовании закрученных топливовоздушных потоков. Транспорт топлива осуществляется воздухом. Топливные частицы циркулируют по определенным траекториям в течение времени, необходимого для завершения их сгорания. Под действием центробежных сил частицы движутся в виде уплотненного пристенного слоя, интенсивно перемешиваясь с воздухом. Время пребывания частиц в циклонной камере выбирается достаточным для выгорания грубой пыли (размер частиц 200 мкм) или дробленого топлива (размер частиц до 5 мм).

Слоевые топки. По способу механизации операций обслуживания (подача топлива, шуровка слоя, удаление золы и шлака) слоевые топки делятся на ручные (немеханизированные), полумеханические и механические. В полумеханических топках механизирована часть операций. В механических топках механизированы все операции.

Классификация наиболее типичных и относительно широко распространенных топочных устройств со слоевым сжиганием топлива показана на рисунке 2.

В зависимости от способа организации процесса сжигания топлива слоевые топки можно разделить на три группы:

- с неподвижной колосниковой решеткой и неподвижным слоем топлива (рис. 2, а, б);

- с неподвижной колосниковой решеткой и перемещением топлива по решетке (рис.2, в, г, д);
- с подвижной колосниковой решеткой и движущимся вместе с ней слоем топлива (рис.2, е).

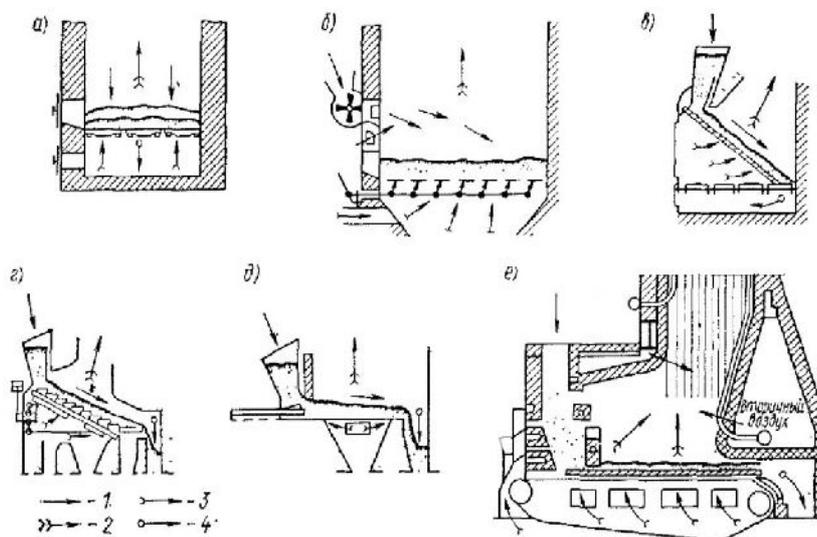


Рис. 2. Схемы слоевых топков:

1 - топливо; 2 - воздух; 3 - продукты сгорания; 4 - очаговые остатки

В таких топках возможно сжигание горючих сланцев, бурых углей с большой зольностью и повышенной влажностью и каменных углей с большим выходом летучих веществ.

Камерные топочные устройства для сжигания твердого топлива используют в котельных агрегатах средней (10 - 42 кг/с) и большой (> 42 кг/с) производительности.

Пылеугольные топочные устройства можно классифицировать по расположению горелок (фронтальное, встречное, угловое) и способу удаления шлака из камеры (твердое или жидкое). Расположение горелок на стенках камерных топков показано на рис. 3. Потолочное и одноярусное фронтальное расположение горелок применяется для котлов производительностью до 33 кг/с (120 т/ч). Для котлоагрегатов производительностью свыше 33 кг/с рекомендуется боковое встречное и угловое тангенциальное расположение горелок. Применяется также многоярусная фронтальная установка горелок.

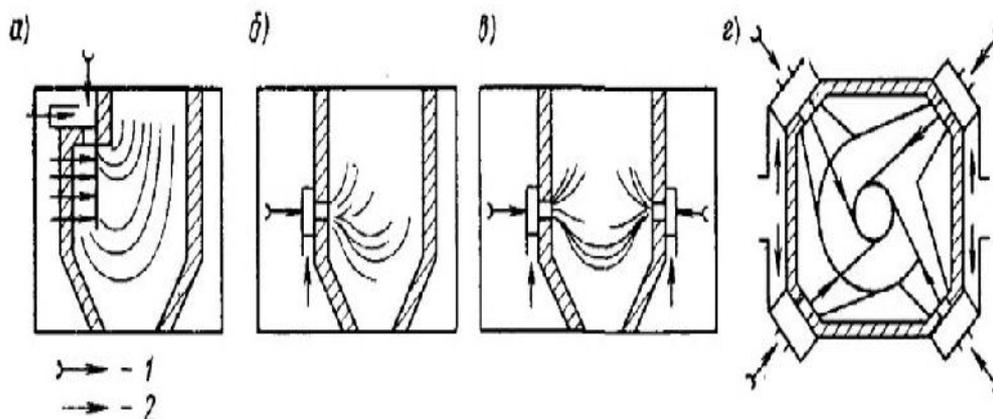


Рис. 3. Схемы расположения горелок в топочной камере:

а - потолочное; б - фронтальное; в - встречное; г - угловое тангенциальное;
1 - первичный воздух и пыль; 2 - вторичный воздух

Предпочтительнее схема с установкой угловых тангенциальных горелок, так как в этом случае создается интенсивное (вихревое) перемешивание топлива с воздухом, развиваются более высокие температуры и процесс горения протекает более полно.

В зависимости от способа удаления шлака из топочной камеры применяют топки с удалением шлаков в твердом и жидком состояниях. На рисунке 4, а показаны топки с удалением твердых шлаков, а на рисунке 4, б - жидких шлаков.

В топках с удалением твердых шлаков сжигают высокозольные бурые угли, каменные угли, фрезерный торф, сланцы.

Слабореакционное топливо (антрациты, полуантрациты, тощие каменные угли) целесообразно сжигать в топках с удалением жидких шлаков.

Стены камерных топков закрыты экранными трубами, которые являются испарительными поверхностями нагрева. Экранные поверхности - наиболее интенсивно работающие части котла, поскольку они воспринимают теплоту за счет лучеиспускания, которое в условиях топки является наиболее эффективным способом теплопередачи. Конвективная составляющая общего переноса теплоты незначительна из-за малой скорости движения газов.

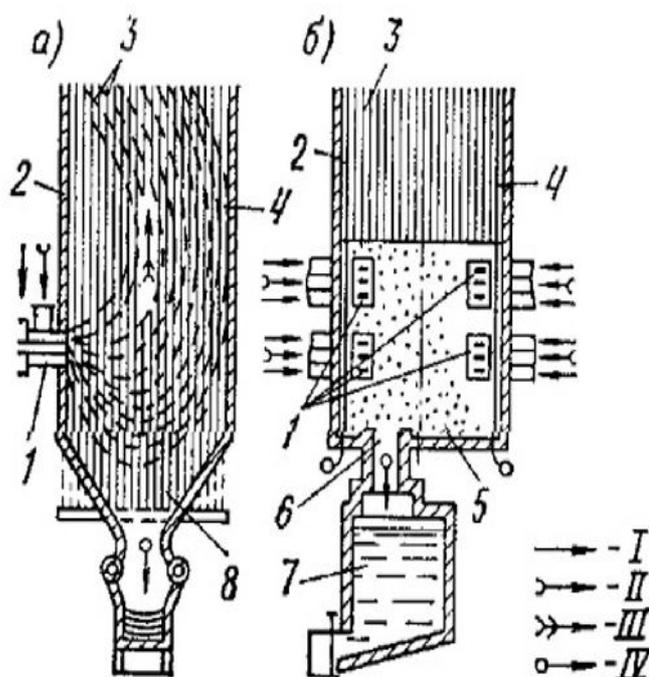


Рис. 4. Факельные топки для сжигания пылевидного топлива:

1 - горелка; 2, 3, 4 - соответственно трубы переднего, бокового и заднего экранов; 5 - ванна для жидкого шлака; 6 - летка; 7 - шлакоприемный бак; 8 - холодная воронка; I - топливо; II - воздух; III - продукты сгорания; IV - очаговые остатки.

Литература

1. Зыков, А. К. Паровые и водогрейные котлы: Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 128 с.: ил.
2. Роддатис К. Ф., Полтарецкий А. Н. Справочник по котельным установкам малой производительности / Под ред. К. Ф. Роддатиса. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 488 с.: ил.
3. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) / Под ред. Н.В. Кузнецова и др. – М.: Энергия, 1973
4. Теплотехнический справочник / Под ред. В.Н. Юренева и П.Д. Лебедева. – М.: Энергия, 1976 – Т.2
5. Щеглов М. М., Гусев Ю. А., Иванов М. С. Котельные установки: учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1992. – 384 с.

УДК: 66.047.5

Исследование газа, подаваемого в сушилку

А.В. Дербенёв

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: сушильная установка, природный газ, барабан, топочные газы, смесительная камера.

В ходе научно-исследовательской работы был произведён расчёт барабанной сушильной установки, обеспечивающий термообработку пористых материалов и определение подходящего вида топлива.

Природный газ — смесь углеводородов, предмет религиозного культа, спора ученых и важнейший сырьевой ресурс. Он невидим и не имеет запаха. В России его больше, чем где-либо в мире. Основу природного газа составляет метан (CH_4) — простейший углеводород (органическое соединение, состоящее из атомов углерода и водорода). Обычно в его состав также входят более тяжёлые углеводороды, гомологи метана: этан (C_2H_6), пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}) и некоторые неуглеводородные примеси. Природный газ может существовать в виде газовых залежей, находящихся в пластах некоторых горных пород, в виде газовых шапок (над нефтью), а также в растворенном или кристаллическом виде.

Для расчётов выбираем конструкцию барабанной сушильной установки. На рисунке 1 показан общий вид установки сушильного барабана со всем вспомогательным оборудованием. Со стороны выхода отработавшей смеси воздуха и газов располагают пылеотделительное и вытяжное устройства. Дымосос обычно располагают за циклоном, так как при этом его ротор менее подвергается износу частицами высушенного продукта. При малых сопротивлениях системы вместо дымососа устанавливают вытяжную трубу. У конца барабана расположено устройство для удаления высушенного материала – шнек или затвор-мигалка. Барабанные сушильные установки в России изготавливаются стандартных размеров согласно ГОСТу.

Влажный материал из бункера 4 с помощью питателя 3 подаётся во вращающийся сушильный барабан 6.

Параллельно материалу в сушку подаётся сушильный агент, образующийся от сгорания топлива в топке 1 и смешения топочных газов с воздухом в смесительной камере 5.

Воздух в топку и смесительную камеру подаётся вентиляторами 8.

Высушенный материал с противоположенного конца сушильного барабана поступает в промежуточный бункер, а из него на транспортирующее устройство 11.

Отработанный сушильный агент перед выбросом в атмосферу очищается от пыли в циклоне 9.

Транспортировка сушильного агента через сушильную установку осуществляется с помощью вентилятора 8.

При этом установка находится под небольшим разрежением, что исключает утечку сушильного агента через неплотности установки.

Барабан приводится во вращение электродвигателем через зубчатую передачу 7.

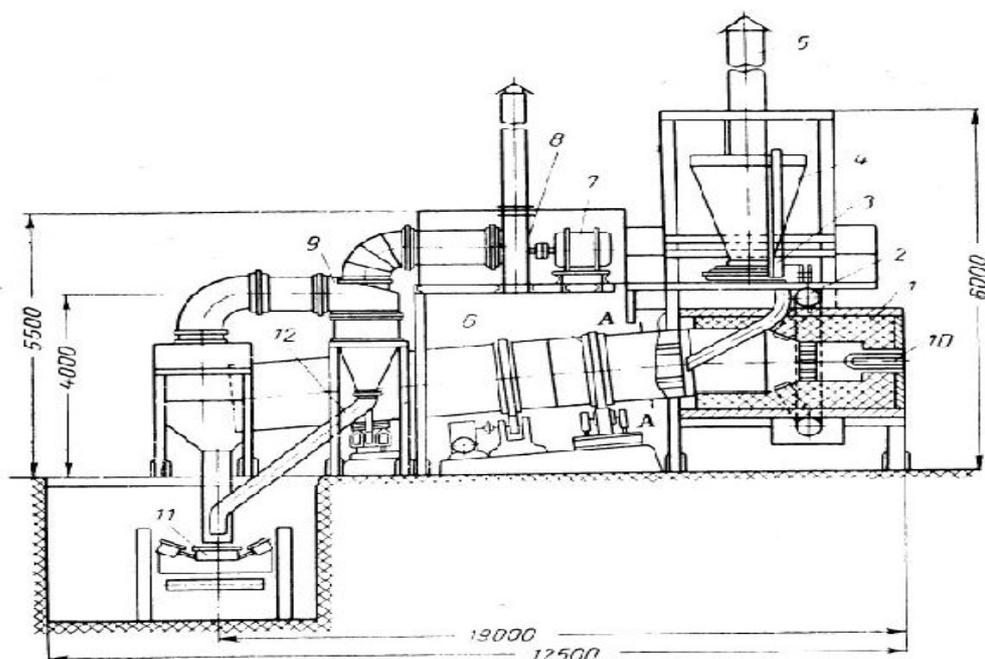


Рис. 1. Компоновка барабанной сушилки:

1 – топка; 2 – коллектор для вторичного воздуха; 3 – питатель; 4 – бункер влажного материала; 5 – растопочная труба; 6 – барабанная сушилка; 7 – электродвигатель; 8 – вентилятор; 9 – циклон; 10 – горелки; 11 – ленточный транспортёр; 12 – течка для отделённой пыли.

«Союз» (также «Оренбург — Западная граница СССР») — экспортный магистральный газопровод. Диаметр газопровода — 1420 мм, проектное давление — 7,5 МПа (75 атмосфер), пропускная способность — 26 млрд м³ газа в год. Основной источник газа для магистрали — Оренбургское газоконденсатное месторождение. Разрабатывается с 1971 года. Промышленная добыча газа началась в 1974 году. Добычу газа ведёт ООО «Газпром добыча Оренбург». Оренбургское газоконденсатное месторождение содержит 92,3% разведанных запасов природного газа. Запасы Оренбургского газоконденсатного месторождения – более 600 млрд. куб. м. газа, 270 млн. тонн нефти и конденсата. Газовый конденсат добывается в виде углеводородной жидкости. Эта жидкость в подземных пластах находится в виде газа, растворённого в углеводородном газе. Добываемый сырой конденсат представляет собой жидкость, в состав которой входят жидкие углеводороды и углеводороды, сходные с метаном в виде растворённого газа: этан С₂Н₆, пропан С₃Н₈, бутан С₄Н₁₀, пентан С₅Н₁₂, гексан С₆Н₁₄.

Братское газоконденсатное месторождение расположено на юге Сибирской платформы в пределах Ангаро-Ленской ступени. Ангаро-Ленская ступень (прогиб) представляет собой моноклираль, ограниченную на востоке и северо-востоке озером Байкал и Байкальской складчатой областью, на севере - Катангской седловиной, на западе и северо-западе - Непско-Ботубинской антеклизой. Площадь прогиба составляет 500 тыс км². Братское газоконденсатное месторождение расположено на северо-западе Ангаро-Ленской ступени (правый берег Братского водохранилища, примерно в 40 км от г. Братска) и приурочено к локальному поднятию в центральной части Братского выступа (валообразного поднятия). На месторождении продуктивными являются парфеновский горизонт чорской свиты венда, а также осинский горизонт усольской свиты нижнего кембрия. Предполагается наличие литологических и тектонических ловушек в разрезе рифея, однако бурением он вскрыт не был. Отложения чорской свиты представлены аргиллитами, красноцветными алевролитами, буровато-серыми мелко-, среднезернистыми кварцевыми песчаниками. Братское газоконденсатное месторождение было открыто в 1973 году (первый промышленный приток газа получен в 1975 году). Запасы газа месторождения по ка-

тегории C_1+C_2 составляют приблизительно 10,7 млрд. m^3 , конденсата - 0,8 млн т. Не исключается небольшой прирост запасов за счет участков, находящихся под Братским водохранилищем. Месторождение также является геологическим. Запасы гелия оцениваются в 29,8 млн m^3 .

Усть-Вилуйское газоконденсатное месторождение — месторождение природного газа, расположенное на территории Кобяйского улуса в Республике Саха (Якутия) Российской Федерации. Относится к Лено-Вилуйской газонефтеносной провинции. Считается, что с освоения Усть-Вилуйского месторождения началось развитие всей нефтегазовой промышленности Якутии. Открытие и освоение Усть-Вилуйского газоконденсатного месторождения имело большое общественно-политическое и социально-экономическое значение. В конце 1950-х годов население и количество промышленных предприятий в столице республики — городе Якутске — увеличивалось интенсивными темпами. Остро встал вопрос обеспечения теплом и электроэнергией населения и всего градообразующего комплекса. В этой ситуации академик Н. В. Черский, в то время председатель президиума Якутского филиала СО АН СССР, один из первооткрывателей Лено-Вилуйской нефтегазоносной провинции Якутии, предложил поднять вопрос о газификации города Якутска. И уже в постановлении Совета Министров СССР № 213 от 28 августа 1959 года о семилетнем плане развития народного хозяйства СССР в 1959—65 гг. были предусмотрены строительство газопровода Усть-Вилуй — Якутск и газификация города Якутска.

Для того что бы рассчитать теоретическое количество сухого воздуха, необходимо для сжигания 1 m^3 газообразного топлива, необходимо знать состав рабочего топлива. Состав газообразного топлива (газопровод: Оренбург-Александров-Гай): $CH_4 = 89,4 \%$, $C_2H_6 = 5,5 \%$, $C_3H_8 = 2,8 \%$, $C_4H_{10} = 0,86 \%$, $C_5H_{12} = 0,74 \%$, $N_2 = 0,4 \%$, $CO_2 = 0,3 \%$, $H_2S = 0 \%$, $O_2 = 0 \%$.

Чтобы определить наиболее подходящий вид природного газа, будут посчитаны следующие месторождение и газопровод: Братское месторождение и газопровод Якутск – Усть-Вилуй – Братск. Для того что бы рассчитать теоретическое количество сухого воздуха, необходимо для сжигания 1 m^3 газообразного топлива, необходимо знать состав рабочего топлива.

Состав газообразного топлива (природный газ: Братское месторождение): $CH_4 = 89,31 \%$, $C_2H_6 = 4,91 \%$, $C_3H_8 = 0,94 \%$, $C_4H_{10} = 0,11 \%$, $C_5H_{12} = 0,08 \%$, $N_2 = 4,15 \%$, $CO_2 = 0,25 \%$, $H_2 = 0,13 \%$, $H_2S = 0 \%$, $O_2 = 0 \%$.

Состав газообразного топлива (газопровод природного газа: Якутск – Усть-Вилуй – Братск): $CH_4 = 94,8 \%$, $C_2H_6 = 2,3 \%$, $C_3H_8 = 0,8 \%$, $C_4H_{10} = 0,5 \%$, $C_5H_{12} = 0,1 \%$, $N_2 = 0,3 \%$, $CO_2 = 1,2 \%$, $H_2S = 0 \%$, $O_2 = 0 \%$.

В данной научно-исследовательской работе был произведён расчёт трёх видов топлив. После выполнения теплового и материального расчётов наиболее подходящим является газопровод: Якутск – Усть-Вилуй – Братск. Сравнительная характеристика топлив для которых было определено высшая теплопроводность топлива для газопровода: Оренбург–Александров–Гай $Q_v^P = 44201,14$ кДж/ m^3 , коэффициент избытка воздуха $\alpha = 2,388$, энтальпия газов на входе в сушилку $H_k = 1250,83$ кДж/кг, часовой расход топлива $V_T = 1917,64$ кг/час. Для Братского месторождения: $Q_v^P = 38673,8$ кДж/ m^3 , коэффициент избытка воздуха $\alpha = 2,183$, энтальпия газов на входе в сушилку $H_k = 1288,15$ кДж/кг, часовой расход топлива $V_T = 2243,21$ кг/час. Для газопровода: Якутск – Усть-Вилуй – Братск: $Q_v^P = 40510,45$ кДж/ m^3 , коэффициент избытка воздуха $\alpha = 2,376$, энтальпия газов на входе в сушилку $H_k = 1266,88$ кДж/кг, часовой расход топлива $V_T = 2127,98$ кг/час.

Литература

1. Федяева В.Н., Федяев А.А., Данилов О.Л. Промышленные теплообменные процессы и установки. Расчет барабанной сушильной установки для сушки сыпучих материалов. Учебно-методическое пособие. - Братск: БрГТУ, 2001. - 72 с.;

2. Пак Г.В. Котельные установки промышленных предприятий. Тепловой расчет промышленных котельных агрегатов: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – Братск: БрГТУ, 2002, - 135 с.

3. Расчет и проектирование барабанной сушильной установки: Методические указания для выполнения курсового проектирования. Сост. А.П. Бельский, В.Ю. Лакомкин. – СПб., 1994. – 33с

4. Васильев В. Н. Технология сушки. Основы тепло- и массопереноса: учебник для вузов. – СПб.: ГИОРД, 2013. – 224 с.: ил.

УДК 66.047

Расчёт установки для термообработки пористых материалов

А.В. Дербенёв

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: термическая обработка, барабанная сушильная установка, сушка, технологический песок, насадки.

В ходе научно-исследовательской работы был произведён расчёт барабанной сушильной установки, обеспечивающий термообработку пористых материалов.

Термическая обработка – это выдерживание материала при повышенной (нагрев) или при пониженной (охлаждение) температуре, либо соблюдение определённого температурного режима в течение определённого времени для придания ему необходимых свойств. Термической обработке подвергаются следующие пористые материалы: керамзит, известняк, доломит, мел, технологический песок. Технологический песок используется для производства растворов, силикатного и керамического кирпича, газосиликатных изделий, пенобетона, сухих смесей, а также для дорожного строительства, подготовки строительных площадок и благоустройства территорий. Для термической обработки служат специальные устройства – сушильные установки.

Объектом исследования и разработки являлся барабанная сушильная установка. Предмет разработки – термообработка пористого материала (технологического песка).

Сушка представляет собой процесс удаления жидкости из твёрдых материалов путём её испарения. Сушка, в отличие от механических методов отделения жидкости от твёрдого тела, которые часто ей предшествуют, направлена также на улучшение качества материала (снижение его объёмной массы, повышение прочности) и, в связи с этим, на увеличение возможностей его использования. На практике наиболее часто применяется сушка влажных материалов нагретым воздухом или горячими дымовыми газами.

Сушка – один из самых энергоёмких процессов, поэтому в области техники сушки экономия энергетических ресурсов является актуальной проблемой. Создание высокоэффективных и экономичных сушильных аппаратов, и установок позволяет значительно снизить энергоёмкость сушки. Наиболее широко распространены в химической технологии конвективный и контактный методы сушки. При конвективной сушке тепло передается от теплоносителя к поверхности высушиваемого материала. Основным способом теплопередачи в этом случае является конвекция. В качестве теплоносителей используют воздух, инертные и дымовые газы. Образовавшиеся при испарении жидкости пары смешиваются с потоком газа и удаляются из системы. Основной способ теплопередачи – теплопроводность. Испарённая влага уносится потоком газа.

Барабанная сушилка рисунок 1 представляет собой установленный наклонно вращающийся барабан, на котором надеты два бандажа и зубчатый венец привода. Бандажи барабан опирается на четыре ролика, установленные на рамах. Два опорных ролика

ограничивают осевое смещение корпуса барабана, на обоих концах барабана имеются камеры; в одной предусмотрен ввод газов и загрузка влажного материала, в другой – вывод сухого продукта и отработавшего сушильного агента. За счёт установки барабана под небольшим наклоном (до 6°), в данном случае установка расположена под углом 3° , материал постепенно передвигается к разгрузочной камере.

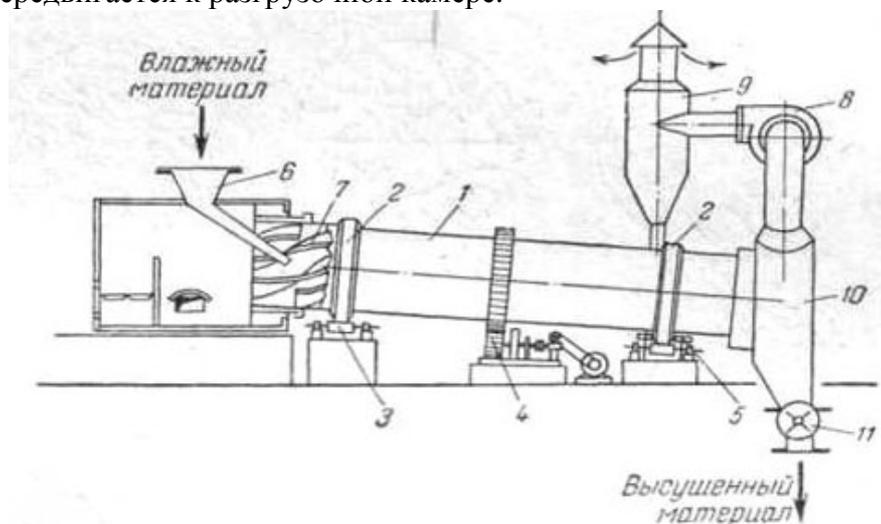


Рис. 1. Барабанная сушилка:

1 – барабан; 2 – бандаж; 3 – опорные ролики; 4 – зубчатая передача; 5 – опорно-упорные ролики; 6 – питатель; 7 – лопасти; 8 – вентилятор; 9 – циклон; 10 – разгрузочная камера; 11 – разгрузочное устройство.

Внутри барабана, в зависимости от свойств высушиваемого материала, устанавливают различные насадки (рисунок 2). При вращении барабана лопасти насадки подхватывают материал, поднимают его и сбрасывают, при этом поверхность его соприкосновения с газами увеличивается. Падая, материал омывается сушильным агентом и высушивается. Из загрузочной камеры материал поступает на приёмно-винтовую насадку, приваренную к корпусу барабана под углом (рисунок 2, а). Приёмно-винтовой насадкой материал подается на основную насадку. Для крупнокусковых материалов, склонных к налипанию, на внутренние стенки барабана, устанавливается подъёмно-лопастная насадка (рисунок 2, б, в, г, з). Для материалов с хорошей сыпучестью устанавливается лопастная насадка (рисунок 2, д, е). Для материалов с очень мелкими частицами, дающими большое пыление, применяются перевалочная система с закрытыми ячейками (рисунок 2, ж). В зависимости от внутреннего устройства барабана заполнение его материалом может достигать до 20-28%.

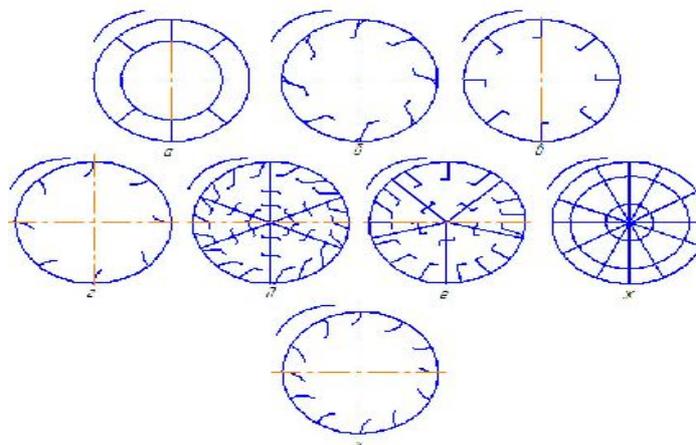


Рис. 2. Схемы различных типов внутренних устройств барабана

Недостаток горизонтальных барабанных сушил – их большая длина. Их можно делать двух- и трёхбарабанными, вставляя один барабан в другой и пропуская сушимый продукт последовательно через эти барабаны.

Для расчётов выбираем конструкцию барабанной сушильной установки. На рисунке 3 показан общий вид установки сушильного барабана со всем вспомогательным оборудованием. Со стороны выхода отработавшей смеси воздуха и газов располагают пылеотделительное и вытяжное устройства. Дымосос обычно располагают за циклоном, так как при этом его ротор менее подвергается износу частицами высушенного продукта. При малых сопротивлениях системы вместо дымососа устанавливают вытяжную трубу. У конца барабана расположено устройство для удаления высушенного материала – шнек или затвор-мигалка. Барабанные сушильные установки в России изготавливаются стандартных размеров согласно ГОСТу.

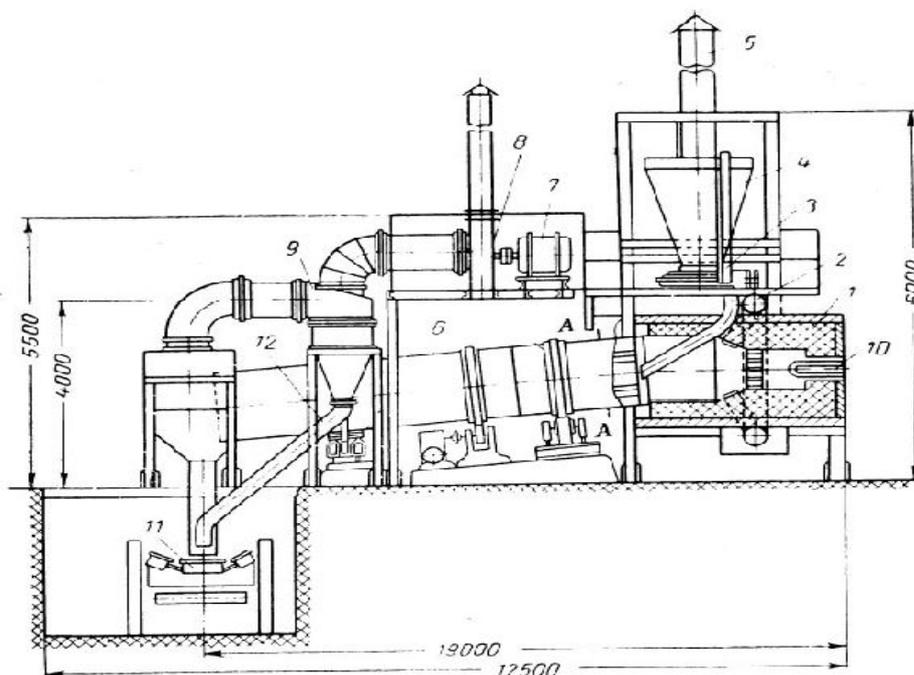


Рис. 3. Компоненка барабанной сушилки:

1 – топка; 2 – коллектор для вторичного воздуха; 3 – питатель; 4 – бункер влажного материала; 5 – растопочная труба; 6 – барабанная сушилка; 7 – электродвигатель; 8 – вентилятор; 9 – циклон; 10 – горелки; 11 – ленточный транспортёр; 12 – течка для отделённой пыли.

Влажный материал из бункера 4 с помощью питателя 3 подаётся во вращающийся сушильный барабан 6. Параллельно материалу в сушку подаётся сушильный агент, образующийся от сгорания топлива в топке 1 и смешения топочных газов с воздухом в смесительной камере 5. Воздух в топку и смесительную камеру подаётся вентиляторами 8. Высушенный материал с противоположенного конца сушильного барабана поступает в промежуточный бункер, а из него на транспортирующее устройство 11. Отработанный сушильный агент перед выбросом в атмосферу очищается от пыли в циклоне 9. Транспортировка сушильного агента через сушильную установку осуществляется с помощью вентилятора 8. При этом установка находится под небольшим разрежением, что исключает утечку сушильного агента через неплотности установки. Барабан приводится во вращение электродвигателем через зубчатую передачу 7.

Для того что бы рассчитать теоретическое количество сухого воздуха, необходимо для сжигания 1 м³ газообразного топлива, необходимо знать состав рабочего топлива. Состав газообразного топлива (газопровод: Оренбург-Александров-Гай): CH₄ = 89,4 %, C₂H₆ = 5,5 %, C₃H₈ = 2,8 %, C₄H₁₀ = 0,86 %, C₅H₁₂ = 0,74 %, N₂ = 0,4 %, CO₂ = 0,3 %, H₂S = 0 %, O₂ = 0 %.

Данная работа может использоваться как проект барабанной сушильной установки, обеспечивающий термообработку пористых материалов. Был выполнен технологический расчет сушильной установки, в котором определены параметры топочных газов, подаваемых в сушилку, расход сушильного агента, а также основные размеры сушильного барабана. Проведены механические расчеты узлов и деталей установки. Подобрано вспомогательное оборудование: НИИОГАЗ серии ЦН – 15, вентилятор ВРН №16. Все основные данные расчетов представлены и определены высшая теплопроводность топлива $Q_{в}^P = 44201,14$ кДж/м³, коэффициент избытка воздуха $\alpha = 2,388$, энтальпия газов на входе в сушилку $H_k = 1250,83$ кДж/кг, часовой расход топлива $V_t = 1917,64$ кг/час. Конструктивный расчет, в нем был определен объем сушильного пространства $V_{бар} = 126,25$ м³, выбрано 2 барабана объемом 74 м³ с основными размерами: внутренний диаметр барабана 2,8 м, длина 12 м, толщина стенки 14 мм, вес барабана без топки 6,5 тонн, время сушки 0,123 ч. Аэродинамический расчет, в нем было определено полное сопротивление установки $\Delta P_{п} = 144,39$ мм. вод. ст., выбрано 2 вентилятора с напором $H_p = 170,04$ мм. вод. ст., мощность электродвигателя для вентилятора составила 112,46 кВт. Расчет тепловой изоляции, в нем была определена толщина теплового изоляционного слоя $\delta_{из} = 20$ мм. Механический расчет, в нем был определен прогиб под действием равномерно распределенной нагрузки $f = 0,00042$ м. Расчет вспомогательного оборудования, в нем был определен диаметр циклона $D = 500$ мм, и выбрано 2 циклона на барабан.

Литература

1. Федяева В.Н., Федяев А.А., Данилов О.Л. Промышленные теплообменные процессы и установки. Расчет барабанной сушильной установки для сушки сыпучих материалов. Учебно-методическое пособие. - Братск: БрГТУ, 2001. - 72 с.;
2. Пак Г.В. Котельные установки промышленных предприятий. Тепловой расчет промышленных котельных агрегатов: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – Братск: БрГТУ, 2002, - 135 с.
3. Перегудов В. В., Роговой М. И. Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий и деталей: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1983. – 416 с., ил.
4. Лебедев П. Д., Шукин А. А. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий. - М.: Энергия, 1970. - 407 с.

УДК 628

Тепловые электростанции и их виды

А.С. Евтихов

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: паротурбинные электростанции, поверхности нагрева, питательная вода, промежуточный перегрев.

Основным типом ТЭС на органическом топливе являются паротурбинные электростанции, которые делятся на конденсационные (КЭС), вырабатывающие только электрическую энергию, и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), предназначенные для выработки тепловой и электрической энергии.

Централизованное снабжение теплотой крупных городов, поселков и промышленных объектов в виде горячей воды и пара низкого давления значительно повышает эффективность использования энергии сжигаемого топлива и улучшает состояние воздушного бассейна в зоне городов.

Паротурбинные электростанции выгодно отличаются возможностью сосредоточения огромной мощности в одно агрегате, относительно высокой экономичностью и наименьшими капитальными затратами на их сооружение.

Основными тепловыми агрегатами паротурбинной ТЭС является паровой котел и паровая турбина (рис 1).

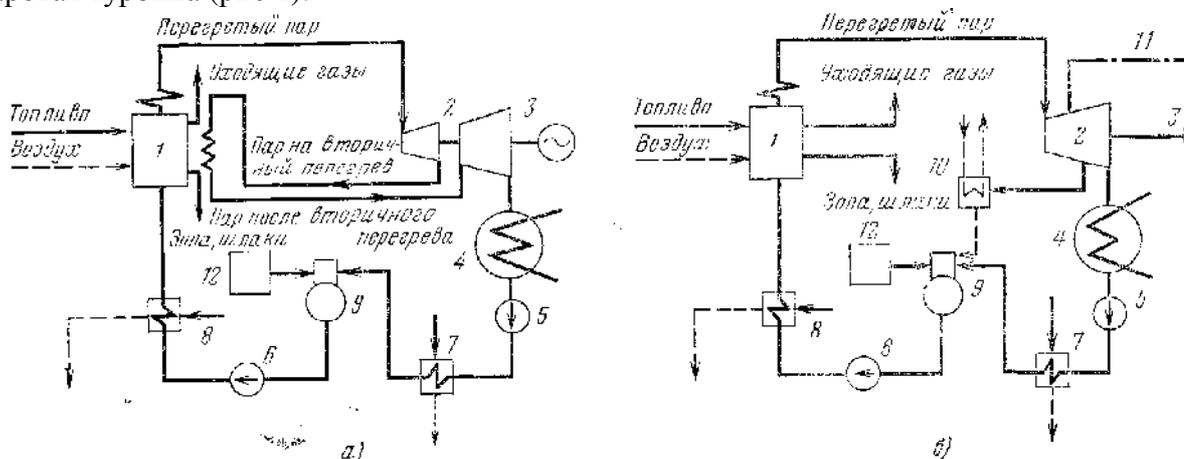


Рис. 1. Простейшая тепловая схема КЭС (а) и ТЭС (б):

1 – паровой котел; 2 – паровая турбина; 3 – электрический генератор; 4 – конденсатор; 5 – конденсатный насос; 6 – питательный насос; 7 – ПНД; 8 – ПВД; 9 – диаэратор; 10 – подогреватель сетевой воды; 11 – промышленный отбор пара, 12 – водоподготовительная установка

Паровой котел представляет собой систему поверхностей нагрева для производства пара из непрерывно поступающей в него воды путем использования теплоты, выделяющейся при сжигании топлива. Поступающую в паровой котел воду называют питательной водой. Питательная вода в котле подогревается до температуры насыщения, испаряется, а полученный насыщенный пар затем перегревается.

Полученный в паровом котле перегретый пар высокого давления поступает в турбину, где его теплота превращается в механическую энергию вращающегося вала турбины. С последним связан электрический генератор, в котором механическая энергия превращается в электрическую.

На современных КЭС и ТЭС с агрегатами единичной электрической мощности 100 МВт и выше применяют промежуточный перегрев пара, при котором частично отработавший пар с промежуточных ступеней турбины возвращают в паровой котел, а от туда – обратно в турбину. Обычно применяют одноступенчатый промежуточный перегрев пара рис 1(а). В установках очень большой мощности применяют двойной промежуточный перегрев. Промежуточный перегрев пара увеличивает КПД турбинной установки и соответственно снижает удельный расход пара на выработку электроэнергии. Промежуточный перегрев пара снижает также влажность пара в ступенях низкого давления турбины и уменьшает эрозийный износ лопаток.

Отработавший пар из турбины направляют в конденсатор – устройство в котором пар охлаждается водой из какого либо природного(река, озеро, море) или искусственного (водохранилища) источника. При отсутствии вблизи станции большого водного бассейна используют замкнутую циркуляцию воды с охлаждением ее после конденсатора атмосферным воздухом в башнях – градирнях. При охлаждении отработавшего пара он конденсируется полученный конденсат перекачивают в конденсатный насос через подогреватели низкого давления (ПНД) в диаэратор. Здесь конденсат доводится до кипения при давлении диаэратора, освобождаясь при этом от газов(главным образом от кислорода и углекислоты), вызывающих коррозию оборудования. Сюда поступает отчищенная добавочная вода, компенсирующая потерю пара и конденсата в цикле. Из диаэратора вода питательным насосом через подогреватели высокого давления (ПВД) подается в паровой ко-

тел под давлением, превышающим давление в котле. Подогрев конденсата в ПНД и питательной воды в ПВД производится конденсирующимся паром, отбираемым из турбины – так называемый регенеративный подогрев. Регенеративный подогрев воды превышает КПД паротурбинной установки.

Таким образом, на КЭС рис 1(а) паровой котел в основном питается конденсатом производимого им пара. На ТЭЦ часть пара кроме того, отводится на технологические нужды промышленных предприятий или используется для бытовых потребителей рис 1(б). На КЭС потери пара и конденсата составляют небольшую долю общего расхода пара около 0,5 – 1,0 %, и поэтому для их восполнения требуется небольшая добавка предварительно обрабатываемой в водоподготовительной установке (ВПУ) воды. На ТЭЦ потери могут быть значительно выше и добавка воды может достигать 30-50%.

В число устройств и механизмов обеспечивающих работу парового котла входят топливоприготовительные устройства, питательные насосы, дутьевые вентиляторы, подающие воздух для горения, дымососы, служащие для удаления продуктов сгорания через дымовую трубу в атмосферу и другое вспомогательное оборудование. Паровой котел и весь комплекс перечисленного оборудования составляют котельную установку. Следовательно понятия «котельная установка» шире понятия «паровой котел». Современная мощная котельная установка представляет собой сложное техническое сооружение для производства пара в котором все рабочие процессы полностью механизированы и автоматизированы; для повышения надежности работы ее оснащают автоматической защитой от аварий.

Тенденция развития паровых котлов – это увеличение единичной мощности, повышение начального давления и его температуры, применение промежуточного перегрева пара, полной механизации и автоматизации управления, изготовление и поставка оборудования крупными блоками для облегчения и ускорения монтажа.

С применением пара сверх критического давления и перегрева пара, развитием регенеративного подогрева тепловая экономичность ТЭС приблизилась к своему термодинамическому пределу (КПД около 42%). Дальнейшее повышение начальных параметров пара уже мало повышает тепловую экономичность паротурбинных блоков, но сильно увеличивает их стоимость из-за применения более высоколегированных и дорогостоящих сталей. Осложняется при этом и сохранение уже достигнутых показателей надежности.

Разработаны и проходят пробную эксплуатацию комбинированные системы, сочетающие паротурбинную установку (ПТУ) с высокотемпературной газотурбинной установкой (ГТУ). Это так называемые парогазовые установки ПГУ, позволяющие повысить КПД такого комбинированного цикла еще на 3-4%.

Еще одним типом комбинированных систем с участием парового цикла является магнетогидродинамические установки (МГДУ). Отличительная их особенность это безмашинное преобразование части тепловой энергии в электрическую. Доведенные до температуры более 2500 °С продукты сгорания ионизируются и поступают в канал с сильным магнитным полем, в результате при движении ионизированных газов со скоростью около 700м/с во внешней цепи возникает сильный электрический ток. Затем высокотемпературные газы поступают в котел – утилизатор, где вырабатывается перегретый пар, идущий на турбину коэффициент полезного действия такой установки может достигать 50-60%.

Литература

1. Теплотехнический справочник / Под ред. В.Н. Юренева и П.Д. Лебедева. – М.: Энергия, 1976 – Т.2
2. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) / Под ред. Н.В. Кузнецова и др. – М.: Энергия, 1973.

3. Липов Ю.М., Самойлов Ю.Ф., Виленский Т.В. Компоновка и тепловой расчет парового котла. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
4. Сидельсковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промпредприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
5. Родатис К.Ф., Полторацкий А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности. – М.: Энергоатомиздат, 1989.

УДК 628

Перевод котлоагрегата БКЗ-320-140-ПТ на непроектное топливо

А.С.Евтихов

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: естественная циркуляция, топочная камера, водяной экономайзер, пароперегреватель.

Котлоагрегат БКЗ-320-140-пт, - Барнаульского котельного завода «Сибэнерго-маш» (типоразмер по ГОСТ 3619-82 Е-320-13,8-560 БЖ).

Котлоагрегат БКЗ-320-140 – с естественной циркуляцией и жидким шлакоудалением предназначен для выработки перегретого пара давлением 13,8 Мпа, температурой 560 °С, производительность по пару 320 т/ч. Компоновка котла БКЗ-320-140 выполнена по П-образной схеме. Топочная камера котла БКЗ-320-140 полуоткрытого типа и рассчитана на сжигание бурых углей Канско-Ачинского бассейна Ирша-Бородинского и Ирбейского месторождения, с жидким шлакоудалением.

Камера горения выполнена в виде двух сообщающихся восьмигранных предтопок, каждый из которых оборудован четырьмя угловыми прямоточными горелками, расположенными по углам восьмигранных предтопок. Под оборудован двумя летками для удаления расплавленного шлака.

Пароперегреватель радиационно-конвективного типа. Радиационная часть выполнена в виде ширмовых поверхностей, расположенных в топке, и труб потлочного пароперегревателя. Конвективные поверхности расположены в верхнем горизонтальном газоходе котла.

Регулирование температуры перегретого пара осуществляется путем впрыска «собственного» конденсата в пароохладители 1 и 2 ступени, полученного в змеевиковых конденсаторах. Охлаждение пара в конденсаторах производится питательной водой, прошедшей первую (по ходу воды) ступень водяного экономайзера. Через конденсатор приходит вся питательная вода.

Пароохладители 1 ступени расположены в рассечку топочных ширм, пароохладители 2 ступени – между 3 и 4 ступенями пароперегревателя.

Конвективная шахта котла представляет собой опускной газоход с размещенными в ней водяными экономайзером и воздухоподгревателем

Первая ступень ВЗП выполнена трехходовой (по воздуху), нижний куб спроектирован съёмным с целью замены его в случае наличия коррозии.

Таблица 1

Характеристика топлив

Наименование показателя	Условное обозначение	Единица измерения	Ирша-Бородинский	Ирбейский уголь
Рабочая влажность	W ^p	%	33,0	35,0
Рабочая зольность	A ^p	%	6,0	7,9

Содержание серы	$S_{к+о}^P$	%	0,2	0,3
Содержание углерода	C^P	%	43,7	40,7
Содержание водорода	H^P	%	3,0	2,9
Содержание азота	N^P	%	0,5	0,8
Содержание кислорода	O^P	%	13,5	11,9
Низшая теплота сгорания	Q_P^H	ккал/кг (МДж/кг)	3740 (15,67)	4056 (16,99)
Выход летучих рабочую массу	V_p	%	48	45,8

Таблица 2

Сводная таблица расчета котла на непроектном Ирбейском угле

Наименование величины	Размерность	Наименование газоходов								
		T	II ст ПП	III ст ПП	IV ст ПП	I ст ПП	II ст ВЭ	II ст ВП	I ст ВЭ	I ст ВП
Температура газов на входе	°C	1788	1206	1089	1089	924	836	376	355	276
Температура газов на выходе	°C	1206	1099	911	937	843	376	355	276	172
Энтальпия газов на входе	ккал/кг	4472	2840	2561	2561	2132	1927	838	799	624
Энтальпия газов на выходе	ккал/кг	2840	2585	2098	2166	1944	838	799	624	354
Температура рабочих сред (пара, воды, воздуха) на входе	°C	-	412	447	494	372	279	306	230	50
Температура рабочих сред (пара, воды, воздуха) на выходе	°C	-	447	512	560	388	376	399	261	306
Температурный напор	°C	-	723	511	470	502	233	66,1	62,5	57,5
Скорость газов	м/сек	-	2,59	7,57	7,57	11,3	6,52	10,5	6,63	8,67
Скорость пара, воды и воздуха	м/сек	-	12,07	17,7	17,3	9,7	-	6,06	0,6	4,1
Тепловосприятие Q_{δ}	ккал/кг	-	318	229	213	352	1053	109	175	274

Таблица 3

Сводная таблица котла на проектном Ирша-Бородинском угле

Наименование величины	Размерность	Наименование газоходов								
		T	II ст ПП	III ст ПП	IV ст ПП	I ст ПП	II ст ВЭ	II ст ВП	I ст ВЭ	I ст ВП
Температура газов на входе	°C	1660	1135	1028	1028	832	570	419	357	283
Температура газов на выходе	°C	1135	1038	828	836	576	419	357	283	154
Энтальпия газов на входе	ккал/кг	4286	2805	2515	2515	2007	1596	978	840	665

Энтальпия газов на выходе	ккал/кг	2805	2543	1997	2016	1613	978	840	665	363
Температура рабочих сред (пара, воды, воздуха) на входе	°С	-	405	440	494	348	279	246	230	50
Температура рабочих сред (пара, воды, воздуха) на выходе	°С	-	440	505	560	397	344	341	257	246
Температурный напор	°С	-	422	443	408	381	217	87,5	74	60
Скорость газов	м/сек	-	4,5	8,5	8,5	12,7	7,7	14	8,7	10,9
Скорость пара, воды и воздуха	м/сек	-	16,3	17,7	17,4	9,7	-	7	0,6	4,8
Тепловосприятие Q_{δ}	ккал/кг	-	225	252	235	386	618	149	175	307

Литература

1. Бойко Е.А. и др. Котельные установки и парогенераторы (тепловой расчет парового котла): Учебное пособие / Е.А. Бойко, И.С. Деринг, Т.И. Охорзина. Красноярск: ИЦП КГТУ, 2005 – 96 с.,
2. Карягин С.К. Котельные установки и парогенераторы. Тепловой расчет котлов: Учебное пособие/ С.К. Карягин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. -156 с.,
3. Липов Ю.М., Самойлов Ю.Ф., Виленский Т.В. Компонировка и тепловой расчет парового котла. – М.: Энергоатомиздат, 1991
4. Пак Г.В. Тепловой расчет промышленных котельных агрегатов Братск
5. Производственная инструкция по эксплуатации котлоагрегата БКЗ-320-140ПТ. – Братск: филиал ОАО «Иркутскэнерго» ТЭЦ-6, 2010

УДК 628.336.41

Реконструкция систем пылеприготовления ПАО «ИркутскЭнерго» ТЭЦ - 6

Е.В. Красногоров, Д.Д. Панов

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: системы пылеприготовления, СПП, прямое вдувание, кордревесные отходы, КДО, уголь, щепа, сушильный агент, дымовые газы, инертные газы, аэрозоль, мельница, мельничный вентилятор, разряжение трактов, экологические проблемы, утилизация, дымосос рециркуляции газов.

В Иркутской области, по данным министерства промышленной политики и лесного комплекса в 2016 г. заготовлено 325,7 млн. м³ и произведено около 245,9 млн. м³ пиломатериалов. Опираясь на статистику, указанную выше, нетрудно подсчитать, что неиспользуемая древесина, оставшаяся в качестве отходов, составила около 79,8 млн. м³, что эквивалентно 44,3 – 28,5 т. у. т. (в зависимости от влажности). Данный объем отходов деревопереработки более чем в четыре раза превышает объем топлива, ежегодно

сжигаемого для получения тепловой и электрической энергии на предприятиях энергетики Иркутской области.

Целью данной научной статьи является описание и анализ возможности перевода имеющихся систем пылеприготовления котлоагрегатов БКЗ–320–140 ПТ филиала «ОАО Иркутскэнерго» ТЭЦ–6 города Братска, на прямое вдувание и сжигание кородреvesных отходов (КДО) с целью эффективного вовлечения в топливный баланс ТЭЦ потока КДО с сопутствующим разрешением имеющихся экологических проблем региона, а так же экономией затрат средств на закупку угля.

На предприятии ОАО «Иркутскэнерго» филиала ТЭЦ – 6 установлено 10 котлоагрегатов БКЗ–320–140 ПТ. Каждый котлоагрегат оснащен четырьмя пылесистемами. «полуразомкнутого» типа с промбункером пыли, которые служат для приготовления угольной пыли из исходного топлива, сушки и транспортировки ее до бункера пыли. Транспортировка топлива по пылепроводам в топку котла производится системой ПВКр (пыль высокой концентрации под разряжением) эжекция создается путем подачи пара в топку.

Система пылеприготовления состоит из бункера сырого угля (объемом 520 тонн), питателя сырого угля, молотковой мельницы, пылевого циклона, мельничного вентилятора, пылевоздушных трактов, соединяющих элементы пылесистемы, бункера пыли, пылепитателей с пылепроводами, к эжекторам основных горелок.

Из бункера сырого угля топливо питателем сырого угля подается во входную горловину мельницы (сушильную шахту), где смешивается с сушильным агентом, подсушивается и далее поступает непосредственно в мельницу. Размолотое до пылевидного состояния топливо, сушильным агентом выносится из мельницы во встроенный сепаратор пыли, где крупные частицы пыли отделяются и по течке возврата поступают обратно в мельницу на домол.

После сепаратора смесь сушильно-транспортирующего агента и угольной пыли (аэросмесь) по пылетракту – «Мельница – Циклон» поступает в пылевой циклон. В пылевом циклоне угольная пыль отделяется от сушильно-транспортирующего агента и по течке циклона осыпается в бункер пыли.

Отработанный сушильно-транспортирующий агент из циклона отводится по тракту «Циклон – Мельничный вентилятор» на всас мельничного вентилятора. От мельничного вентилятора отработанный сушильный агент, по двум сбросным пылепроводам поступает к сбросным горелкам котлоагрегата.

Отбор сушильного агента производится из верхней части топочной камеры котла. Газозаборные устройства (по одному на каждую СПП котла) установлены на отметке 21,0 м. с фронта топочной камеры.

Отбирающиеся на сушку и транспортировку топлива дымовые газы имеют температуру в пределах $900 \div 1100^{\circ}\text{C}$. Для снижения температуры сушильного агента, по условиям работы газозаборных шахт в устье газозабора предусмотрен организованный подвод «холодных» дымовых газов от дымососа рециркуляции газов (ДРГ) с температурой $130 \div 190^{\circ}\text{C}$.

Данная схема пылеприготовления не предназначена для сжигания КДО. Так как щепа и древесные отходы обладают высокой влажностью (более 40 % в зависимости от климатических условий), при повышении влажности пыли ухудшаются условия её транспортировки по тракту пылеприготовления, происходит налипание и застревание её в бункерах и пылепитателях, что снижает надежность работы пылесистемы и котла в целом.

Кроме того к негативным факторам данной системы пылеприготовления можно отнести высокую металлоемкость, и забалластированность топки паром подающегося на создание эжекции системой ПВКр

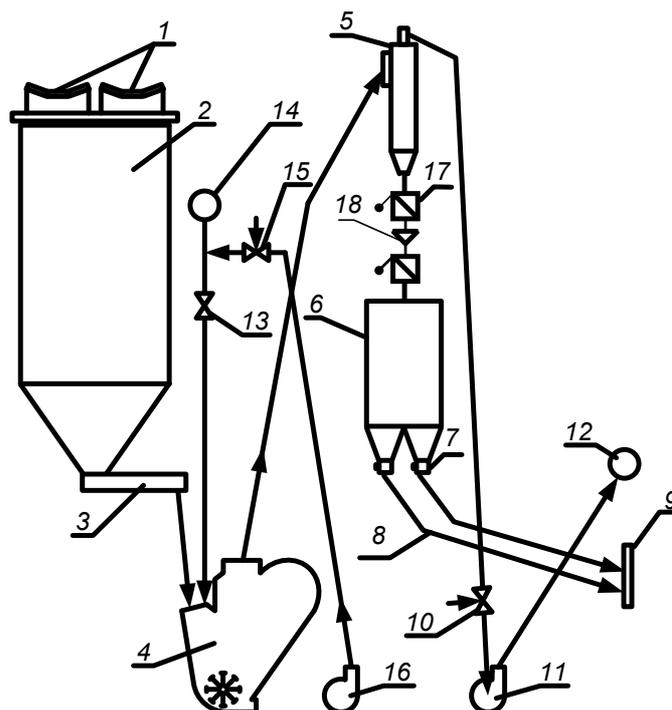


Рис. 1. Схема системы пылеприготовления:

- 1 - ленточные конвейеры; 2 - бункер сырого угля; 3 - питатель сырого угля; 4 – мельница;
 5 – циклон; 6 - бункер пыли; 7 – пылепитатели; 8 - пылепроводы ПВКр;
 9 - основная горелка котла; 10 - регулятор разряжения; 11 - мельничный вентилятор;
 12 - сбросная горелка; 13 - шибер газозабора; 14 – газозабор; 15 - регулятор температуры
 аэросмеси; 16 - дымосос рециркуляции газов; 17 – клапан мигалка; 18 – щепуловитель.

Перевод на прямое вдувание возможен путем реконструкции имеющихся пылесистем. Она заключается в установке восьми пылеконцентраторов центробежного типа и соответственно пылеконцентраторов – разделителей тройникового типа. Тракты «Мельница – Циклон» и «Циклон – Мельничный вентилятор» подлежат демонтажу. В качестве размольного оборудования остаются те же молотковые мельницы, что и при схеме с промбункером. Разряжение по тракту системы пылеприготовления создаётся имеющимся мельничным вентилятором типа ВМ – 17 основные технические характеристики которого представлены в таблице 4. На месте пылевых бункеров монтируются два бункера сырого угля. В процессе реконструкции предполагается, что котел БКЗ–320–140 ПТ будет оборудован четырьмя технологическими нитками (рисунок 1). Каждая из которых состоит из бункера сырого угля, питателя сырого угля шнекового типа, газозаборной шахты внутренним диаметром 1100 мм, молотковой мельницы ММТ – 1500/2510/740, мельничного вентилятора типа ВМ – 17, двух пылеконцентраторов центробежного типа с диаметром корпуса 1010 мм которые обеспечивают достаточно глубокое отделение пыли (90 – 92%) от сушильного агента, однако при этом в отличие от циклона часть сушильного агента (25 – 30%) поступает в основные горелки котла. И двух пылеконцентраторов – разделителей тройникового типа. Общая схема пылесистемы прямого вдувания с пылеконцентраторами и газовой сушкой топлива котлоагрегата БКЗ – 320 – 140 ПТ представлена на рисунке 2.

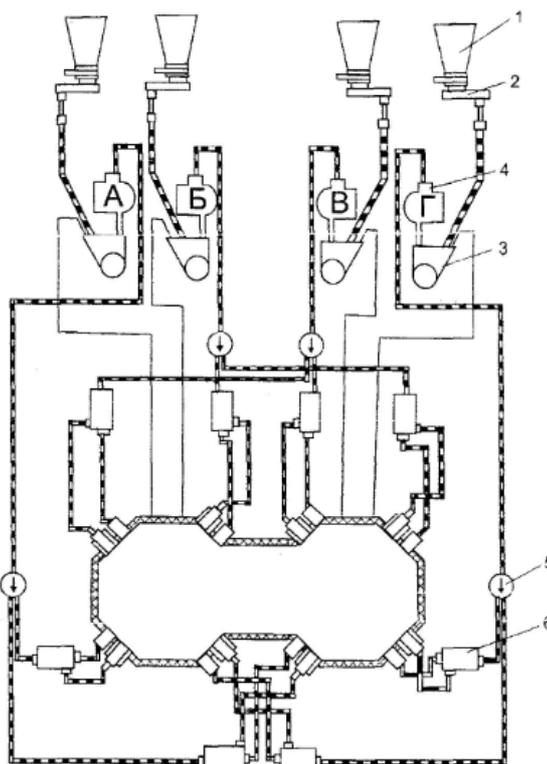


Рис. 2. Схема пылегазопроводов котла БКЗ-320-140 ПТ:
1-Бункер сырого угля; 2-питатель сырого угля; 3-мельница; 4-сепаратор пыли; 5-мельничный вентилятор типа ВВСМ; 6-пылеконцентратор.

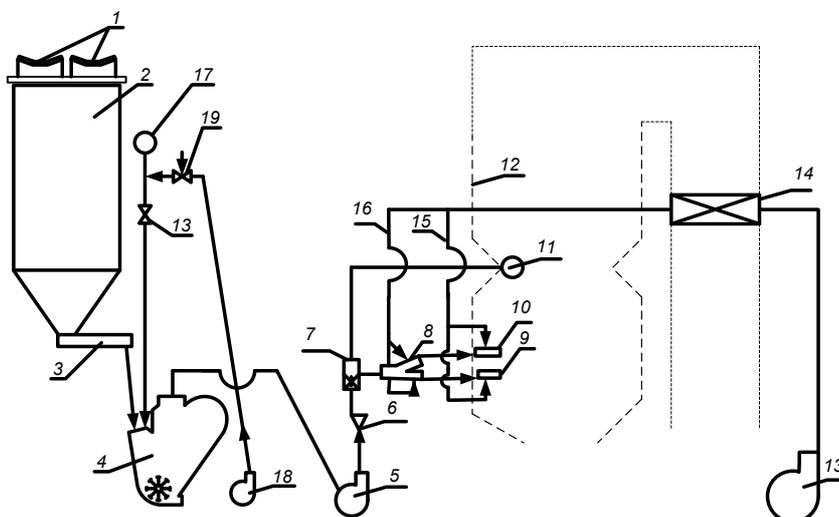


Рис. 3. Общая схема пылесистемы прямого вдувания с пылеконцентраторами и газовой сушкой топлива котлоагрегата БКЗ-320-140 ПТ:

1 - ленточные конвейеры; 2 - бункер сырого угля; 3 - питатель сырого угля; 4 - мельница; 5 - мельничный вентилятор типа ВМ-17; 6 - пыледелитель; 7 - пылеконцентратор центробежного типа; 8 - пылеконцентратор разделитель; 9, 10 - основная горелка нижнего и верхнего яруса; 11 - сбросная горелка; 12 - топка котла; 13 - дутьевой вентилятор; 14 - воздухоподогреватель (ВЗП II ст.); 15 - трубопровод вторичного воздуха; 16 - трубопровод первичного воздуха; 17 - газозаборная шахта; 18 - дымосос рециркуляции газов (ДРГ); 19 - регулятор температуры аэросмеси (РТА).

К недостаткам системы пылеприготовления прямого вдувания можно отнести тот фактор, что до реконструкции мельничный вентилятор по условиям эксплуатации создавал разрежения, по трактам систем пылеприготовления пропуская через рабочее колесо

сушильный агент (дымовые газы) с запыленностью потока не более 10% угля. После реконструкции на всас Мельничного вентилятора приходится 100% смеси угля и КДО, что приводит к износу лопаток рабочего колеса. Данный недостаток решается путем наплавки легированных сталей на лопатки рабочего колеса мельничного вентилятора.

Дальнейшее использование отходов деревопереработки в энергетических целях позволяет сократить отвалы, негативно воздействующие на биосферу. Другим положительным фактором является то, что сжигание древесины наносит значительно меньший вред окружающей среде, так как выбросы газов и шлаков в разы меньше, чем при сжигании традиционных видов топлив.

Литература

1 Системы теплоснабжения промышленных предприятий: Учеб.-метод. пособие для курсового проектирования. – 2-е изд., перераб. и доп./Г.В. Пак, А.А. Проненков, С.В. Латушкина. – Братск: Изд-во БрГУ, 2013 г. – 84 с.

2 Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов.- 7-е изд., стереот./Соколов Е.Я. – М.: Издательство МЭИ, 2001. -472 с.: ил.

3 Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / Под общ. Ред. В.А. Григорьева и В.А. Зорина. – М.: Энергоавтомиздат, 1991

УДК: 621.5

Разработка системы воздухоснабжения для предприятия в поселке Магистральный

В.К. Елсуков, А.А. Москалёва

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: система воздухоснабжения, давление компрессорной станции, потери давления на трение, скорость движения воздуха, расход сжатого воздуха.

В ходе научно-исследовательской работы была спроектирована система воздухоснабжения для предприятия в п. Магистральном с целью производства сжатого воздуха.

Сжатый воздух как энергоноситель получил широкое применение во всех отраслях народного хозяйства, а также на промышленных предприятиях. Применение сжатого воздуха позволяет механизировать ряд трудоемких технологических процессов в различных отраслях промышленности.

В системы воздухоснабжения входят компрессорные и воздуходувные станции, коммуникации сжатого воздуха (трубопроводный и баллонный транспорт) и распределительные устройства потребителя. На компрессорных станциях устанавливаются устройства для забора и очистки воздуха от механических примесей, компрессоры для получения сжатого воздуха и вспомогательное оборудование для охлаждения, дополнительной осушки и очистки, выравнивания давления и аккумуляирования энергоносителя.

Система воздухоснабжения является одним из самых энергоемких потребителей, а сжатый воздух - самый распространенный энергоноситель практически на любом промышленном предприятии. У потребителя сжатый воздух расходуется в основном на технологические нужды (интенсификация процессов горения, получение кислорода, выплавка чугуна и стали и т.д.) и на силовые процессы (привод многочисленных пневмоустройств и механизмов).

Определение гидравлических сопротивлений и потерь давления (напора) при транспортировке газообразного энергоносителя. Расчет сети воздухопроводов и каналов производится в следующем порядке.

Составляем подробно в изометрии предполагаемую схему (рис. 1) газопроводной сети, для какого-либо участка для предприятия нанесем длины участков, необходимую запорную арматуру и количество протекающего энергоносителя.

Выбираем расчетную магистраль воздухопровода, имеющую наибольшее протяжение от источника генерации и трансформации энергоносителя до наиболее удаленного потребителя и, как правило, характеризуемую наибольшими гидравлическими потерями.

По принятой скорости потока и по расходу энергоносителя на каждом участке определяем диаметр газопровода. Найденный расчетный диаметр округляем до ближайшего большего стандартного диаметра.

Определяем эквивалентные и приведенные длины участков. Находим гидравлические потери энергии по участкам и в целом по всей магистрали [1].

Определение диаметров воздухопроводов круглого сечения под давлением, м:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_n \cdot \rho_n}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{сж}}}, \quad (1)$$

где Q_n – расход воздуха при нормальном давлении, м³/с;

ρ_n – плотность воздуха при нормальном давлении, кг/м³;

ρ_n при начальной температуре t_n равна 1,205 кг/м³;

$\rho_{сж}$ – плотность сжатого воздуха, кг/м³;

ω – скорость движения воздуха, м/с.

Определяем плотность сжатого воздуха из уравнения состояния:

$$\rho_{сж} = \frac{P}{R \cdot T_{сж}}, \text{ кг / м}^3, \quad (2)$$

где P – абсолютное давление (среднее) на расчетном участке, Па;

R – газовая постоянная, равная $R=287,14$ Дж/кг⁰С.

Определяем температуру сжатого воздуха в нагнетательном трубопроводе при адиабатном процессе многоступенчатого сжатия по выражению:

$$T_{сж} = [273,15 + \Delta T], \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3)$$

здесь $\Delta T = 10 \div 15$ – обусловлена типом системы промежуточного охлаждения ступени компрессора.

$$T_{сж} = [273,15 + 15] = 288,15 \text{ } ^\circ\text{K};$$

$$\rho_{сж} = \frac{600000}{287,14 \cdot 288,15} = 7,25 \text{ кг / м}^3.$$

Определение давления на промышленной энергетической станции.

При подаче воздуха в сеть промышленного объекта, определяем расчетное давление на компрессорной станции (КС):

$$P_{кс} = \Delta P_{вс} + \Delta P_{тр} + \Delta P_{изб} + \Delta P_{ну} + P_n, \text{ Па}, \quad (4)$$

где P_n – номинальное давление воздуха у потребителя, Па;

$\Delta P_{вс}$ – потери давления во всасывающих трубопроводах компрессорной станции, Па;

$\Delta P_{изб}$ – избыточное, или резервное давление, Па; $\Delta P_{изб} \approx 500$ Па;

$\Delta P_{\text{нп}}$ – неучтённые виды сопротивлений на расчетной ветви, Па (сопротивление влагомаслоотделителя, регенератора доменной печи и т.д.);

$\Delta P_{\text{тр}}$ – потери давления на трение и местные сопротивления по наиболее протяженной ветви воздухопровода, Па.

Потери давления по расчетной цепи составят:

$$\Delta = \frac{\Delta P_{\text{вс}} + \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{изб}}}{P_{\text{н}}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

Определяем потери давления на трение по формуле:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \sum_i^n h_{\text{тр}i} \cdot \rho_{\text{сж}} \cdot g, \text{ Па}, \quad (6)$$

Потери на трение по рассматриваемой ветви воздухопровода определяются по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$h_{\text{тр}} = \sum_i^n h_{\text{тр}i} = \sum_i^n \lambda_i \frac{(l_i + l_{\text{экв}i})}{d_i} \cdot \frac{v_i^2}{2 \cdot g}, \text{ м. вод.ст.}, \quad (7)$$

где l_i – длина соответствующего участка рассчитываемой ветви воздухопровода, м;

λ_i – коэффициент трения воздуха;

$l_{\text{экв}i}$ – дополнительная длина участка воздухопровода, эквивалентная расположенным на нем местным сопротивлениям;

n – количество расчетных участков сети, шт.;

$g = 9,81$ – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Для упрощения расчетов целесообразно местные сопротивления (задвижки, тройники и т.д.) заменить условными прямыми участками трубопровода, эквивалентными по сопротивлению.

Определяем и выбираем расчетные коэффициенты:

Величина коэффициента сопротивления трения λ зависит от критерия Рейнольдса Re и шероховатости поверхности труб.

$$Re = \frac{\omega \cdot d}{\nu}, \quad (8)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости, $\text{м}^2/\text{с}$.

Для воздуха, при $t = 20^\circ\text{C}$, $\nu = 15,06 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

$Re_1 > 10000$, режим течения турбулентный. Зона с полным проявлением шероховатости, где λ слабо зависит от Re и определяется по зависимости:

$$\lambda = 0,11 \left[\frac{K_s}{d} + \frac{68}{Re} \right]^{0,25}, \quad (9)$$

где K_s – эквивалентная абсолютная шероховатость, м.

Эквивалентная абсолютная шероховатость является искусственным понятием, при использовании которой в расчетах получаются сопротивления, одинаковые с сопротивлениями испытываемой шероховатой поверхности.

Начальные данные:

$$\Delta P_{\text{изб}} \approx 500 \text{ Па}, \quad g = 9,81, \text{ м/с}^2, \quad \nu = 15,06 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с},$$

$$\rho_{\text{н}} = 1,205 \text{ кг/м}^3, \quad \omega = 8 \text{ м/с}$$

$$\rho_{\text{сж}} = \frac{600000}{287,14 \cdot 288,15} = 7,25 \text{ кг/м}^3,$$

Расчетные данные сведены в таблицу 1. Потери не превышают заданных значений, т.е. $\leq 10\%$.

Распределение потерь давления по участкам ветки «А» представлено на рисунке 3.

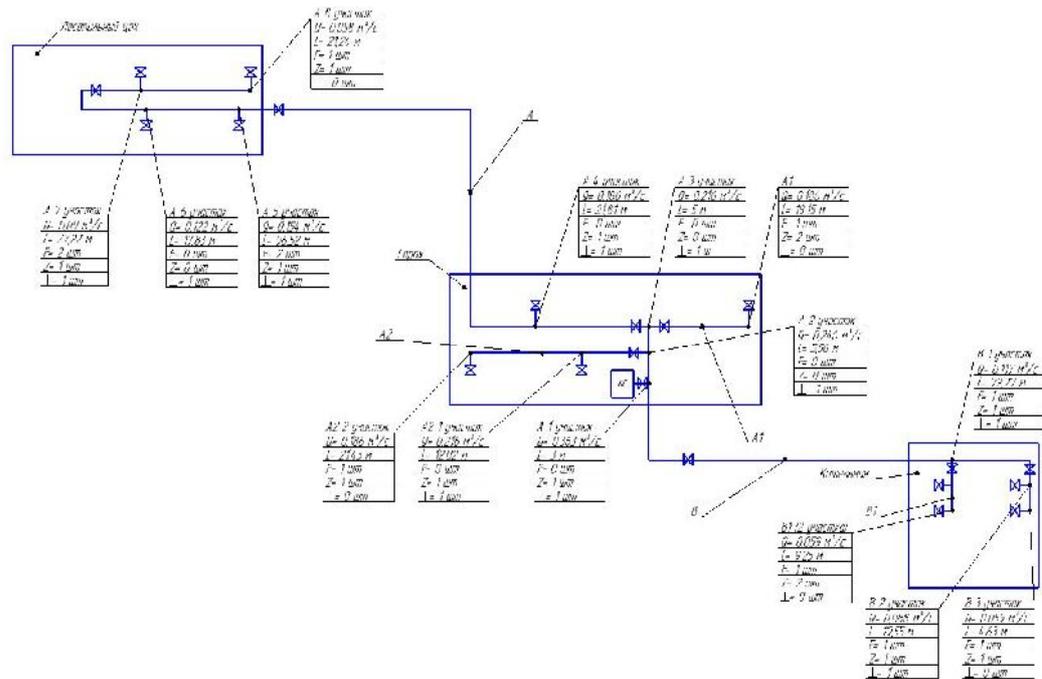


Рис. 1. Схема разветвлений системы воздухообеспечения предприятия

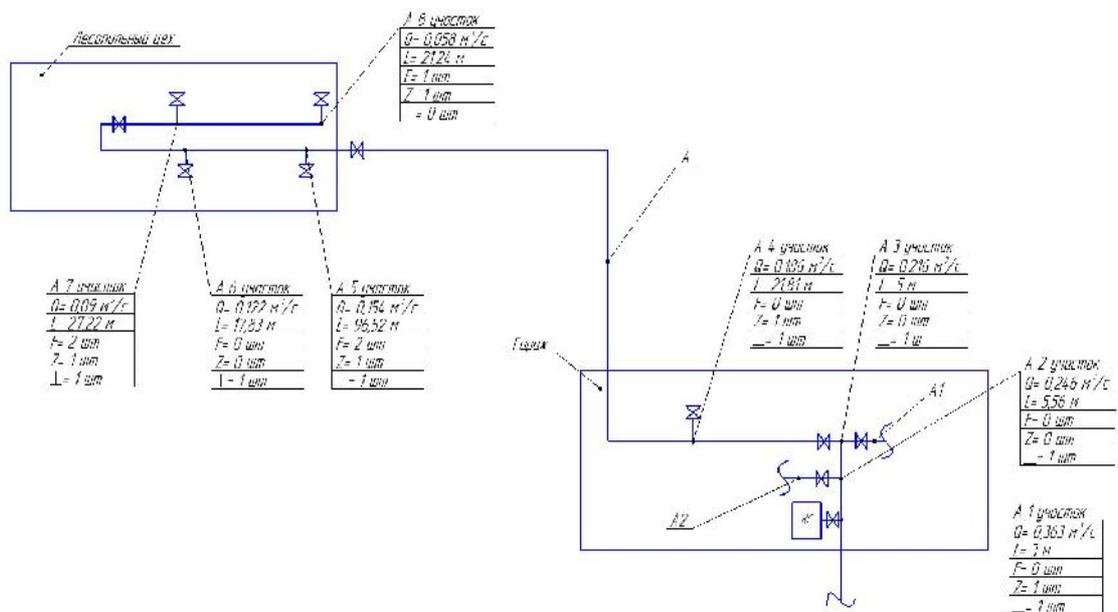


Рис. 2. Схема воздухообеспечения на ветви «А»

Таблица 1

Технические показатели ветви «А»

№ участка	1	2	3	4	5	6	7	8
F, шт	0	0	0	0	2	0	2	1
Z, шт	1	0	0	1	1	0	1	1
⊥, шт	1	1	1	1	1	1	1	0
L, м	3	5,56	5	21,81	96,52	17,83	27,22	21,24
L _{экв} , м	10,62	3,33	6,66	5	8,34	3,33	4,4	1,76
D, м	0,1	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,05	0,04
Q, м ³ /с	0,363	0,246	0,216	0,186	0,154	0,122	0,09	0,058
ω, м/с	8	8	8	8	8	8	8	8
Re 10 ⁶	0,053	0,042	0,042	0,037	0,037	0,037	0,027	0,021
λ	0,024	0,025	0,025	0,026	0,026	0,026	0,029	0,03

$h_{тр,и}$, мм.вод.ст	10,66	9,06	11,88	32,48	127,04	25,64	59,82	43,51
$h_{тр}$, мм.вод.ст	320,09							
Δ , %	4,5							
$\Delta P_{тр}$, Па	22765,6							
$P_{кс}^{общ}$, Па	623269,1							

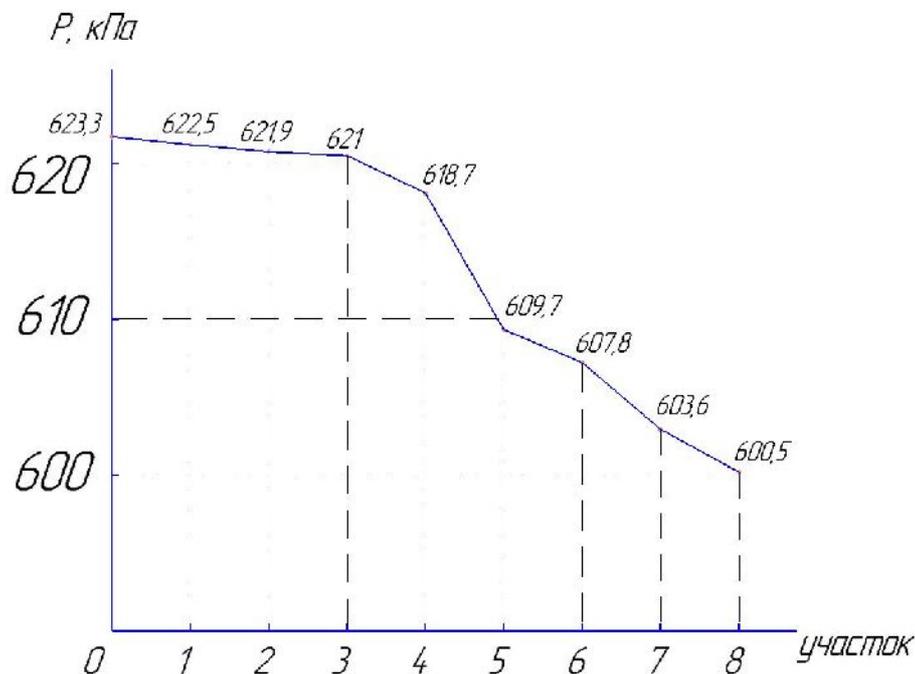


Рис. 3. График падения давления на ветви «А»

Был проведен расчет максимально длительной нагрузки на компрессорную станцию (КС). Также рассчитана нагрузка на КС во вторую и третью смены. И взяв во внимание такие показатели как степень покрытия максимальной нагрузки, степень загруженности КС во вторую и третью смены, гибкость работы, давление, однотипность компрессоров и гибкость работы, была подобрана наиболее подходящая комплектация КС основным оборудованием.

К этому оборудованию было подобрано вспомогательное оборудование, такое как: фильтры, воздухоохладитель, влагомаслоотделитель и воздухосорбник.

При рассмотрении различных вариантов комплектации КС, было получено, что наиболее удачной будет комплектация компрессорами серии 2ВП-10/8 в количестве 4 штук. Давление компрессорной станции из характеристик компрессоров $P_{кс} = 0,784$ МПа, максимально длительная нагрузка в 1, 2, 3-ю смены соответственно составила $0,518$ м³/с, $0,47$ м³/с, $0,41$ м³/с. Также степень покрытия максимально длительной нагрузки в первую смену составила 96,7%. Степень использования компрессоров составила во вторую – 93,8%, в третью – 81,8%.

Литература

1. Федяев А.А., Калинин Н.В., Данилов О.Л. Технологические энергосистемы предприятий. Расчет систем производства и распределения газообразных энергоносителей: Учебное пособие.- Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2005.-104с.;
2. Федяев А.А. Промышленные теплоэнергетические системы: Лабораторный практикум.- Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2003.- 164 с.
3. Рабинович о.м. «сборник задач по технической термодинамике».
4. Берман Я.А., Маньковский О.Н., Лорр Ю.Н., Рафалович А.П. Системы охлаждения компрессорных установок. – Л: Машиностроение, 1984.-288с

УДК: 620.92

К вопросу об энергосбережении в системах воздухообеспечения промышленных предприятий

А.А. Москалёва

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: система воздухообеспечения, сжатый воздух, энергосбережение, компрессор, эффективность.

Дан анализ результатов проведенных энергетических обследований систем воздухообеспечения промышленных предприятий. Предложены способы энергосбережения в системах производства и распределения сжатого воздуха, а также повышения эффективности и надежности работы систем воздухообеспечения.

Наряду с основными энергоносителями, такими как котельно-печное топливо, тепловая и электрическая энергии, во многих отраслях промышленности широко используется сжатый воздух. Однако его производство имеет высокую стоимость прежде всего из-за большого удельного расхода электроэнергии. Поэтому актуальной является задача энергосбережения в системах воздухообеспечения.

Это достигается экономией электроэнергии при выработке сжатого воздуха, эффективным использованием компрессоров, уменьшением потерь сжатого воздуха при его транспортировке, рациональным использованием воздуха в производственных целях и другими мероприятиями.

Проведенные энергетические обследования показали, что на большинстве промышленных предприятий технологические схемы воздушных компрессорных станций имеют ряд существенных недостатков и не отвечают требованиям, предъявляемым к современным системам производства сжатого воздуха.

Так, на всасывающих воздухопроводах или отсутствуют воздушные фильтры, или, если они установлены, площадь их фильтрующей поверхности меньше расчетной, а применяемая фильтрующая насадка не имеет масляной пленки (сухая) и не способна задерживать механические примеси, содержащиеся в атмосферном воздухе. Повышенная запыленность всасываемого воздуха приводит к ускоренному износу элементов компрессора и, как следствие, к увеличению потерь сжатого воздуха, снижению производительности компрессора. Кроме того, при запыленном воздушном фильтре увеличиваются потери давления всасываемого атмосферного воздуха. Следовательно, уменьшается его давление во всасывающем патрубке компрессора. Это вызывает снижение производительности компрессора и увеличение удельного расхода электроэнергии на выработку сжатого воздуха.

Важным условием эффективной работы воздушных компрессоров является периодическая очистка воздушных фильтров от накопившейся пыли (через каждые 300–600 часов работы) для того, чтобы их гидравлическое сопротивление не превышало 245 Па.

Промежуточные и концевые воздухоохладители не обеспечивают необходимый по технологическому процессу температурный уровень охлаждения сжатого воздуха.

Из анализа термодинамических потерь и их влияния на энергетическую эффективность работы воздушных компрессоров [1] следует, что недоохлаждение воздуха в промежуточных воздухоохладителях центробежных компрессоров на каждые 10 °С приводит к снижению их производительности на 1–1,5%, а повышение температуры воздуха на выходе из промежуточного воздухоохладителя поршневого компрессора на

каждые 6–8 °С увеличивает расход электроэнергии на сжатие воздуха на 1 %. Недоохлаждение воздуха на компрессорных станциях зачастую достигает 40–50 °С (допустимым является величина не более 10–15 °С). Также, из-за существенного увеличения работы сжатия, возникает перегрузка электродвигателя компрессора и преждевременный выход его из строя.

Причин несоблюдения режима охлаждения воздуха в промежуточных и конечных воздухоохладителях может быть несколько: водоохлаждающие устройства оборотной системы водоснабжения воздушной компрессорной станции работают неэффективно и не обеспечивают необходимый температурный режим охлаждения воды; высокая степень загрязнения трубок воздухоохладителей накипью и масляными отложениями и др.

При жесткой воде происходят процессы образования накипи на внутренних поверхностях трубок воздухоохладителя. Толщина слоя накипи может достигать до 10 мм, существенно уменьшая их проходное сечение. Для предотвращения накипеобразования рекомендуется проводить магнитную обработку воды или использовать комплексоны, которые обеспечивают практически полное подавление процессов образования отложений малорастворимых солей. Воздухоохладители следует регулярно очищать от накипи с помощью химико-пневматических или механических методов.

Как известно, наименьшая удельная работа сжатия, т. е. работа сжатия, отнесенная к 1 м³ вырабатываемого сжатого воздуха, достигается при условии оптимального охлаждения воздуха и одинаковой степени его сжатия по ступеням компрессора. Такое положение имеет место при работе двухступенчатого компрессора на номинальном абсолютном давлении 0,9 МПа. Реальное рабочее давление при работе воздушной компрессорной станции составляет 0,5–0,8 МПа. Это приводит к нерациональному распределению давления по ступеням и к различным степеням сжатия, что вызывает увеличение удельной работы сжатия компрессора и повышает расход электроэнергии на выработку сжатого воздуха.

Наиболее выгодная степень повышения давления в первой ступени двухступенчатого компрессора с учетом недоохлаждения воздуха в промежуточном воздухоохладителе определяется по формуле [1]:

$$\varepsilon_1 = \left[\varepsilon_k \left(\frac{T_k}{T_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right]^{0.5}, \quad (1)$$

где ε_k — общая степень сжатия компрессора;

T_k , T_1 — температуры воздуха на выходе из промежуточного воздухоохладителя и на входе в первую ступень компрессора, К;

n — показатель политропы сжатия.

Существующие влагомаслоотделители, установленные после компрессоров, не обеспечивают эффективного отделения влаги и масла из сжатого воздуха, так как температура воздуха в них повышенная (выше точки росы) и основная часть влаги и масла находится в парообразном состоянии. Это значительно ухудшает качество сжатого воздуха и приводит к большим потерям воздуха у пневмоприемников из-за вынужденных продувок воздухопроводов, снижая в итоге производительность компрессорной станции. Масло и вода, осаждаясь на внутренних стенках воздухоотделителей и трубопроводов, могут быть причиной взрыва или пожара.

Большинство промышленных предприятий имеет достаточно разветвленные наружные межцеховые воздухопроводы, проложенные зачастую без соблюдения правил их прокладки. Наличие повышенного количества влаги в сжатом воздухе является причиной выхода из строя воздухопроводов в осенний и весенний периоды из-за их замерзания после длительных остановок в выходные и праздничные дни. Это приводит

к срыву работы потребителей сжатого воздуха, а также к дополнительным затратам и потере ресурсов на отопление воздухопроводов.

Рациональные режимы производства сжатого воздуха достигаются при соответствии производительности компрессорной станции количеству потребляемого сжатого воздуха пневмоприемниками. Эксплуатация компрессорных установок, подающих сжатый воздух пневмоприемникам с давлением ниже номинального, приводит к снижению их производительности и, соответственно, к увеличению расхода сжатого воздуха.

С повышением давления сжатого воздуха у пневмоприемников выше номинального расход воздуха на утечки увеличивается. Для изменения количества вырабатываемого сжатого воздуха компрессорной станцией в течение смены, суток должны быть предусмотрены устройства и способы регулирования производительности компрессорных установок и в целом компрессорной станции. Автоматизация процессов выработки сжатого воздуха позволит точно выдерживать параметры сжатого воздуха в воздушной сети.

Анализ результатов обследования систем производства сжатого воздуха на промышленных предприятиях свидетельствует о недостаточном уровне эффективного контроля и управления работой компрессорных установок. Существующие компрессорные станции работают неэкономично из-за высоких удельных расходов электрической энергии. Отсутствие приборов учета количества вырабатываемого сжатого воздуха не позволяет эксплуатационному персоналу эффективно и качественно осуществлять технологический процесс производства сжатого воздуха, проводить анализ технико-экономических показателей работы компрессорных установок. Зачастую имеет место недостаточный уровень профессиональной квалификации инженерно-технического и обслуживающего персонала.

Литература

1. Рыбин, А. И. Экономия электроэнергии при эксплуатации воздушных компрессорных установок / А. И. Рыбин, Д. Г. Закиров. – М. : Энергоатомиздат, 1998. – 126 с.
2. Системы воздухообеспечения промышленных предприятий / Под ред. В.А. Германа. М.: Издательство МЭИ, 1991. - С. 26-32.
3. Федяев А.А., Калинин Н.В., Данилов О.Л. Технологические энергосистемы предприятий. Расчет систем производства и распределения газообразных энергоносителей: Учебное пособие.- Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2005.-104с.;
4. Берман Я.А., Маньковский О.Н., Лорр Ю.Н., Рафалович А.П. Системы охлаждения компрессорных установок. – Л: Машиностроение, 1984.-288с

УДК 628.336.41

Осадок сточных вод как нетрадиционный источник энергии. Методы производства.

Д.Д. Панов, В.Е. Радчук, Е.В. Красногоров

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: уплотнение осадков, стабилизация, кондиционирование, коагулирование, обезвоживание, ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, ликвидация, утилизация.

Проблема обработки, обезвоживания и утилизации осадка сточных вод, накопившегося в огромном количестве в городских и сельских территориях, стоит довольно остро для многих стран, в том числе и для России. Как правило, такие жидкие концентриро-

ванные отходы в необработанном виде на протяжении десятилетий сливались в карьеры, отвалы, иловые площадки, накопители, хвостохранилища, становясь источниками проникновения загрязнений в близлежащие водоемы. Такие регулярные загрязнения гидросферы и атмосферы, вызванные бактериальной зараженностью и наличием быстро гнивающих и зловонных органических веществ, создают неблагоприятную экологическую и социальную обстановку на прилегающих территориях.

Последствия несвоевременной утилизации осадков сточных вод. Зарубежные и отечественные исследователи отмечают высокую бактериальную загрязненность дождевых вод, которая всего в 10-100 раз ниже, чем хозяйственно-бытовые стоки. При этом большая доля бактерий находится в твердой фазе, что свидетельствует в пользу опасности осадков в санитарно-эпидемиологической области. Такой бактериологический состав стока, который преимущественно состоит из микроорганизмов группы кишечной палочки, необходимо своевременно обеззараживать перед сбросом и утилизацией. При этом количество бактерий в водоемах увеличивается более чем в 10 раз во время дождей, и повышенная бактериальная загрязненность сохраняется еще на 2-3 суток в оседающих примесях. При этом там могут находиться микроорганизмы, которые являются возбудителями широкого круга заболеваний у людей и животных. Именно поэтому проблема обезвоживания и утилизации осадков сегодня так актуальна.

Эволюция методов очистки и утилизации осадков. В развитии методов обработки осадков выделяют несколько периодов. Использование иловых площадок. В первой половине XX века в основном применяли анаэробное сбраживание, сначала в эммерах и двухъярусных отстойниках, а после – в обогреваемых метантанках с последующим естественным обезвоживанием и просушкой на иловых площадках. Использование иловых площадок и прудов постепенно приводит к их переполнению и требует расширения территории, поэтому данный метод считается неперспективным. Кроме того, такой способ представляет серьезную угрозу вторичного загрязнения окружающей среды и требует при этом значительных финансовых затрат.

Механическое обезвоживание. На смену иловым площадкам пришло механическое обезвоживание осадка сточных вод на вакуум-фильтрах с предварительной обработкой неорганическими реагентами. Однако длительная эксплуатация таких аппаратов позволила выделить некоторые недостатки методики, такие как низкая удельная производительность, большой расход реагентов, сложность, высокая стоимость эксплуатации и антисанитарные условия.

Разберем, что входит в процесс обработки и зачем она нужна. Обработка осадков сточных вод должна обеспечить получение конечного продукта, который можно утилизировать тем или иным способом.

В нашей стране и в других странах ранее использовали только сбраживание и последующее высушивание на специальных иловых полях. Подобная технология устарела, как не отвечающая современным требованиям по скоростям процессов, качеству обработки и санитарным требованиям, как было упомянуто ранее.

Современные методы обработки осадков сточных вод следующие: уплотнение и сгущение, стабилизация органики в осадке, кондиционирование, удаление воды – обезвоживание, утилизация ценных продуктов, ликвидация.

Уплотнение осадков: гравитационное (отстаивание), флотационное (отделение всплывших хлопьевидных осадков), вибрационное (разделение взвеси и жидкости с помощью вибрации), термогравитационное (прогрев паром с последующим отстаиванием).

Стабилизация – перевод органики в неагрессивные формы. Используют анаэробное сбраживание – используют сложные комплексы бактерий, перерабатывающих стоки в бескислородном режиме с получением метана в качестве продукта брожения. Аэробная стабилизация, минерализация – постоянная аэрация осадков, с последующим окислением

и образованием осадка, не способного к гниению. Реагентная стабилизация – использование реагентов для приостановления биологических процессов гниения и брожения в осадке. Используют хлорную известь и перекись водорода.

Кондиционирование – обработка неорганическими реагентами – коагулирование, т.е. укрупнение осадков слипанием и осаживанием на дно, тепловая обработка – нагревание осадков до температуры 170-220 градусов, приводящих к изменению структуры осадков, их растворению и переходу из твердого состояния в жидкое. Тепловой обработке могут подвергаться как сырые, так и прошедшие брожение осадки. При обработке осадков обработанных подобным образом происходит их уплотнение в 2-4 раза. Используют также замораживание – оттаивание, благодаря которому происходит разделение на жидкость и твердые осадки. Таким образом происходит утилизация осадка сточных вод.

Обезвоживание – это уменьшение объема осадка сточных вод за счёт отделения воды. Осуществляется следующим оборудованием, а именно центрифуги, ленточные пресс-фильтры, декантеры, дегидраторы, фильтрующие мешки, мешковые обезвоживатели, обезвоживатели от водоподготовки, промывных, балластных, подземных вод, сушилки и сгустители осадков. Обезвоживание ила делится на 2 этапа: первичное и стабилизированное.

Ликвидация – сжигание (используют, если ликвидация невозможна или экономически не оправдана), жидкофазное окисление, сброс в накопители.

Утилизация осадка сточных вод – использование конечного продукта очистки стоков в других отраслях как конечный продукт.

После принятия ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 значительно расширились возможности использования осадков сточных вод, что привело к более полному использованию осадков и поиску новых направлений использования конечных продуктов очистки сточных вод:

- использование в качестве кормовых продуктов на основе избыточного активного ила стоков
- использование жидких, обезвоженных, сухих осадков в качестве удобрений для сельскохозяйственных нужд
- получение из осадков сточных вод воска, керосина, бензина, смолы, пирокARBоната методом пиролиза
- получение мыла и жиров, как товарных продуктов
- получение сырья для производства стройматериалов, в основном зола для производства цемента
- получение биогаза и дальнейшее использование его в качестве топлива в установках получения тепловой, электрической и механической энергии
- производство топливных брикетов из конечных продуктов обработки сточных вод в процессе очистки.

Можно привести пример, в нашем г.Братске проект предусматривает эффективную утилизацию высоковлажных кородревесных отходов, образующихся на предприятиях филиала АО «Группа «Илим» в г. Братске при производстве технологической щепы для варки целлюлозы и в процессах деревообработки, а также осадка биологической очистки производственных сточных вод в собственной технологической электростанции для выработки пара и электроэнергии на нужды филиала.

Проект позволяет дополнительно утилизировать до 350 тыс. тонн кородревесных отходов и до 25 тыс. т а.с.в. (абсолютно сухого вещества) осадка сточных вод в год, которые в противном случае вывозились бы на свалку. Благодаря реализации проекта из биомассы будет дополнительно производиться около 250 тыс. Гкал пара в год, потребление мазута на технологической электростанции снизится на 14 тыс. т у.т. в год, потребление бурого угля на ТЭЦ-6 ПАО «Иркутскэнерго» – на 36 тыс. т у.т. в год. Выбросы парниковых газов сократятся в среднем на 278 256 т CO₂ – экв./год.

Применение осадка, носит не только экологический, но и полезный производственный характер.

В рамках одной статьи нет необходимости приводить подробно все стадии и последовательность процессов обработки осадков сточных вод. Для понимания важности, а главное неизбежной необходимости очистки, материала приведенного в статье вполне достаточно. Нужно учитывать также возможности, которые открывает данная сфера.

Кроме того, понятно, что с ростом населения, увеличением количества промышленных предприятий и усилением действий государства в направлении контроля за экологическим состоянием необходимость в строительстве и эксплуатации предприятий очистки сточных вод, новых методах и своевременных технологиях обработки осадков сточных вод только увеличится.

Литература

1. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 Охрана природы, почвы.
2. ГОСТ Р 54534-2011 Ресурсосбережение. Осадки сточных вод.
3. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Москва, Бюро НДТ 2015.
4. Обезвоживание осадка сточных вод.
5. <http://stroy-spravka.ru>

УДК 628

Надежность тепловых сетей

В.К. Елсуков, К.А. Попова

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: тепловая сеть, наружная коррозия, отказ системы.

Приведен обзор наружной коррозии тепловой сети и причины отказа тепловой системы.

Тепловая сеть — это система прочно и плотно соединенных между собой участков теплопроводов, по которым теплота с помощью теплоносителя (пара или горячей воды) транспортируется от источников к тепловым потребителям.

В общем случае теплопровод состоит из трех основных элементов:

- 1) рабочего трубопровода, по которому транспортируется теплоноситель и который в современных условиях обычно выполняется из стальных труб, соединенных между собой с помощью сварки;
- 2) изоляционной конструкции, предназначенной для защиты наружной поверхности стального трубопровода от коррозии и теплопровода в целом от тепловых потерь;
- 3) Несущей конструкции, воспринимающей весовую нагрузку теплопровода и другие усилия, возникающие при его работе, а также разгружающей стальной трубопровод и его изоляционную конструкцию от нагрузки окружающей среды (веса грунта, движущегося наземного транспорта, ветра и т.д.).

Многолетний отечественный и зарубежный опыт эксплуатации тепловых сетей различных конструкций указывает на их недолговечность, что обусловлено главным образом низкой коррозионной стойкостью трубопроводов тепловых сетей, серьезные повреждения в которых вызывают длительные нарушения подачи теплоты. Такие повреждения связаны с большими потерями сетевой воды и теплоты, дополнительными затратами материальных и трудовых ресурсов и т. п.

Количественный рост и старение тепловых сетей приводят к возрастанию числа повреждений. Статистика показывает, что на каждые 100 км двухтрубных водяных сетей ежегодно выявляется около 30–40 повреждений. Повреждение действующего теплопровода ведет к отключению потребителей. Чем больше диаметр теплопровода, тем больше к нему присоединено потребителей и тем больше срок отключения для ремонта.

Как показывает практика, каждое повреждение на теплопроводе диаметром 500–600 мм вызывает отключение нескольких сотен зданий на срок более 24 ч. Повреждение же на трубопроводах диаметром 1000–1200 мм ведет к отключению многих сотен зданий на 2–3 суток.

Анализ результатов обследований показал, что коррозионные разрушения являются главной причиной повреждений трубопроводов тепловых сетей и составляют около 90 %. Наиболее быстро при прочих равных условиях наружной коррозией поражаются те теплопроводы, в которых имеется прямой контакт незащищенной поверхности трубы с грунтом.

Вместе с тем, при эксплуатации тепловых сетей возможны повреждения связанные со срывом неподвижных опор, разрывами корпусов чугунных задвижек, срывом резьбы спускных кранов, с повреждениями компенсаторов и т.д.

При большой насыщенности городов подземными инженерными коммуникациями, зачастую находящимися в неисправном состоянии, теплопроводы весьма часто подвергаются затоплению, а каналы – заносу грунтом. Удельная повреждаемость трубопроводов с ростом продолжительности их эксплуатации возрастает. Наиболее подвержены коррозии подающие трубопроводы, что наблюдается в 92–94 % случаев.

В большинстве случаев наружная коррозия имеет локальный характер и сосредотачивается на участках труб длиной 1–1,5 м, охватывая не более 25–35 % периметра трубы, главным образом в нижней части.

Отказ - событие, заключающиеся в утрате объекта способности выполнить заданные функции. В зависимости от характера изменения параметров объекта, характеризующих отказ, различают отказы: внезапные, постепенные и сбои. При неконтролируемом, скачкообразном изменении параметров изделия считается, что отказ внезапный. Если параметры изделия можно контролировать во времени, то отказ будет считаться постепенным

Вероятность нахождения объекта в работоспособном состоянии на планируемый интервал наработки τ_n определяется выражением:

$$P(\tau_1 + \tau_2) = \exp\left[-\int_0^{\tau_1 + \tau_2} \lambda(t) dt\right],$$

где τ_1 – наработка объекта до момента проведения последнего технического обслуживания;

$\lambda(t)$ – интенсивность отказов.

Интервал времени τ_n фактически определяет срок очередного технического обслуживания, проведение которого обеспечит сохранение работоспособного состояния объекта с заданной вероятностью.

Тепловые сети состоят из участков трубопроводов, секционирующих и отключающих задвижек, оборудования сетей (компенсаторы, опоры, спускные краны и пр.), насосные подстанции.

Сбор информации осуществлялся по журналам учёта повреждений эксплуатационных районов. Не рассматривались отказы:

- происшедшие в период гидравлических и температурных испытаний тепловых сетей;
- повлекшие за собой отключение участков и абонентов на время менее 3 часов;

– на магистралях, которые по ряду причин находились в крайне неблагоприятных условиях эксплуатации (каналы периодически затапливались грунтовыми и ливневыми водами, заносились грунтом, нарушалась целостность антикоррозионного покрытия трубопроводов и т.п.).

Все повреждения на теплотрассах и оборудовании, которые после анализа были отнесены к отказам, имеющим случайную природу, были классифицированы по видам, и для каждого вида была установлена относительная частота появления.

Наиболее частой причиной повреждения тепловых сетей является наружная коррозия.



Рис. 1. Наружная коррозия тепловых сетей



Рис. 2. Наружная коррозия тепловых сетей

Обычно коррозия равномерно поражает теплопроводы на значительных участках по длине. При этом встречаются отдельные участки (с нарушенным защитным покрытием), которые поражены наиболее интенсивно. Причина коррозии в контакте металла труб с влагой. В результате коррозии снижается толщина стенок, появляются свищи и, как следствие, происходят разрывы теплопроводов.

Значительно меньше отказов связано с разрывом продольных и поперечных швов. Встречаются случаи вырыва гильз под термометры и патрубков под манометр, вызванные некачественной сваркой. Повреждения сальниковых компенсаторов вызываются коррозией стакана сальникового компенсатора, размывкой набивки.

Задвижки на трубопроводах отказывают из-за коррозии корпуса, коррозии байпаса, неплотности фланцевых соединений, трещин в корпусе.

По результатам наблюдений вычислялся параметр потока отказов:

$$\omega = \frac{n}{t \sum L}$$

где n – количество отказов, зафиксированных на трубопроводах одного диаметра;

t – время наблюдения за трубопроводами;

$\sum L$ – суммарная длина подающего и обратного трубопроводов одного диаметра, км.

Зависимость параметра потока отказов от диаметра трубопровода исследованиями не установлена, что объясняется малой вероятностью появления одновременного поражения трубы в нескольких местах на одном диаметре одновременно. Наблюдения не выявили также зависимости времени восстановления от диаметра трубы, что можно объяснить недостаточным объёмом статистических данных.

Примерно 55 % всех зафиксированных отказов вызвано внешней коррозией, причём большая часть из них на теплопроводах со сроком службы 5-15 лет. Эти коррозионные повреждения вызываются следующими факторами:

- отсутствием попутного дренажа и дренажных насосных станций на теплотрассах;
- недостаточной высотой и прочностью скользящих опор, в результате чего постоянно увлажняется теплоизоляция на трубах;
- применением малоэффективных антикоррозионных покрытий (лак 177, краска АЛ-177, изол на битуме вместо изола на изольной мастике);
- повреждением антикоррозионных покрытий при транспортировке труб;
- применением бесканальных прокладок теплотрассы в битумперлитной изоляции, отличающейся высоким водопоглощением.

Надёжность систем теплоснабжения совершенствуют повышением качества элементов, из которых она состоит, или резервированием. Первый путь реализуют при конструировании, изготовлении и приемке элементов и узлов в эксплуатацию.

Для оценки надёжности пользуются понятиями отказа элемента и отказа системы. Под первым понимают внезапный отказ, когда элемент необходимо немедленно выключить из работы. Отказ системы — такая аварийная ситуация, при которой прекращается подача теплоты хотя бы одному потребителю.

Примерно 55 % всех зафиксированных отказов вызвано внешней коррозией, причём большая часть из них на теплопроводах со сроком службы 5-15 лет.

Литература

1 Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. 5-е издание, перераб. – М.: Энергоиздат, 1982. 360., ил.

2 Системы теплоснабжения промышленных предприятий. Учебно методическое пособие. Г.В. Пак, А.А. Проненков, С.В. Латушкина. – Братск 2013.

3. Теплоснабжение : учебник для вузов / А.А. Ионин, Б.М. Хлыбов, В.Н. Братенков, Е.Н. Терлецкая; под ред. А.А. Ионина. – М. : Высш. школа, 1980.

4. Теплоизоляция [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-126-teploizolyacia/76.htm>. теплоизоляционные конструкции.

5. Теплоизоляция [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://files.stroyinf.ru/Data1/10/10974>. Проектирование и строительство тепловых сетей бесканальной прокладки из стальных труб.

6. Теплоизоляция [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://stroyka-ip.ru/xsv_sv_ko_kote/vsn-29-95/vsn-29-95-0002.html. Показатели свойств теплоизоляции и изолированных труб.

УДК 66-6

Разработка монтажной схемы жилого района «Лесной» г. Усть-Илимск

К.А. Попова

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: монтажная схема, компенсатор, опора, арматура.

В данной работе рассмотрены тепловые сети жилого района «Лесной» г. Усть-Илимска. Данный участок тепловой сети включает в себя: ТНС-5, ТНС-6, тепловые сети до поселка жилого района. В данной работе, ТНС-5 выступает в роли теплоисточника. Протяженность тепловой сети от ТНС-5 до ТНС-6 - 800 метров, от ТНС-6 до поселка ЛДЗ – 206 метров, от точки присоединения (А) до поселка Лесной – 115 метров. Способ регулирования тепловой нагрузки данного района – качественный. Схема тепловых сетей двухтрубная.

Тепловые сети, большой протяженности, как правило, связаны с большей потерей в окружающую среду. В хорошо изолированном трубопроводе потери не превышают 1 градуса на 1 километр.

Монтажная схема представляет собой подробную схему тепловой сети района города с изображением на ней компенсаторов, неподвижных опор, запорной арматуры, теплофикационных камер.

Монтажная схема разработана для основной магистрали и ответвлений от нее. Масштаб принят с условием достаточной ясности чертежа. На схеме показаны трубопроводы (подающий, обратный), задвижки, неподвижные и подвижные опоры. По каждому участку указаны расстояния, диаметры и расходы. (рисунок 1)

Определяем количество компенсаторов на каждом участке, шт:

$$n_o = \frac{l}{l_{max}}$$

где l - длина трубопровода, м;

l_{max} – максимально допустимое расстояние между опорами с компенсаторами.

Принимаем $l_{max}=65$ м.

На первом участке:

$$n_o = \frac{600}{65} = 9 \text{ шт}$$

На втором участке:

$$n_o = \frac{200}{65} = 3 \text{ шт}$$

На третьем участке:

$$n_o = \frac{206}{65} = 3 \text{ шт}$$

На четвертом участке:

$$n_o = \frac{115}{65} = 2 \text{ шт.}$$

Определяем эквивалентные длины местных сопротивлений :

1-й участок:

2 задвижки; 9 компенсаторов; 2 тройника.

$$l_{\text{ЭКВ}} = 2,11 \cdot 2 + 1,71 \cdot 9 + 30,3 \cdot 2 = 80,21 \text{ м}$$

2-й участок:

4 задвижки; 4 поворота; 2 компенсатора.

$$l_{\text{ЭКВ}} = 1,53 \cdot 4 + 1,58 \cdot 4 + 1,02 \cdot 3 = 15,5 \text{ м}$$

3-й участок:

4 задвижки; 3 компенсатора; 2 поворота;

$$l_{\text{экв}} = 1,53 \cdot 4 + 1,58 \cdot 2 + 1,02 \cdot 3 = 12,34 \text{ м}$$

4-й участок:

4 задвижки; 2 компенсатора;

$$l_{\text{экв}} = 1,2 \cdot 4 + 1,02 \cdot 2 = 6,84 \text{ м.}$$

Определяем общие потери давления для каждого из четырех участков по формуле,
Па:

$$\Delta P = R(l + l_{\text{экв}})$$

1-й участок:

$$\Delta P = 32(600 + 80,21) = 21766,7 \text{ Па}$$

2-й участок:

$$\Delta P = 32,3(200 + 15,5) = 6960,7 \text{ Па}$$

3-й участок:

$$\Delta P = 89(206 + 12,34) = 44978 \text{ Па}$$

4-й участок:

$$\Delta P = 106(115 + 6,84) = 12915 \text{ Па.}$$

Определяем потери напора на каждом участке тепловой сети жилого района, по формуле, м:

$$\Delta H = \frac{\Delta P}{\rho g}$$

где ρ – плотность воды, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с².

1-й участок:

$$\Delta H = \frac{21766,7}{1000 \cdot 9,8} = 2,2 \text{ м;}$$

2-й участок:

$$\Delta H = \frac{6960,7}{1000 \cdot 9,8} = 0,71 \text{ м;}$$

3-й участок:

$$\Delta H = \frac{44978}{1000 \cdot 9,8} = 4,59 \text{ м;}$$

4-й участок:

$$\Delta H = \frac{12915}{1000 \cdot 9,8} = 1,3 \text{ м;}$$

Результаты гидравлического расчёта трубопроводов тепловых сетей жилого района «Лесной» сводятся в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты гидравлического расчёта

Предварительный расчёт			Окончательный расчёт			
1	2	3	4	5	6	7
G, кг/с	l, м	R, Па/м	l _э , м	l+l _э , м	ΔP, Па	ΔH, м
7,69	600	32	80,21	680,21	21766,7	2,2
4,47	200	32,3	15,5	215,5	6960,7	0,71
4,47	206	89	12,34	218,34	44978	4,59
3,22	115	106	6,84	121,84	12915	1,3

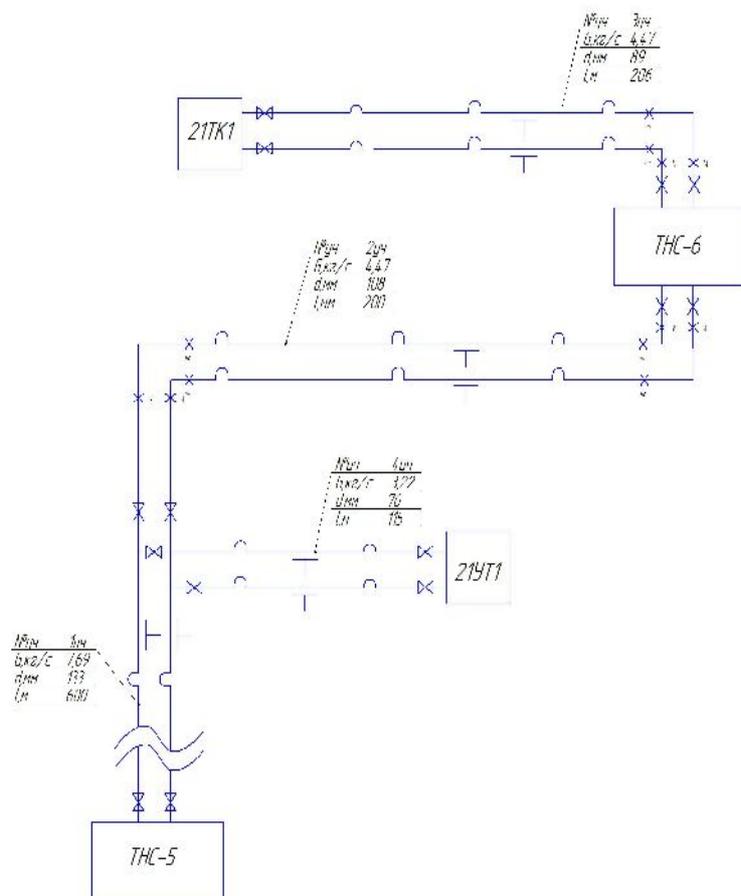


Рис. 1. Монтажная схема участка теплосети

Литература

1. Водяные тепловые сети. Справочное пособие по проектированию. Под ред. Н.К.Громов, Е.П.Шубин. М.: Энергоатомиздат, 1988.
2. СНиП 23.01-99. Строительная климатология. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2004
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. 5-е издание, перераб. – М.: Энергоиздат, 1982. 360., ил.
4. СНиП 23.01-99. Строительная климатология. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2004.
5. СНиП 2.04.07.-86*. Тепловые сети / Минстрой России. – М.: ВНИПИэнергопром, 1994.

УДК: 621.6

Эффективность использования гидромурфты на питательном насосе

А.К. Синельщиков

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: гидромурфта, питательный электронасос, экономия электроэнергии, экономический эффект.

В ходе работы был произведен расчет капитальных затрат и срока окупаемости при внедрении турбопривода на питательный насос ПЭ-580-180 У-И ТЭЦ.

Объектом исследования и разработки был КТЦ У-И ТЭЦ. Предметом исследования стал питательный насос типа ПЭ-500-180-3, работающий на электродвигателе типа 23М 5000/6000 У4 с установленной гидромуфтой типа 620 SVNЛ 33.G.

В состав гидромуфты входят:

- маслобак емкостью 430 л, являющийся одновременно основанием корпуса ГМ;
- маслонасосы: рабочий (РМН) и вспомогательный (ВМН);
- маслоохладители: рабочего масла (МОРМ) и смазки (МОС);
- масляный фильтр, состоящий из двух отключаемых половин;
- регулирующие клапаны (РК) в схеме рабочего масла и в системе смазки;
- ковшевая труба с электрическим и ручным приводом;
- опорные и упорный подшипники;
- трубопроводы охлаждающей воды;
- оборудование КИП и А.

Гидромуфта установлена на отдельной раме между электродвигателем и корпусом насоса. Ведущий и ведомый валы гидромуфты соединены с ротором электродвигателя и ротором насоса зубчатыми муфтами.

Рабочее масло, поступая в камеру, образованную первичным и вторичным колесами, под действием центробежной силы образует масляное кольцо, толщина которого зависит от положения ковшевой трубы (КТ). Первичное колесо (ПК) выполняет функцию насоса, где механическая энергия колеса преобразуется в кинетическую энергию рабочего масла. Вторичное колесо (ВК), выполняющее функцию гидротурбины, поглощает кинетическую энергию и преобразует ее в механическую, которая передается ПЭНу. Ввиду проскальзывания, число оборотов ВК несколько ниже числа оборотов ПК. Проскальзывание при номинальной нагрузке составляет 2,4%. Перепад давления между ПК и ВК обеспечивает циркуляцию рабочего масла по замкнутой схеме. Расход рабочего масла – 455 л/мин. За счет потери мощности на проскальзывание масло в ГМ нагревается. Для отвода тепла служит МОРМ.

Таблица 1

Техническая характеристика гидромуфты

Тип ГМ	620 SVNЛ 33.G
Передаваемая мощность	3235 кВт
Частота вращения электродвигателя	2982 об/мин
Частота вращения насоса (максимальная)	2895 об/мин
Проскальзывание при полной нагрузке	2,9%
Ход ковшевой трубы	162 мм
Диапазон регулирования нагрузки	от 100% до 25%
Емкость маслосистемы	530 л
Емкость маслобака	430 л
Вспомогательный маслонасос (ВМН)	
Потребляемая мощность	3,0 кВт
Рабочее напряжение электродвигателя	0,4 кВ
Число оборотов	2880 об/мин
Марка масла	Shell Tellus Oils 32

Вращающий момент насоса может плавно регулироваться за счет изменения количества масла (толщины масляного кольца) в рабочем пространстве между ПК и ВК, которое определяется положением ковшевой трубы (КТ).

КТ перемещается исполнительным механизмом, получающим импульс от контроллера управления ГМ (КУГМ) по давлению питательной воды или в режиме дистанционного управления. КУГМ расположен на ЦТЩУ.

Изменение количества масла в замкнутой схеме циркуляции рабочего масла, определяемое положением КТ, компенсируется открытой схемой, в которую входят: рабочий

маслонасос, регулирующий клапан, предохранительный клапан, обратные клапаны, диафрагмы для выпуска воздуха. При перемещении КТ в сторону заполнения ГМ масло из открытой схемы поступает в закрытую. Избыток масла сливается через РК в маслобак.

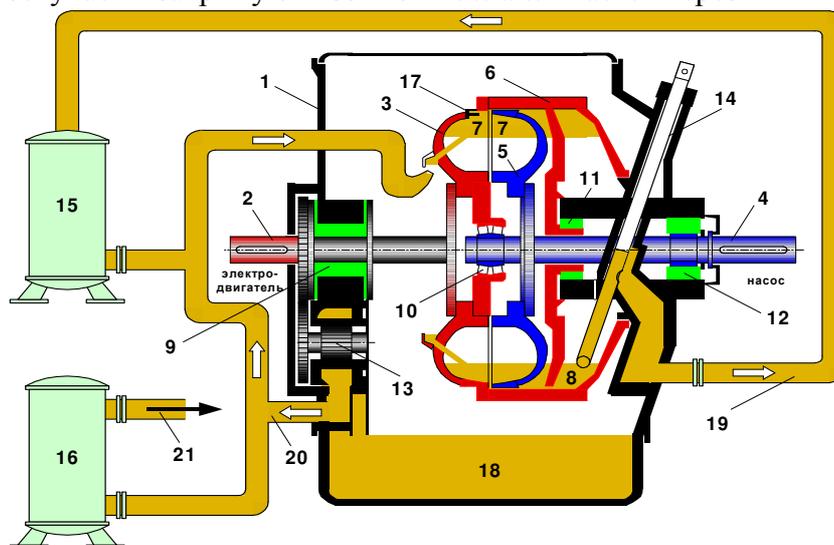


Рис. 1. Схема гидромукфты на питательном насосе:

1 – корпус с масляным резервуаром; 2 – первичный вал; 3 – первичное колесо; 4 – вторичный вал; 5 – вторичное колесо; 6 – оболочка; 7 – рабочее пространство; 8 – пространство вычерпывания; 9 – осевой подшипник (№ 1, 2, 3); 10 – радиально-наклонный подшипник; 11 – подшипник № 5; 12 – подшипник № 6; 13 – заполняющий насос (РМН); 14 – ковшовая труба; 15 – охладитель рабочего масла; 16 – охладитель жидкой смазки; 17 – винт с плавким предохранителем; 18 – масляный резервуар; 19 – закрытая система циркуляции; 20 – открытая система циркуляции; 21 – жидкая смазка для гидромукфты.

Был произведен расчет эффективности работы гидромукфты на питательном насосе.

Годовое потребление электроэнергии $N_{год}^э$ кВт·ч/год питательным насосом при регулировании производительности дросселированием составляет: $N_{год}^э = 23241330,92$ кВт·ч/год.

Годовое потребление электроэнергии $N_{год}^э$ кВт·ч/год питательным насосом при регулировании производительности гидромукфтой составляет: $N_{год}^э = 22858922,36$ кВт·ч/год

Годовая экономия потребления электроэнергии $\Delta N_{год}^э$,кВт·ч/год, питательным насосом будет равна:

$$\Delta N_{год}^э = 23241330,92 - 22858922,36 = 382408 \text{ кВт·ч/год.}$$

После был произведен экономический расчет капитальных затрат и срока окупаемости при внедрении гидромукфты на питательном насосе ПЭ-580-180 с электроприводом.

Гидромукфта для питательного насоса фирмы VOITH, марки 620SVNL33G предназначена для плавного изменения числа оборотов насоса при неизменном числе оборотов электродвигателя. Стоимость 620SVNL33G составляет 1300 тыс.руб.

Таблица 2

Экономические показатели внедрения технологии гидромукфты на питательный насос с электроприводом У-И ТЭЦ

Наименование	Капитальные затраты, тыс.руб.	Годовая экономия затрат на электроэнергию, тыс.руб.	Срок окупаемости предприятия, лет
Питательный насос	1892,8	2117,798	0,89

Из приведенных расчетов, делаем вывод, что использование гидромурфты для регулирования производительности питательного насоса является экономически выгодным мероприятием, чем при регулировании производительности насосной установки дросселированием, так как получена годовая экономия затрат на электроэнергию привода насоса 2117,798 тыс. руб/год, а срок окупаемости составил 0,89 года.

Литература

- 1 Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Энергоатомиздат, 1984.-416 с., ил.
- 2 ПИ 211.202.109.2014 ПЭН с ГМ
- 3 ПИ 211.202.102 ПТ - 60
- 4 Баженов М.И., Богородский А.С., Юренев В.Н. Промышленные тепловые электростанции: Учебник для вузов.- 2-е изд., перераб.- М.: Энергия, 1979.-296 с.,
- 5 Поляков В. В., Скворцов Л. С. Насосы и вентиляторы: Учеб. для вузов.- М.: Стройиздат, 1990.-336 с., ил.
- 6 Самсонов В. С. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учеб. для вузов/В. С. Самсонов, М. А. Вяткин.- 2-е изд.- М.: Высш. шк., 2003.- 416 с., ил.
- 7 Добрынин А.И., А.И. Экономика: Учеб. пособие для вузов. –М.: Юрайт-М., 2002.

УДК: 621.675

Эффективность внедрения турбопривода на питательный насос

А.К. Синельщиков

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: турбопривод, питательный электронасос, экономия электроэнергии, расход топлива.

В ходе работы был произведен расчет капитальных затрат и срока окупаемости при внедрении турбопривода на питательный насос ПЭ-580-180 У-И ТЭЦ.

Объектом исследования и разработки был КТЦ У-И ТЭЦ. Предметом исследования стал питательный насос типа ПЭ-500-180-3, работающий на электродвигателе типа 23М 5000/6000 У4 с установленной гидромурфтой типа 620 SVNL 33.G.

Наружный корпус насосного агрегата представляет собой полый цилиндр с приваренными входными и напорными патрубками. Опирается на плиту 4-мя лапами, расположенными в горизонтальной плоскости, проходящей через ось насоса. Для предотвращения вертикальной расцентровки при его нагреве, между шайбами и головками болтов, крепящих корпус к плите, предусмотрен зазор для свободного температурного расширения корпуса насоса. Направление расширения обеспечивается двумя поперечными шпонками, установленными в лапах насоса (со стороны входного патрубка) и двумя продольными шпонками, расположенными в нижней части корпуса.

Внутренний корпус представляет собой секции с вертикальными разъемами, внутри которых находятся направляющие аппараты, уплотнения рабочих колес.

Вал ротора кованый из легированной стали, рабочие колеса и разгрузочный диск установлены из нержавеющей стали марки 3Х13. Наружный корпус - литой, изготовлен из легированной стали, торцевые крышки кованые, изготовлены из стали 30.

Далее был рассмотрен турбопривод питательного насоса и расчет эффективности его внедрения на питательный насос.

Параметры турбопривода

Наименование параметра	Значение для насоса типа ПЭ-500-180
Максимальная мощность, МВт	3,4
Начальные параметры пара: - абсолютное давление, кгс/см ² - температура, °С	13,0±1,0 270±10
Номинальная частота вращения ротора, об/мин	2985
Диапазон изменения частота вращения ротора, об/мин	1485-3285
Диапазон изменения расхода питательной воды, м ³ /ч	250-550

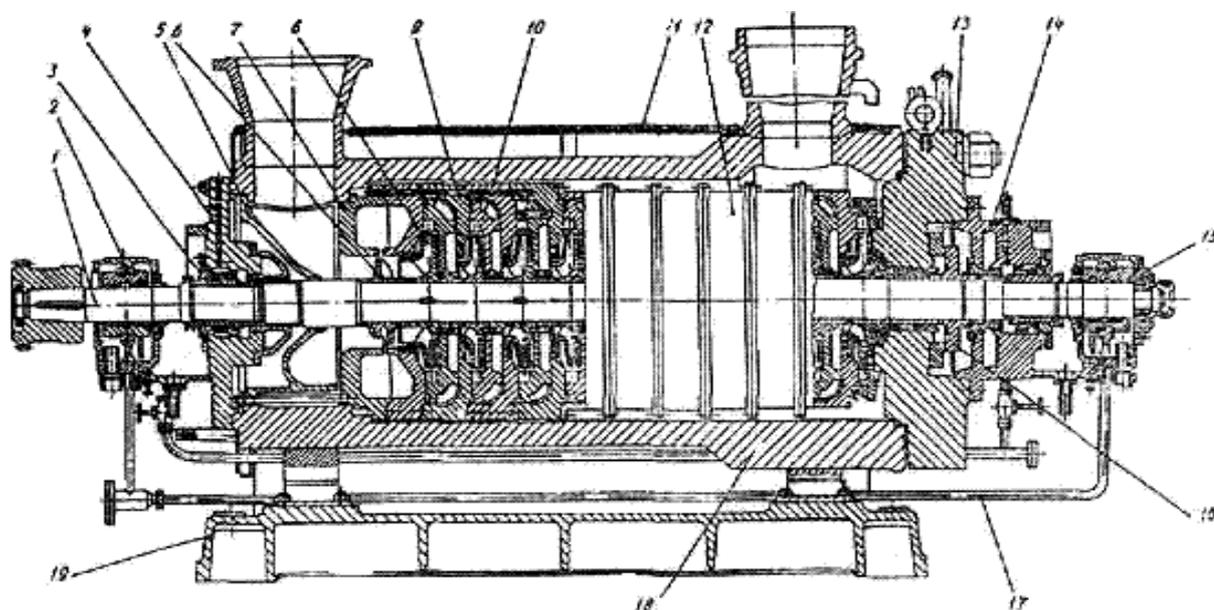


Рис. 1. Разрез насоса типа ПЭ:

1 - вал, 2 - подшипник, 3 - торцевое уплотнение, 4 - входная крышка, 5 - кольцевой подвод, 6 - предвключенное колесо, 7 - крышка, 8 - рабочее колесо, 9 - секция, 10 - направляющий аппарат, 11 - кожус насоса, 12 - внутренний корпус, 13 - напорная крышка, 14 - корпус концевого уплотнения вала, 15 - упор ротора, 16 - разгрузочный диск, 17 - вспомогательные трубопроводы, 18 - наружный корпус, 19 - плита фундаментная.

Затем был произведен экономический расчет внедрения турбопривода на питательный насос, исходя из проведенного анализа источников глобальной сети Интернет, можно сделать вывод, что стоимость турбопривода составляет 1620000 рублей.

Из приведенных расчетов, представленных в таблице 2, делаем вывод, что при внедрении технологии турбопривода на питательный насос ПЭ-580-180 получена годовая прибыль 590,895 тыс. руб/год, а срок окупаемости составил 3,56 года.

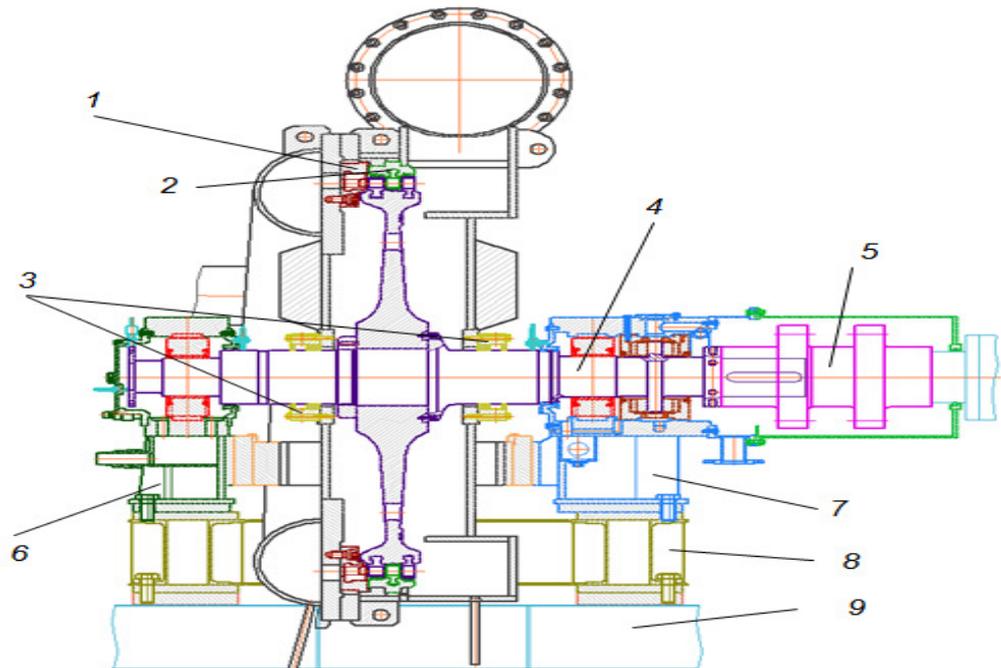


Рис. 2. Конструкция турбопривода:
 1- сопловой аппарат; 2- направляющий аппарат; 3-концевое уплотнение;
 4- ротор турбины; 5 - муфта УКМ7-1600; 6 - передняя опора; 7- задняя опора;
 8 – рама; 9 –рама насоса (существующая)

После выполненных расчетов был построен график расширения пара в турбоприводе, определен расход пара на турбопривод и расход топлива на производство пара.

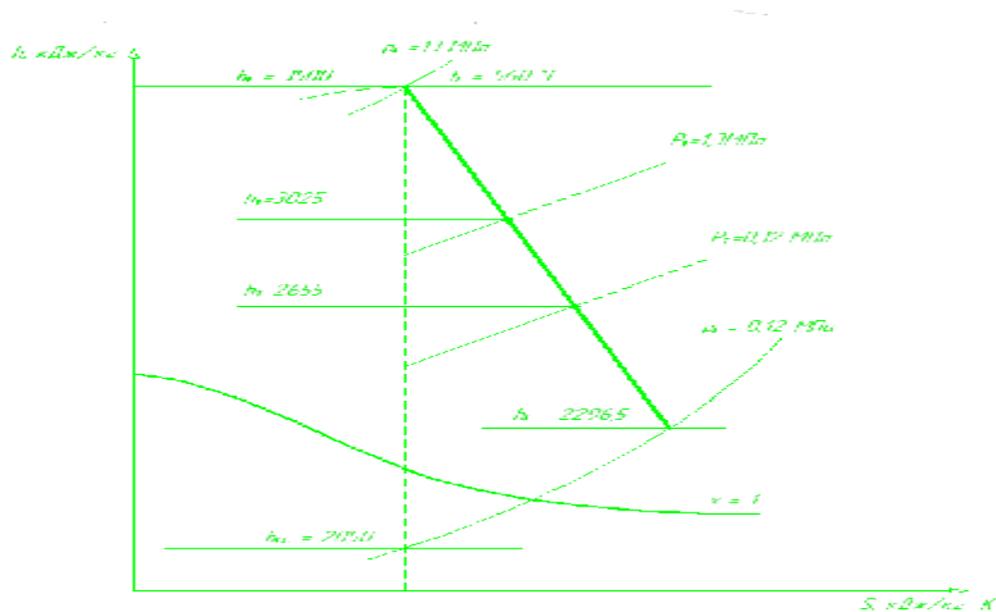


Рис. 3. Процесс расширения пара в турбине

Таблица 2
 Экономические показатели внедрения технологии турбопривода на питательный насос У-И ТЭЦ

Наименование	Капитальные затраты, тыс.руб.	Прибыль тыс.руб./год	Срок окупаемости мероприятия, лет
Питательный насос	2106	590,895	3,56

Литература

1. Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Энергоатомиздат, 1984.-416 с., ил.
2. ПИ 211.202.109.2014 ПЭН с ГМ
3. ПИ 211.202.102 ПТ - 60
4. Баженов М.И., Богородский А.С., Юренев В.Н. Промышленные тепловые электростанции: Учебник для вузов.- 2-е изд., перераб.- М.: Энергия, 1979.-296 с.,
5. Поляков В. В., Скворцов Л. С. Насосы и вентиляторы: Учеб. для вузов.- М.: Стройиздат, 1990.-336 с., ил.
6. Энергетические насосы: Справочное пособие.- М.: Энергоиздат, 1981.- 200 с., ил.
7. Карелин В. Я., Минаев А. В. Насосы и насосные станции: Учеб. для вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Стройиздат, 1986.- 320 с., ил.
8. Александров А.А, Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: Справочник. – М.:Издательство МЭИ. 2003. – 168 с., ил
9. Самсонов В. С. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учеб. для вузов/В. С. Самсонов, М. А. Вяткин.- 2-е изд.- М.: Высш. шк., 2003.- 416 с.,ил.

УДК 621.5

Эффективность ионнитных материалов

А.В. Старченко

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: водоподготовка, химводоочистка, фильтр, регенерация, катионит, дренаж.

В ходе научно-исследовательской работы было представлено усовершенствование системы водоподготовки для ТЭЦ, обеспечивающее эффективность ионнитных материалов.

Водоподготовка является неотъемлемой частью для нормальной работы котельных установок, тепловых сетей и ТЭЦ.

Объектом исследования и разработки являлась химводоочистка на ТЭЦ. Предмет разработки - система водоподготовки теплоисточников Иркутской области.

Сначала была рассмотрена схема водоподготовки. Далее были рассмотрены назначения и устройства Н – катионитовых фильтры.

Рассмотрим этапы водоподготовки:

1) осветление – подразумевает под собой удаление органических примесей, а также крупнодисперсных минеральных частиц. Для производства процесса осветления, воду обрабатывают при помощи коагулянтов флокулянтов. Так же, чтобы удалить часть крупных частиц используют фильтры с мелкой сеткой;

2) обеззараживание – это процесс очищения воды от болезнетворных бактерий, которые зачастую делают воду в открытых источниках непригодную к употреблению. Для снижения количества бактерий до безопасного минимума в основном воду принято хлорировать, но с развитием современных технологий воду часто обеззараживают при помощи ультрафиолетового излучения или используют озон;

3) умягчение воды позволяет удалить из ее состава катионы кальция и магния. Вода обрабатывается известью и содой, добиваясь значительного снижения карбонатной жесткости воды; так же воду опресняют и обессоливают, то есть удаляют из состава воды соли, вплоть до получения практически дистиллированной воды. Воду обессоливают не-

сколькими способами, электродиализом и обратным осмосом, а также дистилляцией. Кроме того, при водоподготовке вода проходит процесс обескремнивания, дегазации и обезжелезивания. Современные системы очистки воды работают в основном по методу обратного осмоса. Эта передовая технология позволит получать на выходе качественную, обогащенную кислородом, воду.

Схема водоподготовки (рисунок 1) для подпитки теплосети включает умягчение (удаление карбонатной жесткости) на Н-катионитных фильтрах с голодной регенерацией, подщелачивание исходной водой и декарбанизацию.

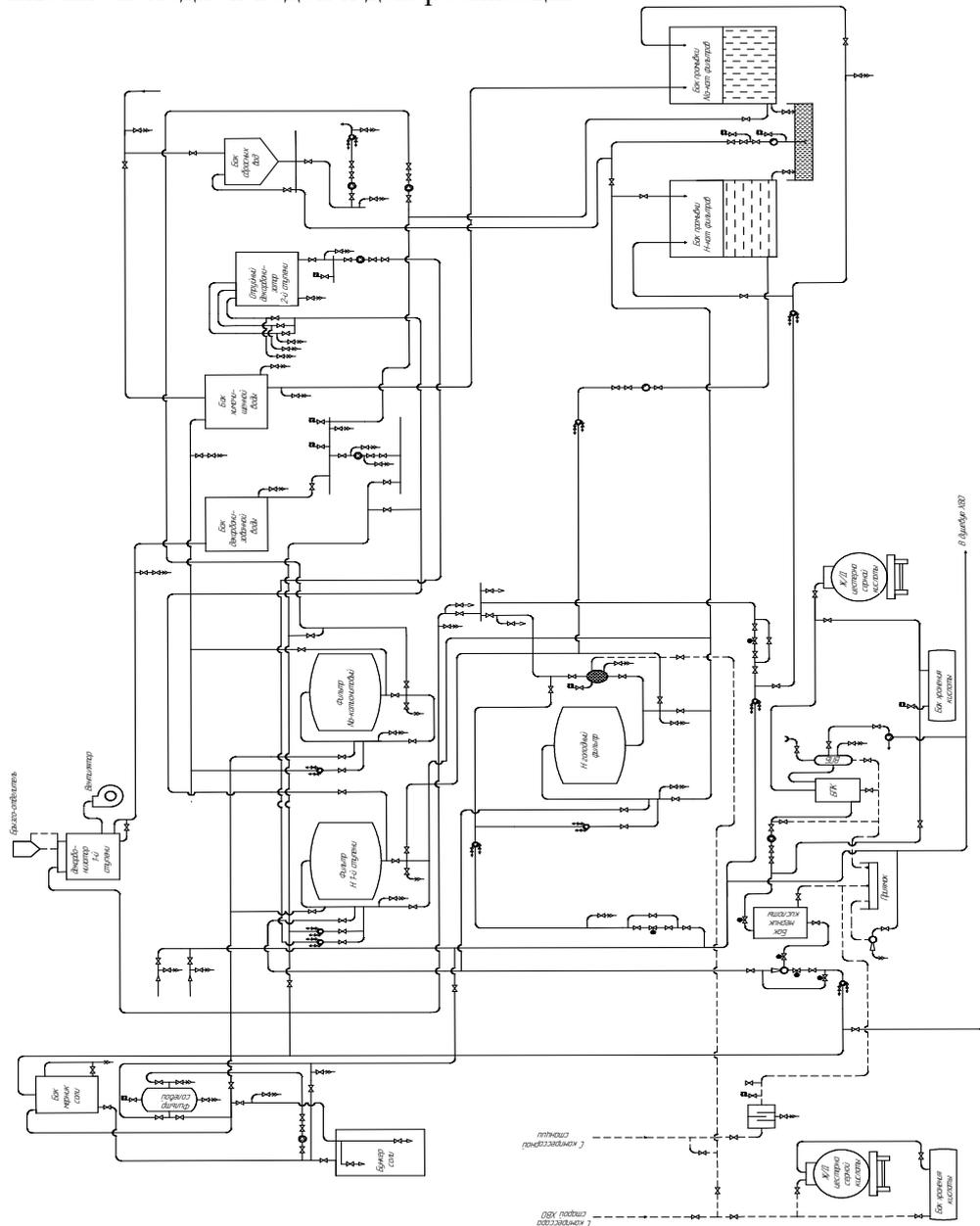


Рис. 1. Принципиальная схема химводоочистки

Основными элементами катионитных водоумягчительных установок являются катионитные фильтры. В промышленных и энергетических установках чаще всего применяют вертикальные фильтры.

На водоподготовительной установке ТЭЦ, фильтры Н – катионитовые, первой ступени предназначены для замены катионитов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} исходной воды на катионы водорода H^{+} .

Фильтр представляет собой однокамерный цилиндрический аппарат. Корпус фильтра – цилиндрический сварной, из листовой стали с приваренными эллиптическими штампованными днищами. Корпус снабжен двумя люками, имеет антикоррозионное покрытие герметиком Г-11-1. Верхний и нижний люки предназначены для частичной загрузки фильтрующего материала, ревизии и ремонта верхнего и нижнего распределительных устройств. На цилиндрической части корпуса фильтра приварены два штуцера для гидроперегрузки катионита, в нижней части приварен штуцер для гидроперегрузки подстилочного слоя. Для контроля работы фильтра во входящий и выходящий трубопровод врезаны пробоотборные линии, заведенные в сливную воронку, расположенную с фронта фильтра. Верхнее распределительное устройство предназначено для подвода исходной воды, регенерационного раствора и удаления воды при взрыхлении катионита. Нижнее дренажное – распределительное устройство предназначено для равномерного сбора обрабатываемой воды, регенерационного раствора и отмывочной воды, а так же для равномерного распределения по сечению фильтра взрыхляющей воды.

Фильтр имеет верхний и нижний люки для установки и монтажа внутренних устройств, ремонта и ревизии состояния фильтра в условиях эксплуатации, а также воздушник для удаления воздуха и снятия давления с фильтра.

На корпусе фильтра установлены два манометра, показывающие давление до и после фильтра.

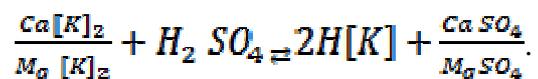
Эксплуатация Н - катионитовых фильтров сводится к последовательному проведению следующих операций: взрыхление, регенерация, отмывка и умягчение.

При обычном Н-катионировании регенерация проводится с удельным расходом кислоты, в 2,5 - 2 раза больше теоретически необходимого, который отвечает процессу эквивалентного обмена катионов между раствором и катионитом. Избыток кислоты, не участвующий в реакциях обмена ионов, сбрасывается из фильтра вместе с продуктами регенерации. При «голодной» регенерации Н-катионитного фильтра удельный расход кислоты равен его теоретическому удельному расходу, т. е. 1 г-экв/г-экв, или в пересчете на граммы для H_2SO_4 - 49 г/г-экв. Все ионы водорода регенерационного раствора при этом полностью задерживаются катионитом, вследствие чего сбрасываемый регенерационный раствор и отмывочные воды не содержат кислоты. В отличие от обычных Н-катионитных фильтров, в которых весь слой катионита при регенерации переводится в Н-форму, при «голодном» режиме регенерируются, т. е. переводятся в Н-форму, только верхние слои, а нижние слои остаются в солевых формах и содержат катионы Ca(II), Mg(II) и Na(I).

В верхних слоях катионита, отрегенированного «голодной» нормой кислоты, при работе фильтра имеют место все реакции ионного обмена, приведенные выше т. е. происходит нейтрализация кислотности воды и при этом восстанавливается ее некарбонатная жесткость, а зона слоя, содержащего ионы H^+ , смещается постепенно книзу.

Н - катионитовые фильтры регенерируют 1-1,5%-ным раствором серной кислоты. Регенерационный раствор серной кислоты фильтруют через слой катионита со скоростью не менее 10 м/ч с последующей его отмывкой не умягченной водой, пропускаемой через катионит сверху вниз со скоростью 10 м/ч. Расход 100%-ной кислоты, кг, на одну регенерацию Н-катионитового фильтра Q_k .

Процесс регенерации Н-катионитовых фильтров описывается следующей реакцией:



Регенерацию H^+ - катионитовых фильтров I ступени на станциях водоподготовки производят разбавленным (1 - 1,5%-ным) раствором серной кислоты, чтобы предотвратить отложение гипса на зернах катионита, причем фильтруют этот раствор со скоростью не менее 10 м/ч. Возможно применение и более концентрированных растворов серной кисло-

ты при условии, что общее время контакта катионита с регенерационным раствором будет значительно меньше времени существования пересыщенного раствора сульфата кальция. Поскольку длительность удерживания сульфата кальция в пересыщенном растворе зависит от очень многих факторов, это время надо на каждой промышленной установке определять опытным путем, что ограничивает использование приема в промышленной практике.

Применение разбавленных растворов серной кислоты для регенерации H^+ - катионитового фильтра практически делает невозможной утилизацию отработанных растворов, представляющих собой смесь насыщенного раствора сульфата кальция и серной кислоты с общей концентрацией 5—10 г/л. Поэтому для регенерации H^+ - катионитовых фильтров в установках для получения технической воды из сточных вод, которые предназначены в основном для эксплуатации в замкнутых системах водоснабжения, не имеющих сбросов в водоемы, использование разбавленных растворов серной кислоты непригодно.

Регенерация H^+ - катионитового (как и Na^+ -катионитового) фильтра должна сопровождаться получением технически ценных солей в виде достаточно концентрированных растворов для того, чтобы выделение из них твердых продуктов было экономически оправданно. Это же условие, разумеется, относится и к регенерации OH^- - анионитовых фильтров.

Расчет выполнили для четырех различных катионитов: первый режим для катионита КУ-1, второй режим для катионита Гранион СWP-1^{1, 2, 4} (D 113), третий режим для катионита S-108, четвертый режим SNP-80. Сводим в таблицу 1.

Таблица 1

Расчет для четырех различных катионитов

Катиониты	$H_{сл}$	T	m	в	B	$B_{сут}$	$B_{взр}$
SNP-80	1,1	158,4	0,61	69,58	543,4	1114,01	127,8
S-108	0,6	74,55	1,23	24,01	255,7	314,52	127,8
Гранион СWP-1 ^{1, 2, 4}	1,1	35,93	0,68	112,7	880,1	598,53	127,8
S-108	0,6	34,79	0,69	24,01	880,1	176,44	127,8
КУ-1	1,5	8,05	2,98	130	579,3	1726,5	1533,6
S-108	0,6	30,77	0,78	208	2215,2	1727,9	127,8

Таблица 2

Показатели для четырех различных катионитов

Катиониты	U_p	$U_{отм}$	$U_{общ}$	$g_{сн}$	t_p	$t_{отм}$	$t_{рег}$	$T_{рег}$
SNP-80	792,1	21,3	941,2	80,4	669,4	18	11,96	7,29
S-108	372,7	14,2	514,7	26,17	315	6	5,85	7,2
Гранион СWP-1 ^{1, 2, 4}	67,7	21,3	216,8	6,14	57,21	9	1,53	1,04
S-108	16,9	14,2	158,9	4,57	14,3	6	0,84	0,58
КУ-1	6,05	28,4	1568,1	194,7	5,1	40	19	5,66
S-108	2315	14,2	1570,9	51,1	19,56	6	1,7	1,33

По произведенным расчетам четырех режимов при одинаковой скорости фильтрования и высоте слоя, мы видим, что режимы имеют разные технологические показатели. Целесообразно ввести в эксплуатацию катионит - S108, так как продолжительность фильтроцикла больше, чем у SNP-80, Гранион СWP-1^{1, 2, 4} (D 113) , КУ-1 и при этом меньше расход поваренной соли на регенерацию, и расход воды на собственные нужды.

Литература

1. Белан Ф.И. Водоподготовка: Учебник для техникумов – 3-е изд. перераб. – М.: Энергия 1979, - 208 с.
2. Вводные режимы тепловых и атомных электростанций Маргунова Т.Х., Мартынова О.И., Москва, - Высшая школа 1981

3. Вихрев В.Ф., Шкроб М.С. Водоподготовка, Изд. 2-е, перераб. и доп. М., Энергия, 1973. – 416 с.
4. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 310 с.

УДК: 621.5

Новые технологии водоподготовки

А.В. Старченко

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

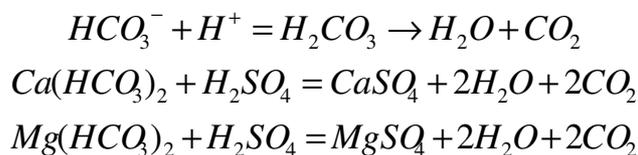
Ключевые слова: декарбонизатор, деаэрация, кислота, эжектор, ультрафиолет.

В ходе научно-исследовательской работы исследовались новые технологии водоподготовки которые внедрялись на предприятия иркутской области. При подкислении сырой воды серной кислотой увеличивается содержание сульфат-иона в обрабатываемой воде и может возникнуть опасность выпадения гипса $CaSO_4$, что также отрицательно влияет на работу теплофикационного оборудования.

Объектом исследования и разработки являлся цех районной Галачинской котельной. Предмет разработки - схема подкисления и ультрафиолетовое обеззараживание воды.

Сначала была рассмотрена схема подкисления. Далее были рассмотрены декарбонизация питательной воды и ультрафиолетовое обеззараживание воды.

Сущность метода подкисления заключается в разрушении серной кислотой карбонатной жесткости до значения 0,2 - 0,4 мг-экв/дм³ с переводом ее в некарбонатную жесткость:



Выделяемая в результате реакции углекислота частично удаляется в декарбонизаторе и полностью в деаэраторе. Схема подкисления воды серной кислотой с последующей декарбонизацией и деаэрацией имеет значительное практическое преимущество – отсутствие сбросных вод, что повышает ее конкурентоспособность в сравнении со всеми применяемыми в настоящее время способами снятия карбонатной жесткости природных вод, возможностью автоматизации процесса.

Серная кислота из мерников кислоты самотеком через регулятор кислоты поступает в бак прерыва струи. Мерники серной кислоты представляют собой цилиндрические стальные емкости объемом 1 м³ каждый. Мерники снабжены: поплавковыми указателями уровня; грязевиком, предотвращающим попадание в мерники грязи и грата; дренажами; воздушниками. Операции по закачке кислоты в мерники выполняются согласно производственной инструкции по безопасной эксплуатации баков хранения серной кислоты на ХВО цеха РГК.

Регулятор кислоты представляет собой игольчатый клапан диаметром $D = 10$ мм. Седло регулятора сделано из фторопласта с отверстием $d = 8$ мм. Конусный клапан выточен из стали, длина его 35 мм, максимальный диаметр основания конуса 9 мм. Максимальный ход штока клапана 16 мм. Регулировка расхода кислоты происходит вручную.

Бак прерыва струи – диаметром $D = 325$ мм и объемом $V = 0,024$ м³ с установленной в ней воронкой для приема кислоты. Воронка соединена с эжектором при по-

мощи гибкой трубки. Бак прерыва струи необходим для предотвращения попадания воды в мерник, где находится концентрированная серная кислота, снабжен сливным дренажом и крышкой. Из бака прерыва струи серная кислота подается на эжектор кислоты и дозируется в обрабатываемую воду.

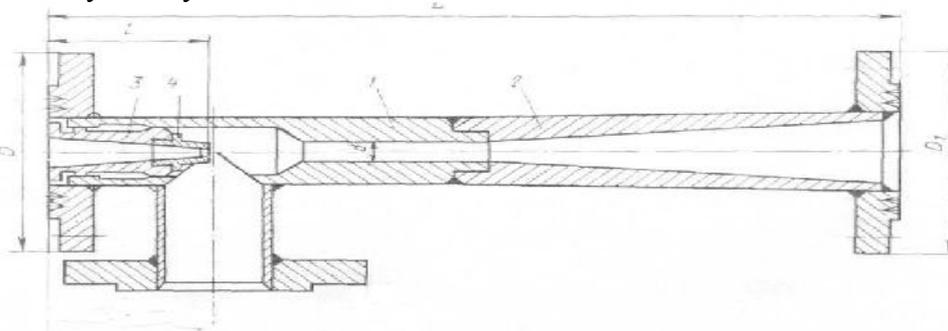


Рис. 1. Устройство эжектора:
1 – корпус; 2 – диффузор; 3 – стакан; 4 – сопло.

Устройство эжектора показано на рисунке 1. Рабочий поток, выходя из сопла (4) в приемную камеру, увлекает среду, имеющую перед аппаратом более низкое давление. Потoki рабочей и инжектируемой сред поступают в камеру смешения. Далее поток поступает в диффузор (2). Давление смешанного потока на выходе из диффузора выше давления инжектируемого потока, но ниже давления рабочего потока.

Контроль за pH подкисленной воды осуществляется непрерывно с помощью приборов pH-метр. Регистрирующий прибор установлен на щите ХВО. Контроль за щелочностью подкисленной воды осуществляется согласно графика химконтроля.

При эксплуатации установки подкисления необходимо контролировать дозирование кислоты в исходную воду. Прекращение дозирования кислоты возможно из-за:

- а) срыва работы эжектора;
- б) засорения сопла эжектора грязью и гратом;
- в) засорения игольчатого клапана регулятора кислоты;
- г) гипсования трубопроводов подачи кислоты из мерников в бак прерыва струи;
- д) отсутствия кислоты в мерниках.

На участке ХВО установлен декарбонизатор. Декарбонизаторы предназначены для удаления свободной, растворённой в воде углекислоты, избыток которой вызывает коррозию металла.

Принцип действия декарбонизатора заключается в использовании процесса десорбции, то есть перехода растворённого в воде углекислого газа из жидкой, в газообразную фазу. Так как в обрабатываемой воде парциальное давление углекислоты значительно больше, чем в воздухе, где парциальное давление CO_2 близко к нулю, то при их соприкосновении углекислота переходит из воды в воздух и вместе с ним выводится в атмосферу

Количество выделяющегося в процессе десорбции углекислого газа напрямую зависит от площади поверхности соприкасающихся жидкой и газообразной фаз. Чем больше эта поверхность, тем с большим эффектом происходит это выделение. Для увеличения поверхности соприкасающихся фаз рабочий объём декарбонизатора заполнен так называемой насадкой декарбонизатора.

Традиционно, в качестве насадки декарбонизаторов химводоочистки применяются керамические кольца Рашига, диаметром 25 мм. Основным достоинством их является дешевизна, однако у них имеются ряд серьезных недостатков: малая площадь поверхности, а следовательно, низкая скорость дегазации, большой удельный вес создает большую нагрузку на строительные конструкции. Кроме того, этот материал очень хрупкий, битые кольца Рашига, их осколки забивают отверстия решетки нижней царги,

что препятствует нормальной работе декарбонизатора. В последние годы кольца Рашига всё чаще заменяются насадками с более высокой производительностью - Кольцами Палля, DANPAK SAT-55 (рисунок 2), несомненными преимуществами которых являются:

- увеличенная рабочая площадь поверхности, что позволяет полностью удалять углекислоту на выходе из декарбонизатора;
- более легкий вес (в 5 раз легче колец Рашига), а значит, снижается нагрузка на нижнюю решетку декарбонизатора;
- ударопрочный материал, из которого изготовлен наполнитель. В связи с этим потери при выгрузке, загрузке практически исключены;
- долгий срок службы. В процессе эксплуатации насадки практически не теряют своих физико-химических свойств. Срок службы составляет 25 лет.



1) 2) 3)

Рис. 2. Типы насадок:

1- кольцо Рашига; 2 - кольцо Палля, 3 – SAT-55

Декарбонизатор (рисунок 3) представляет собой цилиндрический бак, сверху на крышке бака расположены патрубки для подачи декарбонизируемой воды и выхода воздуха, поступающего в декарбонизатор через патрубок расположенный в нижней его части. В днище бака имеются патрубок для выхода декарбонизируемой воды.

Работает декарбонизатор следующим образом.

Химочищенная вода по трубопроводу (3) поступает в верхнее пространство (4) - верхняя царга - и через патрубки на слой насадки (2) из керамических колец Рашига, уложенных на колосниковую решетку (5). После прохождения слоя насадки высотой 2,8 м вода поступает в нижнее пространство - нижняя царга - и по трубопроводу (7) отводится в баки химочищенной воды. Наружный воздух вентилятором (6) производительностью 10000 м³ / ч подается в нижнюю царгу навстречу потоку воды, проходит слой насадки, верхнюю царгу и отводится по коробу (8) вместе с углекислым газом, удаляемым из воды, проходит каплеотделитель и выбрасывается наружу. Для защиты декарбонизатора от коррозии и предотвращения загрязнения воды продуктами коррозии металла внутренняя поверхность аппарата покрыта кислотостойким покрытием (эпоксидной шпатлевкой ЭП-0010). Снаружи корпус декарбонизатора покрыт тепловой изоляцией.

Оптимальная работа декарбонизатора может быть обеспечена при температуре воды не ниже +35 °С и при нагрузке по воде не более 550 м³/час. При более низкой температуре и при подаче воды в большем количестве, процесс дегазации происходит хуже, повышается остаточное содержание углекислоты.

Во время работы декарбонизатора необходимо наблюдать:

- за постоянным поступлением воды в него;
- периодически отбирать анализы воды на содержание СО₂;
- следить за температурой поступающей и обработанной воды;
- сверять положение заслонки на воздуховоде в зависимости от расхода воды;
- следить за нормальной работой каплеотделителя и при сильном брызгоуносе уменьшить расход воздуха.

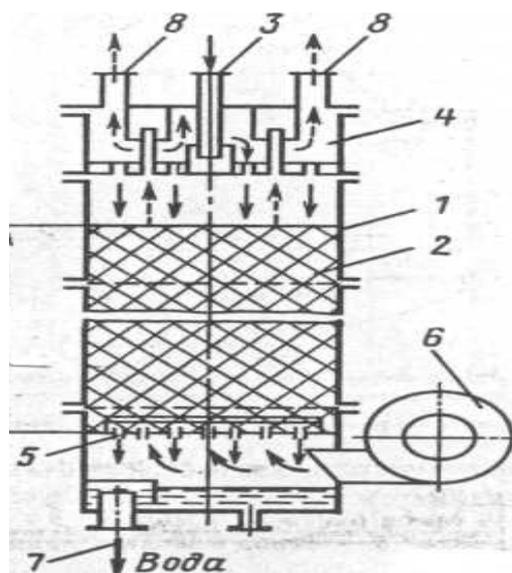


Рис. 3. Декарбонизатор

Основные неполадки в работе декарбонизатора:

- механические повреждения корпуса, каплеотделителя, воздухо-водов;
- измельчение, разрушение колец Рашига;
- отключение или механические неполадки в работе вентиляторов;
- замерзание воды в стаканах верхней царги, замерзание слива с каплеотделителя.

Ультрафиолетовое обеззараживание воды (рисунок 4). Ультрафиолетовым называется электромагнитное излучение в пределах длин волн от 10 до 400 нм. Для обеззараживания используется «ближняя область»: 200–400 нм (длина волн природного ультрафиолетового излучения у поверхности земли больше 290 нм). Наибольшим бактерицидным действием обладает электромагнитное излучение на длине волны 200–315 нм и максимальным проявлением в области 260 ± 10 нм. В современных УФ-устройствах применяют излучение с длиной волны 253,7 нм.

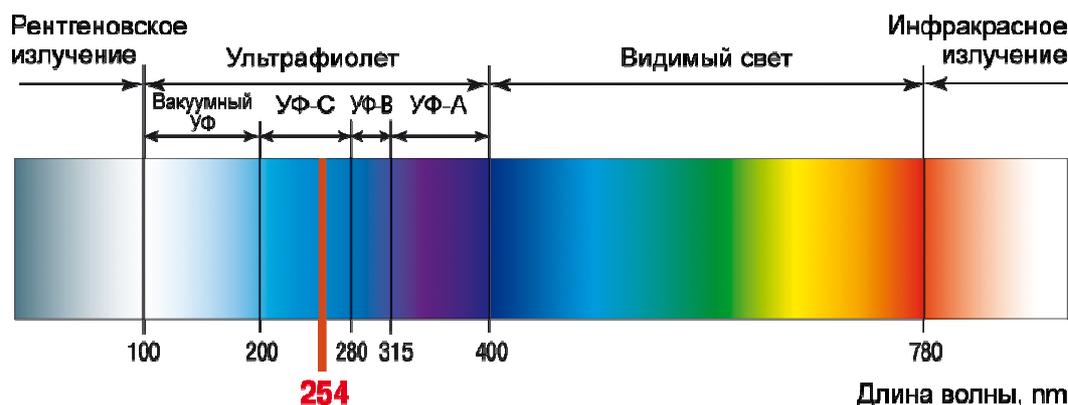


Рис. 4. Ультрафиолет в спектре электромагнитного излучения

Метод УФ-дезинфекции известен с 1910 г. (рисунок 5), когда были построены первые станции для обработки артезианской воды во Франции и Германии. Бактерицидное действие ультрафиолетовых лучей объясняется происходящими под их воздействием фотохимическими реакциями в структуре молекулы ДНК и РНК, составляющими универсальную информационную основу механизма воспроизводимости живых организмов. Результат этих реакция – необратимые повреждения ДНК и РНК. Кроме того, действие ультра-фиолетового излучения вызывает нарушения в структуре мембран и клеточных стенок микроорганизмов. Всё это в конечном итоге приводит к их гибели.

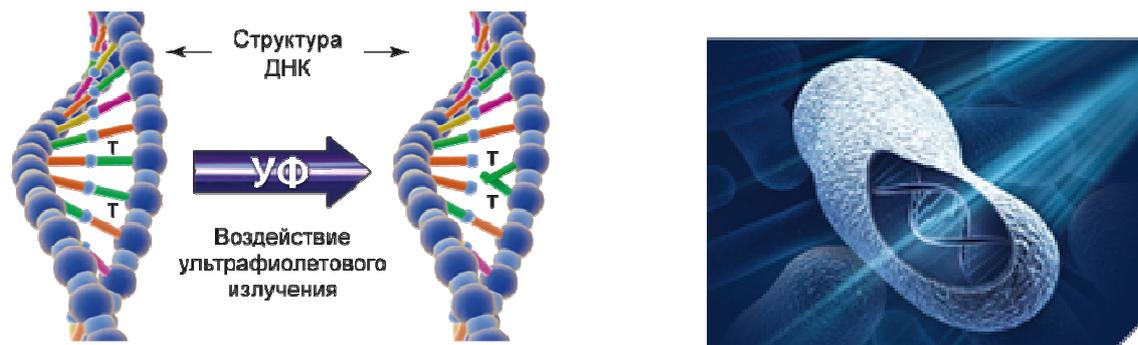


Рис. 5. Механизм УФ обеззараживания

Литература

1. Водоподготовка "Процессы и аппараты" Мартынова О.И. /атом издат.1977
2. Декарбонизаторы водоподготовительных установок систем теплоснабжения/Учебное издание/ Шарапов В.И., Сивухина М.А. - М.:Издательство АСВ, 2000 – 200 с.
3. Очистка производственных сточных вод: Учебное пособие для студентов вузов/Яковлев С. В., Карелин Я. А., Ласков Ю. М., Воронов Ю. В. М.: Стройиздат, 1979. 320 с.
4. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1976.

УДК: 621.5

Разработка пневмосистемы малого предприятия

К.Ю. Юрасов

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: резерв системы, давление компрессорной станции, давление сети, скоростью движения воздуха, расход сжатого воздуха.

В ходе научно-исследовательской работы была спроектирована пневмосистема для малого предприятия, обеспечивающая пневмооборудование сжатым воздухом.

Сжатый воздух как энергоноситель получил широкое применение во всех отраслях народного хозяйства, а также на промышленных предприятиях. Применение сжатого воздуха позволяет механизировать ряд трудоемких технологических процессов в различных отраслях промышленности.

Объектом исследования и разработки являлся цех ремонта электродвигателей. Предмет разработки - система производства сжатого воздуха.

Сначала был определен средний расход сжатого воздуха по всему предприятию исходя из требующегося на предприятии оборудования. Далее были рассчитаны диаметры воздухопроводов, необходимые для коммуникации сжатого воздуха от компрессорной станции к потребителям.

Предприятие является малым и для него средний расход сжатого воздуха равняется $Q = 0,44 \text{ м}^3/\text{с}$.

Были определены потери давления по наиболее загруженной ветви, исходя из которых было найдено расчетное давление на компрессорной станции. А также были рассчитаны потери давления на остальных ветвях системы.

По результатам расчетов для каждой ветви составлены графики падения давления по участкам и приведены таблицы со всеми параметрами ветвей.

Схема пневмосистемы показана на рисунке 1. На ней изображены несколько веток. Самой протяженной из них является ветка «А». Ее характеристики приведены в таблице 1 и на графике (рисунок 3). Сама ветка и потребители воздуха на ней изображена на рисунке 2.

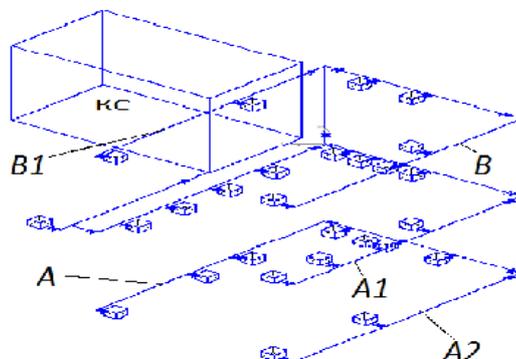


Рис. 1. Схема разветвлений системы воздухообеспечения предприятия

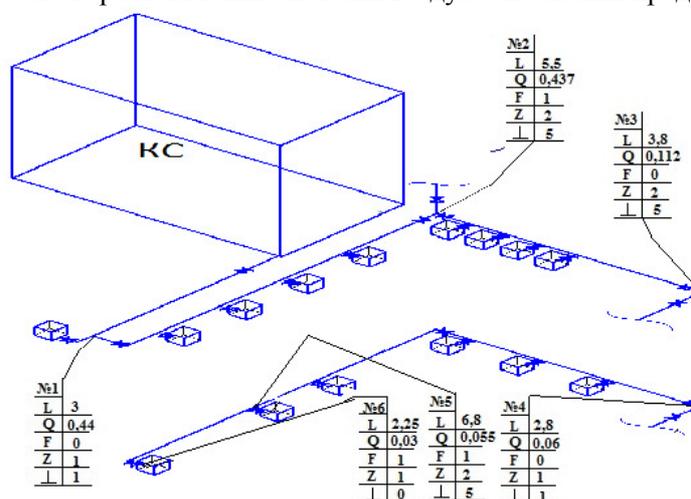


Рис. 2. Схема воздухообеспечения на ветви «А»

Таблица 1

Технические показатели ветви «А»

№ участка	1	2	3	4	5	6
F, шт	0	1	0	0	1	1
Z, шт	1	2	2	1	2	1
I, шт	1	5	5	3	5	0
L, м	3	5,5	3,8	2,8	6,8	2,25
$l_{эKB}$, м	10,82	49,4	23,8	3,18	14,53	0,732
D, м	0,125	0,125	0,07	0,04	0,04	0,032
Q, м ³ /с	0,44	0,437	0,112	0,06	0,055	0,03
ω , м/с	8	8	8	8	8	8
λ	0,037	0,037	0,043	0,049	0,049	0,05
Re	66401	66401	37184	21248	21248	16999
$h_{тр,i}$, мм.вод.ст	13,34	52	55,3	23,9	85,23	15,2
Δ_i , %	5,4	21,1	22,5	9,72	34,65	6,2
$h_{тр}$, мм.вод.ст	245,97					
Δ , %	3,02					
$\Delta P_{тр}$, Па	18193,8					
$P_{КС}^{общ}$, Па	638696,3					

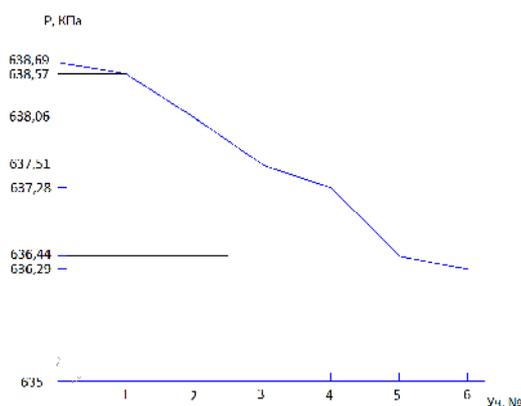


Рис. 3. График падения давления на ветви «А»

Был проведен расчет максимально длительной нагрузки на компрессорную станцию (КС). Также рассчитана нагрузка на КС во вторую и третью смены. И взяв во внимание такие показатели как степень покрытия максимальной нагрузки, степень загруженности КС во вторую и третью смены, гибкость работы, давление, однотипность компрессоров и гибкость работы, была подобрана наиболее подходящая комплектация КС основным оборудованием.

К этому оборудованию было подобрано вспомогательное оборудование, такое как: фильтры, воздухоохладитель, влагомаслоотделитель и воздухосорбник.

При рассмотрении различных вариантов комплектации КС, было получено, что наиболее удачной будет комплектация компрессорами серии КСЭ-6м в количестве 5 штук. Давление компрессорной станции из характеристик компрессоров $P_{КС} = 0,686 \text{ МПа}$, максимально длительная нагрузка в 1, 2, 3-ю смены соответственно составила $0,458 \text{ м}^3/\text{с}$, $0,4122 \text{ м}^3/\text{с}$, $0,2748 \text{ м}^3/\text{с}$. Также степень покрытия максимально длительной нагрузки в первую смену составила 87,3%. Степень использования компрессоров составила во вторую – 82,4%, в третью – 91,6%.

Затем был произведен расчет того, насколько можно нагрузить данную систему дополнительным оборудованием без изменения её конструкции и без потерь в производительности.

Но предварительно необходимо было учесть следующее. Что первичный расчет был произведен с условно принятой постоянной скоростью движения воздуха $\omega = \text{const} = 8 \text{ м/с}$. Теперь же имея точные диаметры воздухопроводов, степень потребления энергоносителя и прочие данные, можно пересчитать скорость воздуха в трубах, чтобы получить её действительное значение. Так как основной интерес для проверки на резерв по потреблению представляет наиболее протяженная ветвь сети, то был произведен ее перерасчет. После пересчета потери давления на ней составили $\Delta = 1,84 \%$, вместо начальных $\Delta = 3,02 \%$.

Вот теперь можно было приступить непосредственно к расчету резерва системы. Потери не должны превышать 10 %. Следовательно, у нас еще 8,16 % запаса. Можно увеличивать расход воздуха на дополнительное пневмооборудование при прежних диаметрах труб без ущерба системе.

После нескольких расчетов с добавлением различных нагрузок было получено, что максимально систему можно нагрузить на последнем участке ветви «А» на $Q = 0,08 \text{ м}^3/\text{с}$, при этом не превысив максимально допустимых потерь.

Таблица 2

Технические показатели ветви «А» с максимальной нагрузкой

№ участка	1	2	3	4	5	6
L, м	3	5,5	3,8	2,8	6,8	2,25
$I_{ЭКВ}$, м	10,82	49,4	23,8	3,18	14,53	0,732

D, м	0,125	0,125	0,07	0,04	0,04	0,032
Q, м ³ /с	0,52	0,517	0,192	0,14	0,135	0,11
ω, м/с	6,78	6,74	7,98	17,81	17,18	21,87
λ	0,0373	0,0373	0,0429	0,0488	0,0488	0,0515
Re	56275	55943	37092	47304	45631	46470
h _{тр,i} , мм.вод.ст	9,66	37,93	54,9	117,95	391,47	117,45
Δ _i , %	1,32	5,2	7,53	16,17	53,67	16,1
h _{тр} , мм.вод.ст	729,36					
Δ, %	8,78					
ΔP _{тр} , Па	53948,74					
P _{кв} ^{общ} , Па	674451,24					

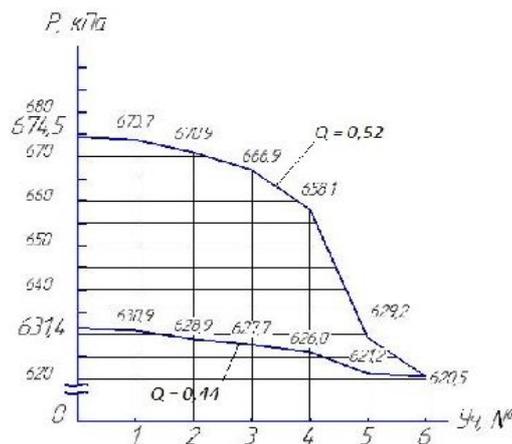


Рис. 4. График падения давления на ветви «А» при фактической и максимально возможной нагрузке

Для большей наглядности произведен дополнительный расчет и по нему построен график давления (рисунок 5). До этого мы считали насколько большим должно быть давление нагнетаемое компрессором, чем номинальное давление сети. Теперь посчитано насколько упадет давление сети в том или ином случае, принимая, что компрессор выдает строго номинальное давление сети покрывая лишь потери на всосе и потери в воздухоподогревателе, а именно $P_{\text{раб}} = 0,62$ МПа.

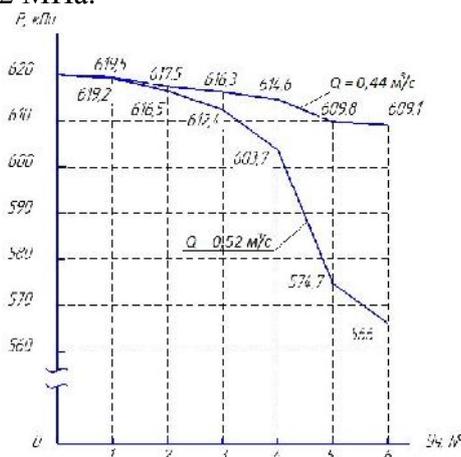


Рис. 5. График падения давления на ветви «А» при фактической и максимально возможной нагрузке

Данная работа может использоваться как проект системы воздухообеспечения малого предприятия, использующего пневмоинструмент и пневмооборудование.

Получено, что при расходе равном $Q = 0,44$ м³/с потери составляют $\Delta = 1,84$ % или $\Delta P_{\text{тр}} = 10883,56$ Па. При расходе равном $Q = 0,52$ м³/с потери составляют $\Delta = 8,78$ % или

$\Delta P_{тр} = 53948,74$ Па. Это максимальная возможная нагрузка. Большие значения расхода воздуха невозможны ввиду превышения максимально допустимых потерь на трение и характеристик компрессоров. Компрессор класса КСЭ-6м имеет производительность $0,1042$ м³/с, соответственно в количестве пяти штук компрессорная станция может производить не более $0,521$ м³/с сжатого воздуха.

Литература

1. Федяев А.А., Калинин Н.В., Данилов О.Л. Технологические энергосистемы предприятий. Расчет систем производства и распределения газообразных энергоносителей: Учебное пособие.- Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2005.-104с.;
2. Федяев А.А. Промышленные теплоэнергетические системы: лабораторный практикум.- Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2003.- 164 с.
3. Рабинович О.М. Сборник задач по технической термодинамике.
4. Берман Я.А., Маньковский О.Н., Лорр Ю.Н., Рафалович А.П. Системы охлаждения компрессорных установок. – Л: Машиностроение, 1984.-288с.

УДК 697.1

Система автономного отопления предприятия ИП «ЭЛДВИГ»

К.Ю. Юрасов

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: теплопотери, потери давления на трение, главное циркуляционное кольцо, расход энергоносителя, теплоотдача.

В ходе работы была спроектирована автономная система отопления для малого предприятия, обеспечивающая комфортные условия труда в производственных помещениях.

Объектом исследования и разработки является цех ремонта электродвигателей. Предмет разработки - система отопления.

В начале расчетов были рассчитаны потери теплоты через ограждающие конструкции с учетом вида и толщины изоляционных материалов, ориентации ограждающих конструкций по сторонам света, местного климата.

Конструктивные схемы стены и чердачного перекрытия показаны на рисунке 1.

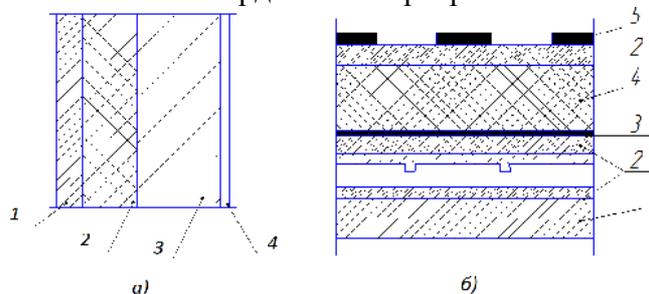


Рис. 1. Конструктивные схемы:

- а) схема конструкции наружной стены: 1- наружный отделочный слой; 2- утеплитель; 3- несущий слой 4- внутренний отделочный слой;
- б) схема конструкции чердачного перекрытия: 1 - железобетонная плита перекрытия; 2 - выравнивающий слой из цементно-песчаного раствора; 3-пароизоляция – один слой рубероида насухо; 4-утеплитель – пенополистирол; 5-кровля – 2 слоя наплавленного материала.

Далее на основании нормативных документов были определены требуемые в помещениях температуры, в зависимости от категорий помещений и посчитаны необходимые тепловыделения отопительных приборов с учетом покрытия потерь теплоты. Также была посчитана гидравлика трубопроводов для энергоносителя. Схема системы отопления изображена на рисунках 2 – 6.

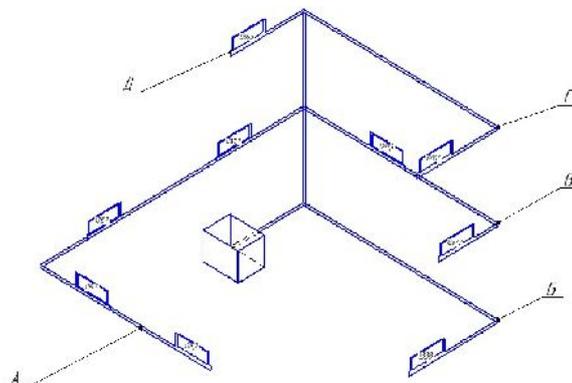


Рис. 2. Схема системы отопления предприятия в изометрии

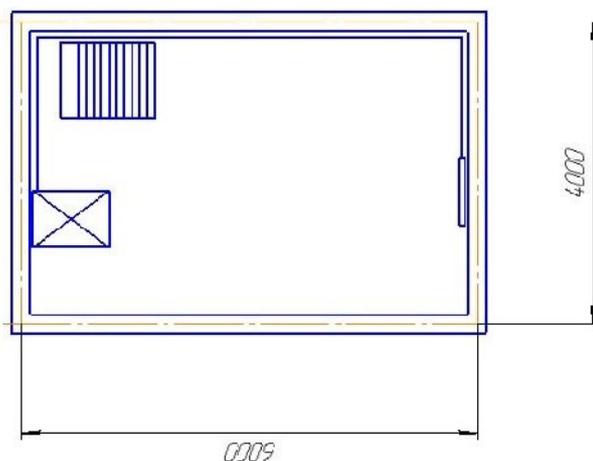


Рис. 3. Схема системы отопления 0 этажа с котлом

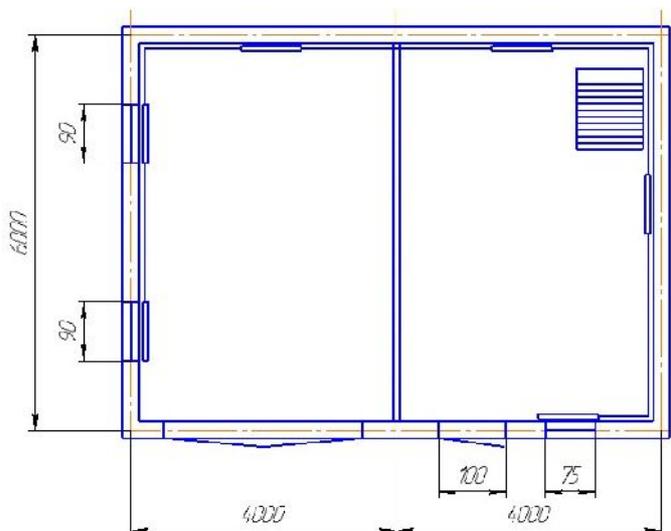


Рис. 4. Схема системы отопления 1 этажа

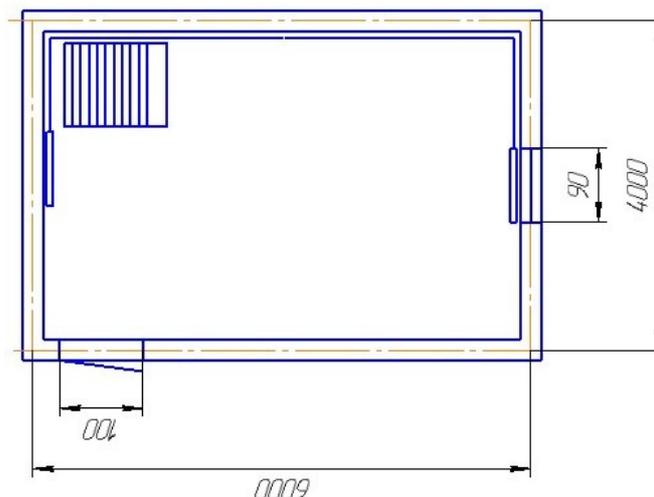


Рис. 5. Схема системы отопления 2 этажа

Были посчитаны расходы воды, сопротивления на трение, скорость энергоносителя и диаметры для всей системы. Для удобства система была разбита на пять ветвей (рисунок 2). Подробная схема самой протяженной и наиболее энергоемкой ветки «А» представлена на рисунке 6.

В системе используются биметаллические радиаторы L350 по десять секций. Каждая секция имеет теплоотдачу в 0,13 кВт.

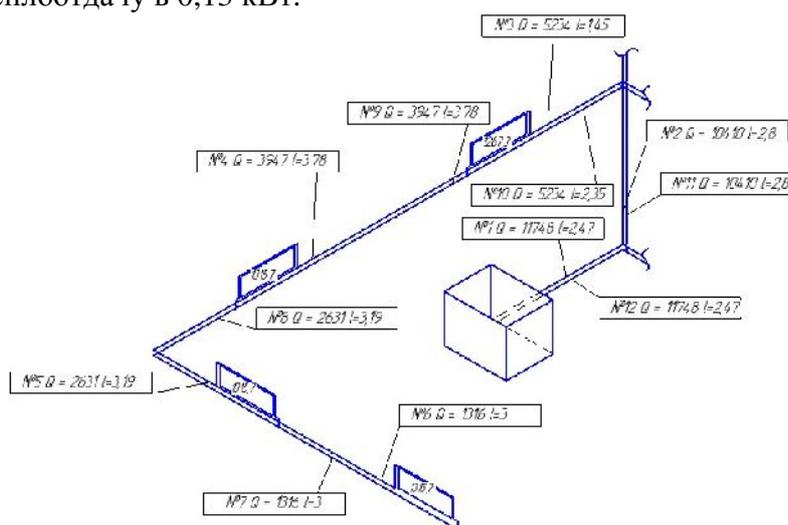


Рис. 6. Схема расположения радиаторов ветки «А»

Характеристики системы также представлены в таблицах 1 – 5.

Таблица 1

Характеристики ветки «А»											
Но мер у ча	$Q_{уч}$, Вт	$R_{ср}$ Па/м	G_i , кг/ч	Диа метр, м	$l_{уч,i}$, м	$V_{уч}$, м/с	$R_{уд}^{\phi}$, Па/м	$\Delta P_{уч}^{TP}$, Па	$\sum \xi$	$\Delta P_{мс}$, Па	$\Delta P_{уч}$, Па
1	11748	74,98	405,2	20	2,47	0,2	55,24	136,4	8	80	216
2	10410		359,1	20	2,8	0,18	49,0	137,2	1	10	147
3	5234		180,5	15	1,45	0,12	32,8	47,56	1	10	57,
4	3947		136,1	15	3,78	0,09	24,7	93,37	1	10	103
5	2631		90,7	15	3,19	0,06	16,5	52,63	1	10	62,
6	1316		45,4	15	3,0	0,03	8,25	24,75	1	10	34,

7	1316		45,4	15	3,0	0,03	8,25	24,75	1	10	34,
8	2631		90,7	15	3,19	0,06	16,5	52,63	1	10	62,
9	3947		136,1	15	3,78	0,09	24,7	93,37	1	10	103
10	5234		180,5	15	2,35	0,12	32,8	77,08	1	10	87,
11	10410		359,1	20	2,8	0,18	49,0	137,2	1	10	147
12	11748		405,2	20	2,47	0,2	55,24	136,4	8,5	85	221

Таблица 2

Характеристики ветки «Б»

Но- мер уча- стка	$Q_{уч}$, Вт	$R_{ср}$ Па/м	G_i , кг/ч	Диа- метр, м	$l_{уч,i}$, м	$V_{уч}$, м/с	$R_{уд}^{\phi}$, Па/м	$\Delta P_{уч}^{TP}$, Па	$\sum \xi$	$\Delta P_{мс}$, Па	$\Delta P_{уч}$, Па
1	1338	74,98	46,1	15	7,18	0,03	8,38	60,17	1	10	70,17
2	1338		46,1	15	8,08	0,03	8,38	67,7	1,5	15	82,7

Таблица 3

Характеристики ветки «В»

Но- мер уча- стка	$Q_{уч}$, Вт	$R_{ср}$ Па/м	G_i , кг/ч	Диа- метр, м	$l_{уч,i}$, м	$V_{уч}$, м/с	$R_{уд}^{\phi}$, Па/м	$\Delta P_{уч}^{TP}$, Па	$\sum \xi$	$\Delta P_{мс}$, Па	$\Delta P_{уч}$, Па
1	2574,6	74,98	88,8	15	1,92	0,06	16,1	30,9	1	10	40,9
2	1287,3		44,4	15	4,4	0,03	8,07	35,5	1	10	45,5
3	1287,3		44,4	15	4,4	0,03	8,07	35,5	1	10	45,5
4	2574,6		88,8	15	2,82	0,06	16,1	45,4	1	10	55,4

Таблица 4

Характеристики ветки «Г»

Но- мер уча- стка	$Q_{уч}$, Вт	$R_{ср}$ Па/м	G_i , кг/ч	Диа- метр, м	$l_{уч,i}$, м	$V_{уч}$, м/с	$R_{уд}^{\phi}$, Па/м	$\Delta P_{уч}^{TP}$, Па	$\sum \xi$	$\Delta P_{мс}$, Па	$\Delta P_{уч}$, Па
1	1300,5	74,98	44,86	15	6,9	0,03	8,16	56,3	1	10	66,3
2	1300,5		44,86	15	7,8	0,03	8,16	63,6	1	10	73,6

Таблица 5

Характеристики ветки «Д»

Но- мер уча- стка	$Q_{уч}$, Вт	$R_{ср}$ Па/м	G_i , кг/ч	Диа- метр, м	$l_{уч,i}$, м	$V_{уч}$, м/с	$R_{уд}^{\phi}$, Па/м	$\Delta P_{уч}^{TP}$, Па	$\sum \xi$	$\Delta P_{мс}$, Па	$\Delta P_{уч}$, Па
1	1300,5	74,98	44,86	15	1,1	0,03	8,16	8,976	1	10	18,98
2	1300,5		44,86	15	2,0	0,03	8,16	16,32	1	10	26,32

По способу циркуляции теплоносителя спроектированная система отопления - насосная. По схеме включения отопительного прибора в стояк - двухтрубная. По направлению объединения отопительного прибора в стояк - горизонтальная. По месту расположения подающей и обратной магистрали - с нижней разводкой.

В проектируемом здании система отопления с нижней разводкой, поэтому стояки (лежаки) размещаем вдоль наружных стен открыто над полом помещений.

Полные потери давления по главному циркуляционному кольцу (через ветку «Г», ввиду перепада по высоте с котлом в 5,6 м) составили $\Delta P = 55,06$ кПа. Общая протяженность трубопроводов системы равняется 86,7 метрам.

Потребностям системы удовлетворяет котел на твердом топливе марки Zota Тополь М – 14, с мощностью 14 кВт и давлением до 0,3 МПа.

Зная, что сосновые дрова с относительной влажностью около 20% выделяют 3590 ккал/кг теплоты, получено, что в самый холодный зимний месяц предприятию необходимо 909 кг топлива. Средняя плотность сосновых дров $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$. Следовательно, расход древесного топлива в самый холодный месяц котлом $G = 1,8 \text{ м}^3/\text{мес}$. В среднем за год нужно около $11,5 \text{ м}^3$ топлива для отопления. Куб дров стоит 500 рублей. Следовательно затраты предприятия на отопление в год составят порядка 5750 рублей, без учета монтажа системы и амортизационных отчислений.

Литература

1. «Вентиляция и кондиционирование воздуха» Справочник проектировщика. Под редакцией И.Г. Старовойта. - 3-е изд. - М.: Стройиздат, 1978. - 509 с.
2. Тихомиров К.В., Сергиенко Э.С. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция: Учебник для вузов. - 4-е издание., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1991. - 480 с.
3. СНиП - 2.04.05 - 91* «Отопление, вентиляция, кондиционирование». / Госстрой СССР М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. - 64 с.
4. СНиП II - 3 - 79* «Строительная теплотехника». / Госстрой СССР М.:
5. СНиП - 23.01.99 - 2003* «Строительная климатология». / утв. постановлением Госстроя России от 11 июня 1999 г. N 45(с изменениями от 24 декабря 2002 г.) - 61 с.

Электроэнергетика и электротехника

УДК 621.311.4

Развитие автоматизированных систем управления электрических подстанций

Асозода Ахкомиддин, С.Е. Поздняков

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: автоматизированная система управления технологическими процессами, энергообъекты, цифровая подстанция.

Энергетика — одна из стратегически важных отраслей промышленности, основа экономической независимости и безопасности любой страны. Сегодня энергетика находится на пороге преобразований. В связи с этим эффективное управление энергетическими мощностями и распределением энергии имеет очень большое значение. Повышение эффективности работы генерирующих мощностей, а также установление оптимальных режимов распределения имеют большое значение и позволяют снизить стоимость энергии, а также получить максимальный сбыт продукции. В такой ситуации одним из приоритетных направлений совершенствования режимов управления объектами энергетики является построение современных автоматизированных систем управления производственными процессами (АСУ ТП).

В статье рассматривается концепция применения цифровой подстанции, как составной части АСУ ТП энергообъектов.

Введение. Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) предназначена для оптимизации технологических процессов производств и повышения их эффективности путем автоматизации, базирующейся на использовании современных средств вычислительной и микропроцессорной техники.

Составными частями АСУ ТП могут быть отдельные системы автоматического управления (САУ) и автоматизированные устройства, связанные в единый комплекс. Одним из компонентов АСУ ТП в современной электроэнергетике является цифровая подстанция, принципы построения которой рассматриваются в данной работе.

Цифровая подстанция. Новые технологии производства современных систем управления перешли из стадии научных исследований и экспериментов в стадию практического использования. Разработаны и внедряются современные коммуникационные стандарты обмена информацией. Широко применяются цифровые устройства защиты и автоматики. Произошло существенное развитие аппаратных и программных средств систем управления.

Появление новых международных стандартов и развитие современных информационных технологий открывает возможности инновационных подходов к решению задач автоматизации и управления энергообъектами, позволяя создать подстанцию нового типа – цифровую подстанцию (ЦПС). Отличительными характеристиками ЦПС являются: наличие встроенных в первичное оборудование интеллектуальных микропроцессорных устройств, применение локальных вычислительных сетей для коммуникаций, цифровой способ доступа к информации, ее передаче и обработке, автоматизация работы подстанции и процессов управления ею. Это обеспечивает высокую точность и единообразие всех изменений. В перспективе ЦПС будет являться ключевым компонентом интеллектуальной се-

ти (Smart Grid), концепция которой в последнее время получает очень широкое развитие [1 - 6].

Переход к качественно новым системам автоматизации и управления возможен при использовании стандартов и технологий цифровой подстанции, к которым относятся:

1. Стандарт МЭК 61850: модель данных устройств; унифицированное описание подстанции; протоколы вертикального (MMS) и горизонтального (GOOSE) обмена; протоколы передачи мгновенных значений токов и напряжений (SV).
2. Цифровые (оптические и электронные) трансформаторы тока и напряжения.
3. Аналоговые мультиплексоры (Merging Units).
4. Выносные модули УСО (Micro RTU).
5. Интеллектуальные электронные устройства (IED).

Основной особенностью и отличием стандарта МЭК 61850 от других стандартов является то, что в нем регламентируются не только вопросы передачи информации между отдельными устройствами, но и вопросы формализации описания схем подстанции, схем защиты, автоматики и измерений, конфигурации устройств. В стандарте предусматриваются возможности использования новых цифровых измерительных устройств вместо традиционных аналоговых измерителей (трансформаторов тока и напряжения). Информационные технологии позволяют перейти к автоматизированному проектированию цифровых подстанций, управляемых цифровыми интегрированными системами. Все информационные связи на таких подстанциях выполняются цифровыми, образующими единую шину процесса. Это открывает возможности быстрого прямого обмена информацией между устройствами, что дает возможность сокращения числа медных кабельных связей, сокращения числа устройств, более компактного их расположения.

Рассмотрим подробнее структуру ЦПС, выполненную в соответствии со стандартом МЭК 61850 (рис.1).

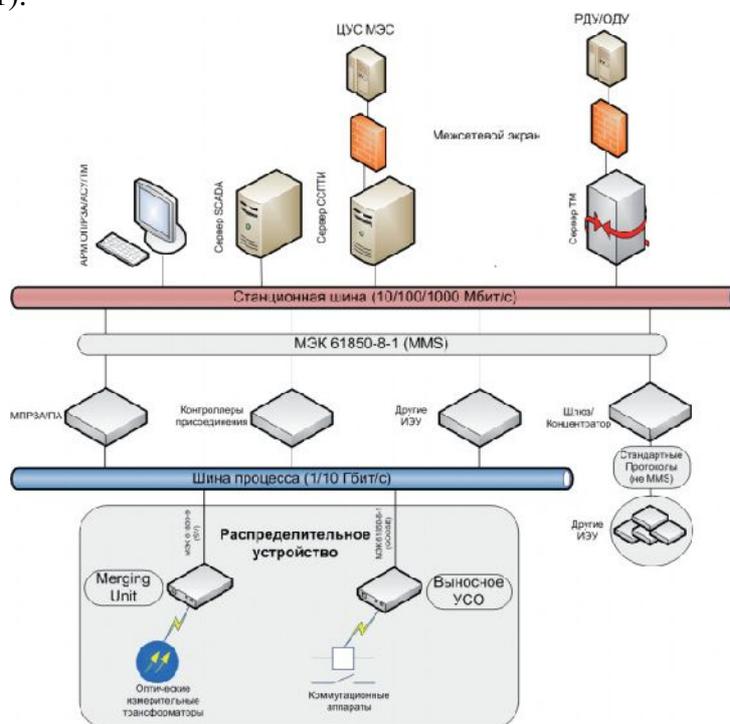


Рис.1. Структура цифровой подстанции

Система автоматизации энергообъекта, построенная по технологии «Цифровая подстанция» делится на три уровня: полевой уровень (уровень процесса); уровень присоединения; станционный уровень.

Полевой уровень включает в себя:

1. Первичные датчики для сбора дискретной информации и передачи команд управления на коммутационные аппараты (micro RTU).

2. Первичные датчики для сбора аналоговой информации (цифровые трансформаторы тока и напряжения).

Уровень присоединения состоит из интеллектуальных электронных устройств:

1. Устройства управления и мониторинга (контроллеры присоединения, многофункциональные измерительные приборы, счетчики, системы мониторинга трансформаторного оборудования и т.д.).

2. Терминалы релейной защиты и локальной противоаварийной автоматики.

Станционный уровень включает в себя:

1. Серверы верхнего уровня (сервер базы данных, сервер SCADA, сервер телемеханики, сервер сбора и передачи технологической информации и т.д., концентратор данных).

2. Автоматизированные рабочие места (АРМ) персонала подстанции.

В плане основных особенностей построения системы в первую очередь необходимо выделить новый «полевой» уровень, который включает в себя инновационные устройства первичного сбора информации: выносные УСО, цифровые измерительные трансформаторы, встроенные микропроцессорные системы диагностики силового оборудования и т.д.

Сегодня в России активно ведется работа по развитию технологии «Цифровая подстанция». Запущен ряд пилотных проектов, ведущие российские фирмы приступили к разработке отечественных продуктов и решений для цифровой подстанции. Так в 2011 году ведущими российскими компаниями (ООО НПП «ЭКРА», ООО «ЭнергопромАвтоматизация», ЗАО «Профотек» и ОАО «НИИПТ») было подписано генеральное соглашение об организации стратегического сотрудничества с целью объединения научно-технических, инженерных и коммерческих усилий для создания ЦПС на территории РФ [7, 8]. Действующий прототип ЦПС был представлен на выставке «Электрические сети России-2011». Российское оборудование для «Цифровой подстанции» прошло полномасштабное тестирование, подтверждена также его совместимость по стандарту МЭК 61850 с оборудованием различных зарубежных (Omicron, SEL, GE, Siemens и др.) и отечественных компаний (ООО «Прософт-Системы», НПП «Динамика» и др.).

Заключение. Ценность идеи интеллектуальной сети и цифровой подстанции не только в повышении энергетической и экономической эффективности энергосистем, важно и то, что проект способен привести страну к новому этапу — преодолеть привычный путь ресурсного развития и сделать шаг к практической модернизации России.

Проведенные исследования технико-экономических показателей позволяют сделать вывод, что стоимость нового решения при переходе на серийный выпуск продукции не будет превышать стоимость традиционных решений построения систем автоматизации и позволит получить ряд технических преимуществ. Ряд вопросов требует дополнительных проверок и решений. Это относится к надежности цифровых систем, к вопросам конфигурирования устройств на уровне подстанции и энергообъединения, к созданию общедоступных инструментальных средств проектирования, ориентированных на разных производителей микропроцессорного и основного оборудования и др. Однако уже сейчас можно отметить, что применение технологии Цифровой подстанции позволит в будущем существенно сократить расходы на проектирование, пуско-наладку, эксплуатацию и обслуживание энергетических объектов.

Литература:

1. Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью / под ред.: Фортова В.Е. и Макарова А.А. М.: ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», 2012. 235 с.

2. Bernd M. Buchholz, Zbigniew A. Styczynski. Smart Grids – Fundamentals and Technologies in Electricity Networks // Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014. – 396 p.
3. Закарюкин В.П., Крюков А.В., Черепанов А.В. Интеллектуальные технологии управления качеством электроэнергии. Иркутск: ИрГУПС, 2015. – 218 с.
4. Булатов Ю.Н., Крюков А.В., Чан Зюй Хынг. Сетевые кластеры в системах электрообеспечения железных дорог. Иркутск: ИрГУПС, 2015. – 205 с.
5. Булатов Ю.Н., Крюков А.В., Чан Зюй Хынг. Интеллектуальные регуляторы для установок распределенной генерации // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2015. – № 2(46). – С. 83-95.
6. Булатов Ю.Н., Крюков А.В. Мультиагентная система управления установками распределенной генерации // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2015. – № 11-12. – С. 97-107.
7. Моржин Ю.И., Попов С.Г., Горожанкин П.А., Наровлянский В.Г., Власов М.А., Сердцев А.А. Цифровая подстанция ЕНЭС // ЭнергоЭксперт – 2011. – № 4 (27). – С. 27–32.
8. Горелик Т.Г., Кириенко О.В. Автоматизация энергообъектов с использованием технологии “цифровая подстанция”. Первый российский прототип // Релейная защита и автоматизация. – 2012. – № 1(5). – С. 86–89.

УДК 621.31

Методы оптимизации режимов работы электроэнергетических систем

С.Е. Поздняков

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: оптимизация, моделирование, электроэнергетические системы, токораспределение, итерация.

Методы оптимизации применялись и применяются не только в технике, но и в электроэнергетике. Суть данных задач – отыскание наиболее предпочтительных процессов, режимов, состояний объекта с точки зрения определенного критерия – оптимума. В электроэнергетике в качестве таких критериев выступают: минимизация издержек на стадии сооружения, эксплуатации объекта энергосистемы, минимизации расхода топлива в процессе генерации мощности и ее потерь при передаче электроэнергии. В статье рассматриваются наиболее применяемые методы оптимизации режимов работы электроэнергетических систем. Также в статье приводится описание генетического алгоритма, как совершенно нового и наиболее точного метода, применяемого для решения задач оптимизации электроэнергетических систем.

Введение. Современная электроэнергетика развивается стремительным темпом, поэтому оптимизация режимов ее работы необходима, так как она позволяет снизить потери мощности при передаче электрической энергии, уменьшить стоимость затрат на проектирование и строительство объектов электроэнергетической системы, снизить расход топлива в процессе генерации электрической энергии. Методы оптимизации систем электроснабжения изучаются во многих научных работах и в литературе по электроэнергетике. Например, в [1] авторы не только дают теоретическую информацию о методах оптимизации, но и приводят методику расчета режимов по каждому из этих методов. В работе [2] авторы рассматривают методы эволюционно-генетического подхода к решению оптимизационных задач. В этой же работе приводится решение одной из оптимизационных задач на основе генетического алгоритма.

В данной работе приводится краткий обзор наиболее применяемых на сегодняшний день методов оптимизации режимов работы электроэнергетических систем (ЭЭС) и выделяются наиболее точные и эффективные из этих методов.

Обзор методов оптимизации режимов работы электроэнергетических систем. В настоящее время на практике применяются различные методы оптимизации электроэнергетических систем: метод множителей Лагранжа, метод линейных коэффициентов токораспределения, методы возможных направлений, метод наискорейшего спуска, метод покоординатной оптимизации, метод Ньютона, градиентные методы, генетические алгоритмы. Рассмотрим достоинства и недостатки этих методов.

Метод множителей Лагранжа применяется инженерами для решения задач оптимизации ЭЭС. Этот метод позволяет отыскать условный (относительный) экстремум непрерывной функции $f(x_1...x_n)$, являющийся максимумом или минимумом при выполнении дополнительных условий в форме равенств $W_j=0, j=1...m$ (уравнений связи) [1].

Задача инженеров заключалась в приспособлении метода Лагранжа к определению наиболее выгодных режимов энергетических установок, в частности к нахождению оптимального распределения нагрузки между несколькими агрегатами.

Достоинства метода множителей Лагранжа:

1. Метод наиболее прост в понимании и организации вычислительного процесса;
2. Относится к числу итерационных методов и имеет наибольшую точность интерполяции;
3. В ходе вычислений происходит малое накопление погрешностей, т.к. в данном методе применяются многочлены невысокого порядка.

Недостатки метода множителей Лагранжа:

1. При увеличении числа узлов и соответственно степени интерполяционный многочлен Лагранжа требуется строить заново;
2. Медленная скорость сходимости, что приводит к значительным затратам машинного времени.

Метод линейных коэффициентов токораспределения применяется для определения потерь активной мощности при передаче электроэнергии. Суть этого метода заключается в том, что ток каждой ветви сети в рассматриваемом режиме может быть получен как сумма токов частных режимов, в каждом из которых генерация и нагрузка присутствуют только в одном из независимых узлов. Таким образом, число таких частных режимов равно n – числу независимых узлов [3]. Метод требует предварительного определения коэффициентов распределения сети, которые меняются при изменении схемы замещения сети или ее параметров, и поэтому эффективен при многочисленных расчетах установившегося режима сети с неизменной схемой замещения и меняющимися нагрузками узлов. Метод основан на использовании принципа наложения и поэтому при расчете реальных электрических сетей требует предварительного учета шунтов схемы замещения в виде дополнительных нагрузок узлов.

Достоинства метода линейных коэффициентов токораспределения:

1. Найденные коэффициенты распределения позволяют с легкостью рассчитывать установившиеся режимы;
2. Коэффициенты распределения позволяют персоналу энергосистемы оценивать влияние изменения нагрузки в любой точке на величину потока мощности любого участка.

К недостатку метода линейных коэффициентов токораспределения можно отнести большие вычислительные работы по определению коэффициентов распределения.

К методам возможных направлений относятся: метод Зойтендейка, метод проектируемых градиентов и метод приведенных градиентов. Идея методов возможных направлений (МВН) заключается в том, что в каждой очередной точке находится

направление спуска такое, что перемещение точки по этому направлению на некоторое расстояние не приводит к нарушению ограничений задачи [3]. Таким образом, МВН можно рассматривать как естественное распространение метода градиентного спуска на задачи минимизации с ограничениями. Методы возможных направлений имеют линейную скорость сходимости, относятся к классу итерационных методов.

Достоинства МВН: малый объем вычислений на каждом шаге и для нахождения направления спуска достаточно решить задачу линейного программирования с небольшим числом ограничений. К недостатку МВН можно отнести то, что при неудачно заданных значениях параметров, возможно большое количество шагов оптимизации и, следовательно, большой объем вычислений.

Метод наискорейшего спуска является нелинейным итерационным методом. Параметры метода на каждом шаге выбираются в зависимости от полученного приближения. Идея метода наискорейшего спуска заключается в следующем: градиент целевой функции $f(X)$ в любой точке – есть вектор в направлении наибольшего возрастания значения функции. Следовательно, антиградиент будет направлен в сторону наибольшего убывания функции и является направлением наискорейшего спуска. Антиградиент (и градиент) ортогонален поверхности уровня $f(X)$ в точке X [4]. Методы наискорейшего спуска обеспечивают быструю сходимость итерационного процесса, и поэтому получили широкое распространение в практическом применении [5].

Метод покоординатной оптимизации (Гаусса-Зейделя) относится к регулярным методам выбора направления. По данному методу на координатной плоскости отмечается произвольная точка. Затем определяются координаты этой точки [6]. Суть алгоритма в том, что в качестве возможных направлений используются орты исходной схемы координат. При этом N шагов по всем независимым переменным образуют внутренний цикл. Это означает, что на первом итерационном шаге минимизируется целевая функция $F(x)$ при изменении только первой переменной, а все остальные переменные остаются неизменными. Применительно к электроэнергетике оптимизируемыми параметрами могут служить, например, мощности ТЭС, а целевой функцией – суммарный расход топлива в энергосистеме, что позволяет оптимизировать режим электростанций [7].

К градиентным методам оптимизации относятся: метод градиента, метод Франка-Вулфа, метод штрафных функций и др. Данные методы относятся к приближенным (итерационным) методам. С их помощью можно решать практически любые задачи оптимизации. В градиентных методах, в отличие от методов покоординатной оптимизации, направление движения меняется на каждом шаге и соответствует направлению наискорейшего убывания целевой функции, то есть направлению ее антиградиента.

Применительно к электроэнергетике в качестве целевой функции может выступать суммарный расход топлива (при оптимизации режима электростанций), суммарные потери активной мощности при передаче (при оптимизации режима сети; в этом случае оптимизируемые параметры – модули и фазы узловых напряжений, мощности компенсирующих устройств в узлах, напряжение в центре питания) и т.д.

Программное обеспечение градиентных методов значительно сложнее, а объем вычислений значительно больше, чем при использовании метода покоординатной оптимизации. Однако в сочетании с методом наискорейшего спуска сходимость градиентных методов значительно лучше.

Метод Ньютона относится к градиентным методам второго порядка. Использование в данном методе квадратичной аппроксимации позволяет повысить скорость сходимости однотипных решений. Сущность метода заключается в следующем: искомая целевая функция замещается (аппроксимируется) в точке начального приближения полиномом второй степени, совпадающим в данной точке с самой целевой функцией, а также по значениям ее первой и второй производных, затем отыскивается

экстремум функции аппроксимации. В настоящее время компьютерные программы используют метод Ньютона при решении оптимизационных задач в энергетике.

Достоинства метода Ньютона: быстрая сходимость и малое (не более 10) количество итерационных шагов, что позволяет быстро найти решение задачи; является основой большинства эффективных методов в линейном и нелинейном программировании.

К недостаткам метода Ньютона можно отнести трудности с вычислением матрицы Гессе.

Применение генетического алгоритма для решения задач оптимизации режима работы электроэнергетической системы. Генетический алгоритм (ГА) является особым видом стохастического метода поиска, в котором биологическая эволюция лежит в основе методики решения задачи. Область поиска для ГА называется популяцией, элементами которой являются хромосомы [8]. Алгоритм ачинается со случайной выборки совокупности допустимых решений из всей популяции. Каждая хромосома при этом уже является сама по себе решением. ГА использует методику адаптивного эвристического поиска [9], которая выбирает совокупность наилучших решений среди всей популяции. Операции селекции, скрещивания и мутаций позволяют получить новые особи. Более приспособленные хромосомы переходят в следующее поколение. Менее сильные особи имеют меньшие шансы на это перемещение. Процесс повторяется до момента получения наиболее приспособленного решения задачи.

К особенностям, определяющим эффективность применения ГА в оптимизационных задачах электроэнергетики, можно отнести следующее [10, 11]: лёгкая программируемость; отсутствие каких-либо дополнительных требований, предъявляемых к математической модели задачи в виде непрерывности, дифференцируемости и унимодальности критерия оптимизации; отсутствие необходимости в вычислении производных целевой функции; возможность учёта технических ограничений любого вида; поиск решения не из единственной точки, а из некоторой популяции; принципиальная возможность применения данного подхода совместно с другими, как традиционными, так и новыми методами расчёта; быстрая генерация достаточно «хороших» в смысле оптимальности решений.

Выбор метода кодирования является важным этапом применения ГА для решения оптимизационных задач в электроэнергетике. ГА, реализованный в системе MATLAB, использует метод вещественного кодирования, при котором отдельный ген представляет собой один из искомых параметров в виде вещественного числа, а их совокупность – хромосому, т.е. возможный набор решения задачи.

Генетический алгоритм может использоваться для решения различных оптимизационных задач электроэнергетики и находить глобальный оптимум в отличие от классических методов оптимизации. Например, предлагаемый в работах [11 - 14] метод оптимизации настройки регуляторов турбогенераторов использует ГА, реализованный в специализированном программном комплексе [15].

Заключение. Приведен краткий обзор методов оптимизации режимов работы электроэнергетических систем. Наиболее быстрым по сходимости является метод Ньютона, учитывающий не только первую (как градиентные), но и вторую производную целевой функции, что обуславливает интерес к данному методу при разработке промышленных программ расчета и оптимизации режимов электростанций и сетей. Остальные методы, рассмотренные в статье, также применяются для решения оптимизационных задач, но их применение ограничивается небольшими задачами, в которых данные методы очень эффективны.

Генетический алгоритм является новым и наиболее простым в реализации методом, который все чаще применяется инженерами для решения задач оптимизации крупного масштаба.

Литература

1. Горнштейн В.М., Мирошниченко Б.П., Пономарев А.В. Методы оптимизации режимов энергосистем. М.: Энергоиздат, 1991. 336 с.
2. Симанков В.С., Частикова В.А. Генетические алгоритмы и поиск оптимальных решений // Автоматизация и современные технологии. 2003. № 6. С. 39-45.
3. Арзамасцев Д.А., Липес А.В., Мылин А.Л. Модели оптимизации развития энергосистем. М.: Высшая школа, 1987. 271 с.
4. Филиппова Т.А., Сидоркин Ю.М., Русина А.Г. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем // Учебник для энергетических специальностей, Новосибирск. НГТУ, 2007. 355 с.
5. Belyaev N.A., Korovkin N.V., Frolov O.V., Chudnyi V.S. Methods for Optimization of Power-Systems Operation Modes // Russian Electrical Engineering. 2013. No. 2. pp. 74-80.
6. Малафеев А.В., Хламова А.В., Игуменцев В.А. Алгоритм оптимизации распределения активной мощности между электростанциями промышленного предприятия и узлами связи с энергосистемой с учетом потерь в распределительной сети // Промышленная энергетика. 2011. № 9. С 16-21.
7. Бердин А.С., Кокин С.Е., Семенова Л.А. Оптимизация системы электроснабжения в условиях неопределенности // Промышленная теплоэнергетика. 2010. № 4. С 29-35.
8. DATA FOR IEEE-30 BUS TEST SYSTEM [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/1271/18/18_appendix.pdf (дата обращения 08.03.2017).
9. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. – М.: Физмалит, 2006. – 320 с.
10. Булатов Ю.Н., Попик В.А. Решение оптимизационных задач электроэнергетики с помощью адаптивного генетического алгоритма // Труды Братского государственного университета: Серия: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири. – Т. 2. Братск: Изд-во БрГУ. – 2012. – С. 94-99.
11. Булатов Ю.Н., Крюков А.В. Применение генетических алгоритмов для настройки автоматических регуляторов установок распределенной генерации // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2016. № 2. С. 30-45.
12. Булатов Ю.Н., Крюков А.В., Чан Зюй Хынг. Сетевые кластеры в системах электроснабжения железных дорог.– Иркутск: ИрГУПС. – 2015. – 205 с.
13. Булатов Ю.Н., Крюков А.В., Чан Зюй Хынг. Согласованная настройка регуляторов установок распределенной генерации, работающих в системе электроснабжения железной дороги // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 1(25). С. 94–102.
14. Булатов Ю.Н., Крюков А.В. Применение вейвлет-преобразования и генетических алгоритмов для настройки автоматических регуляторов установок распределенной генерации // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2016. № 2 (Т. 63). С. 7-22.
15. Булатов Ю.Н., Игнатъев И.В. Программный комплекс для идентификации электроэнергетических систем и оптимизации коэффициентов стабилизации автоматических регуляторов возбуждения // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 4(8). С.106-113.

УДК 621.31

Современные типы проводов и кабелей применяемые в электроэнергетике

Н. К. Санников, С. Е. Поздняков, Э. Р. Пермяков, Д. С. Кибец, А. А. Асозода, С. В. Щепляков, А. В. Чернышов, Р. С. Гуженок, Л. И. Шмарина

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: линия электропередачи, кабельные линии, изоляция, ток, напряжение.

Линии электропередачи и кабельные линии применяются в электроэнергетике для передачи электроэнергии от электрических станций до потребителей энергии. Суть данных задач - рассмотрение различных типов проводов и кабелей с точки зрения надежности, пропускной способности линий различных типов, особенности их изготовления, монтажа и эксплуатации.

В статье рассматриваются наиболее применяемые на сегодняшний день типы проводов и кабелей. Также в статье приводится описание конструкции кабельных линий, материалов, применяемых в их изготовлении, а также их эксплуатационные характеристики.

Развитие воздушных ЛЭП идет по пути увеличения их пропускной способности, при соблюдении условия минимального увеличения площадей под коридоры ЛЭП. Наиболее эффективным решением является замена проводов ВЛ без какой-либо реконструкции опор. Вместо традиционных сталеалюминиевых проводов применяются высокотемпературные провода различных типов. Рабочие температуры лучших образцов таких проводов могут достигать 200°C, что позволяет увеличить передаваемую мощность более чем вдвое. Наиболее эффективным в отношении повышения температуры является провод из циркониевого сплава и высокотемпературного алюминия, усиленной стальной сердцевиной с зазором относительно провода (GZTACSR).

Применение провода «с зазором» типа GZTACSR (рис.1) сечением 620 мм² позволяет поднять передаваемую мощность на 130% по сравнению с сталеалюминиевым проводом (ACSR) сечением 400 мм² (при сопоставимых массах проводов и стрелах провеса). Однако, эти провода являются и наиболее дорогими. Наиболее экономичным считается применение сталеалюминиевого провода с трапециевидальной формой жил (ACSSTW) (рис. 2), который сравнительно немного дороже обычного сталеалюминиевого провода (ACSR).

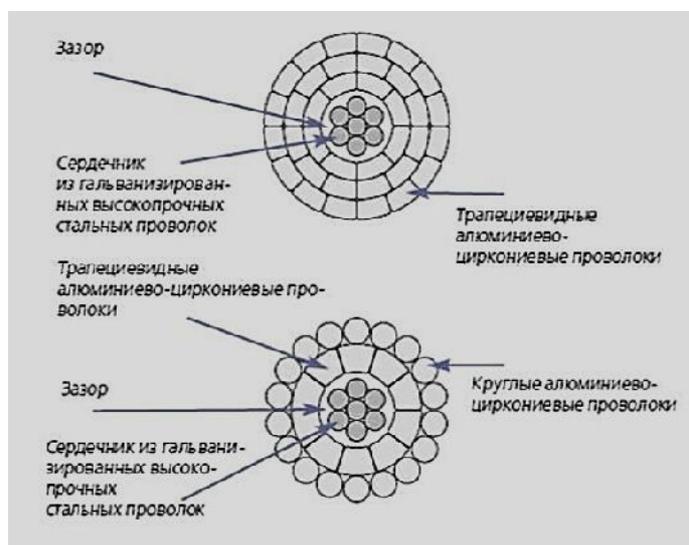


Рис. 1. Провод GZTACSR

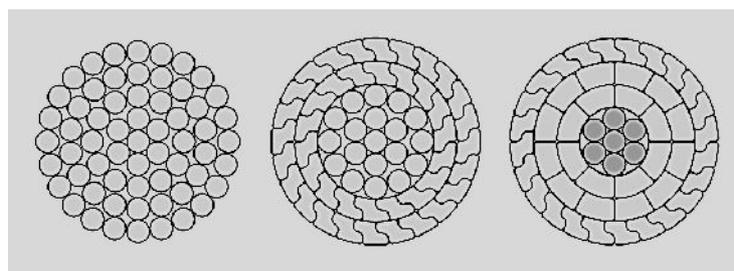


Рис. 2. Провод ACSSTW

Также перспективными считаются провода с полимерным сердечником из эпоксидной смолы, армированной высокопрочными углеродными волокнами. При прочих равных, они позволяют повысить пропускную способность ЛЭП в 1,55 раза. Таким образом, преимуществами новых конструкций проводов являются:

1. при одинаковых размерах и сопоставимых механических характеристиках высокотемпературный провод позволяет увеличить рабочий ток вдвое по сравнению с проводом ACSR;

2. при выборе высокотемпературного провода с аналогичной пропускной способностью провода ACSR, вес высокотемпературного провода может составлять всего 60% от веса провода ACSR. Это позволяет существенно снизить стрелы провеса и уменьшить нагрузку на опоры;

3. конструкция высокотемпературных проводов отличается от конструкции провода ACSR, в основном, сердечником из стали плакированной алюминием и токопроводящими повивами из сплава алюминия с включением циркония. Проектирование, монтаж, ремонт и защита высокотемпературных проводов не отличаются от работ с проводом ACSR.

4. при использовании проводов GZTACSR и ACSSTW потери на корону снижаются вследствие их большего диаметра, что дает положительный экономический эффект при эксплуатации.

В мире все большая часть распределительных сетей прокладывается под землей. К примеру, в Германии доля кабелей низкого напряжения (НН) составляет более 80 %, а кабелей среднего напряжения (СН) — 65 % в общей длине всех видов линий. Кабели сверхвысокого напряжения (СВН) используются для глубокого ввода мощности в города и крупные предприятия, соединяют генераторную часть электростанций с сетевыми подстанциями, а также для преодоления водных преград [2].

Для электропередач большой мощности широко используются кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) (рис.3), обладающие большой пропускной способностью (на 17—25 % выше, чем у кабелей с пропитанной бумажной изоляцией), термической устойчивостью при коротких замыканиях (КЗ), низким весом и меньшим диаметром, что облегчает прокладку и позволяет использовать большие строительные длины кабеля [2]. Такие кабели высокоэкологичны (нет масла, свинцовой оболочки), имеют низкую удельную повреждаемость (на 1—2 порядка ниже, чем у маслосодержащего). Первый кабель с СПЭ-изоляцией на 500 кВ введен в работу в 1996 г. Существуют два варианта исполнения СПЭ-кабелей — трехжильный и одножильный. В основном СПЭ-кабели выпускаются в одножильном исполнении. Доля кабелей с бумажно-масляной изоляцией и с изоляцией из термопластичного полиэтилена заметно снижается.



Рис. 3. Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена

Для линии сверхвысокого напряжения (СВН) также начинают вводиться кабельные линии с изоляцией из элегаза или его смеси с азотом [2]. В г. Женеве эксплуатируется такая линия на напряжение 420 кВ с передаваемой мощностью 2000 МВА. Общая длина таких линий в мире достигает 100 км. В конструкциях современных кабелей предусмотрен встроенный оптоволоконный модуль для контроля их состояния и параметров передачи мощности волоконно-оптическими линиями связи.

Высокотемпературные сверхпроводниковые (ВТСП) кабели. Главное их назначение — глубокий ввод больших мощностей в крупные города и промышленные предприятия. Наиболее перспективными разработками в области использования явления сверхпроводимости в электроэнергетике являются ВТСП-кабели для передачи больших мощностей (рис. 4). Сверхпроводниковые ЛЭП на основе НТСП-технологии (низкотемпературная сверхпроводимость) создавались и испытывались еще в 70—80-е годы XX вв. СССР, США и ряде других стран. Однако из-за высоких капитальных затрат и эксплуатационных расходов такие линии были не конкурентоспособны по сравнению с обычными. Появление ВТСП-материалов позволило значительно упростить конструкцию СП-кабеля и почти в 50 раз снизить эксплуатационные расходы по сравнению с НТСП-кабелями.

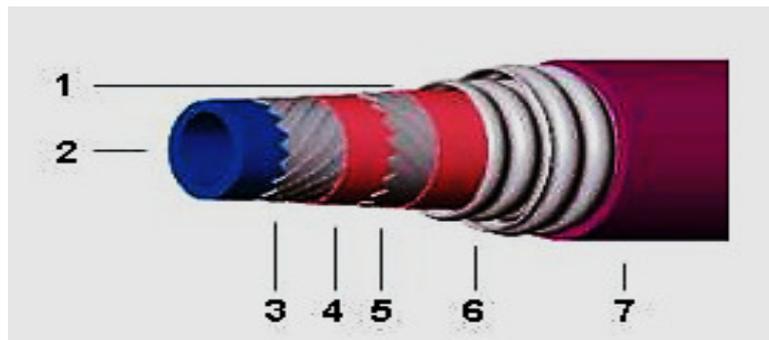


Рис. 4. ВТСП-кабель с холодным диэлектриком:

1,2 – Жидкий азот; 3 – ВТСП-токопроводящая жила; 4 – Диэлектрик; 5 – ВТСП-экран; 6 – Криостат; 7 – Оболочка.

ВТСП линия была создана совместно ЭНИН им. Кржижановского, ОАО «ВНИИКП» (разработчик и изготовитель кабеля и токовых вводов), МАИ им. Орджоникидзе (разработчик токовых вводов и системы криогенного обеспечения), ОАО «НТЦ Электроэнергетики» (создатель полигона для испытаний сверхпроводникового оборудования, проведение испытаний и разработка вопросов применения ВТСП линий в энергосетях) [5]. Работа над линией длиной 200 м была продолжением успешной разработки и испытаний в 2007–2009гг. экспериментальной ВТСП линии длиной 30 м – первой в России ВТСП кабельной линии. Приемочные испытания данной линии длиной 200 м удачно завершены [3]. Работы проводились на полигоне, позволяющем проводить испытания сверхпроводникового оборудования под нагрузкой и до напряжений 110 кВ. В условиях, максимально приближенных к реальной эксплуатации, было получено подтверждение соответствия характеристик ВТСП кабельной линии всем требованиям, заложенным при ее разработке. Сверхпроводящий кабель работал под нагрузкой около 50 МВА (ток 1500 А), при этом параметры кабеля полностью соответствовали расчетным. Изоляция кабеля выдержала высоковольтные испытания. Критический ток кабеля, при котором сверхпроводник начинает терять свои сверхпроводящие свойства, составил более 5000 А [3]. Преимущества кабелей из ВТСП-материалов позволяют иметь:

1. возможность замены обычного кабеля на кабель с большей (в 3—4 раза) передаваемой мощностью при тех же габаритных размерах, т.е. возможность передачи большей мощности в существующей инфраструктуре сети;
2. высокую эффективность электропередачи в связи с малыми потерями в сверхпроводнике; снижение потерь в кабелях, экономию на эксплуатационных расходах;
3. увеличение срока службы кабеля за счет снижения рабочей температуры изоляции;
4. экологическую чистоту и пожаробезопасность.

При передаче большой мощности по ВТСП-кабельной линии при относительно низком напряжении – 10–20 кВ (генераторном) не требуется промежуточных подстанций, что дает значительную экономию капитальных затрат и городских земельных ресурсов.

В настоящее время НИОКР по созданию силовых ВТСП кабельных линий ведутся во многих промышленно развитых и в ряде развивающихся стран мира. Крупные проекты ведутся в Японии, США, Корее и Китае. Например, в США запущены в опытную эксплуатацию ВТСП кабельные линии длиной 200 м (напряжение 13,2 кВ, ток 3000 А), 350 м (напряжение 34,5 кВ, ток 800 А) и 600 м (напряжение 138 кВ, ток 2400 А,) [4]. В будущем сверхмощные СП-кабельные линии могут составлять глобальную энергетическую сеть с передачей электроэнергии на сверхдальние расстояния, выполнять межсистемные связи, делить при необходимости сложные энергосистемы, использоваться при прокладке длинных подводных линий и пр. Параметры такой передачи - 10 ГВА и более на многие тысячи километров [4].

Литература

1. ПУЭ8 Сверхпроводящие кабели [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://pue8.ru/kabelnye-linii/134-sverhprovodyaschie-kabeli.html> (дата обращения 09.03.2016).
2. А. П. Бурман, Ю. К. Розанов, Ю. Г. Шакарян Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем // Учебное пособие для вузов. М.: НИУ МЭИ. 2012. 336 с.
3. Сытников В.Е., Высоцкий В.С., Свалов Г.Г. Сверхпроводящие кабельные изделия на пути внедрения в электротехнику и электроэнергетику – Кабели и провода, № 5 (306), 36–48, 2007.
4. Sytnikov V.E., Vysotsky V.S., Fetisov S.S., Nosov A.A., Shakaryan Yu.G., Kochkin V.I., Kiselev A.N., Terentyev Yu.A., Patrikeev V.M., Zubko V.V. Cryogenic and Electrical Tests Results of 30 M HTS Power Cable, (Advances in Cryogenic Engineering: Transactions of the Cryogenic Engineering Conference – CEC 2009, Vol. 55).

УДК 621.316.13

Программный комплекс «Качество» по расчету несимметричных и несинусоидальных режимов в электрических сетях в симметричных координатах

С.Г. Тигунцев, А.С. Корчанова, Т.Д. Яковлева

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Ключевые слова: качество электрической энергии, несимметричные и несинусоидальные режимы.

Разработан программный комплекс, позволяющий рассчитывать несимметричные режимы для первой и других гармоник в симметричных координатах по прямой и обратной последовательностям. В основе алгоритма лежит решение систем линейных уравнений. В работе приведен пример расчета несимметричного несинусоидального режима для ЛЭП напряжением 110 кВ, длиной 270 км.

Программный комплекс (ПК) «Качество» позволяет рассчитывать несимметричные и несинусоидальные режимы (рисунок 1). Расчет производится в симметричных координатах, отдельно по прямой и обратной последовательностям с итеративным уточнением влияния режимов последовательностей друг на друга. Комплекс позволяет оценивать величины основных показателей качества электрической энергии (КЭЭ), нормируемых ГОСТ 32144-2013 [1].

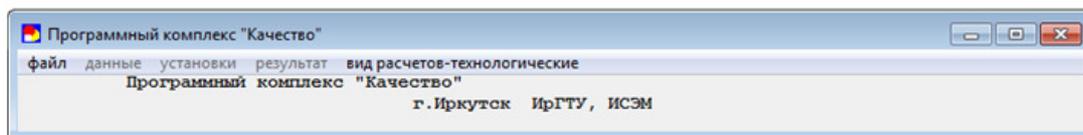


Рис. 1. Программный комплекс «Качество»

Исходные данные для программы формируются из паспортной и режимной информации электроустановок. Воздушные линии представлены активными и реактивными сопротивлениями, емкостными проводимостями. Силовые трансформаторы - активными и реактивными сопротивлениями, проводимостями и коэффициентами трансформации. Генерации и нагрузки потребителей вводятся своими мощностями. Задающие токи несимметричных нагрузок для расчёта несимметричных режимов (НР) формируются из мощностей в плечах тяговых трансформаторов с учётом фазировки каждой тяговой подстанции [2, 3].

Исходные данные сети задаются в двух вкладках, которые представляются в табличном виде. На рисунках 2,3 представлены таблицы узлов и ветвей. Эти две вкладки формируют информацию об электрической сети.

наименование	№ узла	тип	фаза (п)	U (кВ)	дл (км)	Сн (мФ)	Ср (мФ)	Ст (мФ)	Сф (мФ)	шунт а	шунт г	Uт мин	Uт max	тип
1	1000	11С		112.20					21.0	124.0				Бел
2	1001	11С	в 1х	112.20										
3	1002	11С	0.20	112.20										
4	1003	11С	0.20	112.20										
5	1004	11С	0.20	112.20										

Рис. 2. Вкладка узлы

наименование	узел I	узел J	R (ом)	X (ом)	емк. пров	U Ктр. а	U Ктр. г	тип	шунт а	шунт г	дисп. №
1-2	1000	1001	0.300	1.300	8.0						
2-3	1001	1002	0.300	1.300	8.0						
3-4	1002	1003	0.300	1.300	8.0						
4-5	1003	1004	0.300	1.300	8.0						

Рис. 3. Вкладка связи

Данные по мощностям в плечах тяговых трансформаторов и их фазировке задаются во вкладке, изображенной на рисунке 4.

№ узла	P. AB	Q. AB	P. BC	Q. BC	P. CA	Q. CA	Fi группа
6	4.00	1.00	1.00	4.00			10
14			4.00	1.00	4.00	1.00	10

Рис. 4. Несимметричные нагрузки

После задания всех данных проверяется сходимость решения системы уравнений установившегося режима. При наличии ошибок программа дает сообщение с описанием ошибки, строки и позиции, где имеется несоответствие.

При успешном расчете на экране появится информация о том, какой файл исходных данных будет использован для расчёта, точность, с которой будет произведен расчёт и предельное количество итераций.

Алгоритм работы программного комплекса «Качество»

После ввода и проверки исходных данных в ПК составляется система уравнений для схемы замещения прямой последовательности (ПП) первой гармоники, из расчёта которой определяются токи во всех ветвях и напряжения во всех узлах, в том числе и в узлах

с несимметричными нагрузками. На основе параметров системы и рассчитанного режима ПП первой гармоники составляется система линейных уравнений для схемы замещения обратной последовательности (ОП) первой гармоники. В качестве активных элементов используются задающие токи ОП, найденные по результатам расчёта режима ПП и параметрам несимметричных нагрузок. Из расчёта системы уравнений схемы замещения ОП определяются токи во всех ветвях и напряжения во всех узлах, в том числе и в узлах с несимметричными нагрузками. Затем уточняется мощность и токи ПП несимметричных нагрузок по найденным параметрам режима ОП и параметрам несимметричных нагрузок. Далее расчёт режимов ПП и ОП последовательно повторяется до достижения заданной точности. Описанный алгоритм представлен в виде блок-схемы (рисунок 5).

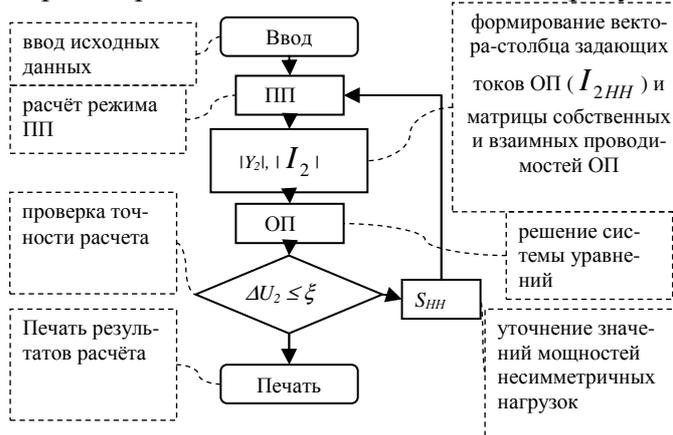


Рис. 5. Блок-схема расчета несимметричного режима в симметричных координатах

Методика расчёта НР позволяет формировать системы уравнений для схем замещения других гармоник непосредственно из параметров сети и режима ПП и ОП первой гармоники. Большую практическую ценность имеет то, что для расчёта режима по ПП первой гармоник может использоваться любой итеративный метод расчёта, а это значит, что можно использовать опыт, накопленный при расчётах установившихся режимов [4, 5].

В качестве примера приведен расчет несинусоидального режима транзитных ЛЭП длиной 270 км и напряжением 110 кВ. На 39, 78, 114, 150, 195, 234 км расположены тяговые нагрузки. Все исходные данные для сети внесены в соответствии с вышеизложенным порядком. В результате был построен график зависимости напряжений гармоник от длины линии для 13, 23, 25, 35, 37 гармоник (рисунок 6).

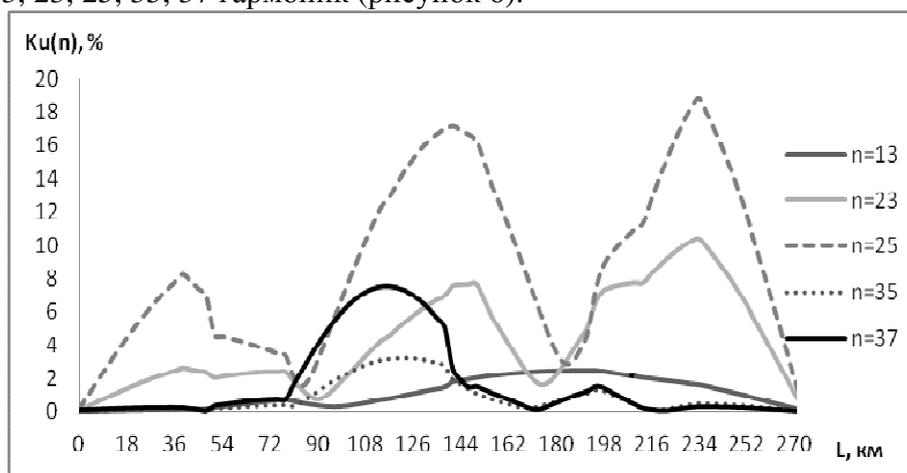


Рис. 6. Зависимость коэффициентов n-й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$ от длины линии электропередачи L

Из рисунка видно, как изменяется напряжение для отдельных гармоник на всей протяженности линии. Данные кривые отображают волновые процессы. Такой эффект

достигнут представлением линии набором последовательно соединённых П-образных схем замещения для участков ЛЭП длиной 3 километра.

Литература

1. ГОСТ 32144-2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. Карапетян И.Г., Файбисович Д.Л., Шапиро И.М. Справочник по проектированию электрических сетей. Под редакцией Д. Л. Файбисовича. -М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2005-320 с.
3. Федосов Д.С., Тарасов И.А., Воронцов Д.В. Исследование резонансных явлений на высших гармониках в схеме внешнего электроснабжения нелинейной нагрузки // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2016. – № 4(111). – С. 145-154.
4. Висящев А. Н. Качество электрической энергии и электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах: Учебное пособие. – Иркутск, 1997. – Ч.1 и 2.
5. Идельчик В. И. Расчет установившихся режимов электрических систем. – М.: Энергия, 1977. – 189 с.

УДК 621.316.7: 628.7

Методика аналитического описания нормализованной частотной характеристики фликерметра

О.Д. Лисицкая

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: нормализованная частотная характеристика фликерметра, аппроксимация, погрешность.

В работе представлена методика аналитического описания нормализованной характеристики фликерметра, которая предполагает использование функционального средства Curve Fitting tool прикладного пакета MatLab. Данная методика позволяет с любой степенью точности выполнить аналитическое описание численных данных. Результаты её использования свидетельствуют об её эффективности.

Введение. Электроприёмники с резкопеременным режимом работы являются причиной возникновения колебаний напряжения в электрической сети, которые, в свою очередь, обуславливают возникновение фликера – субъективного восприятия человеком колебаний светового потока искусственных источников освещения [1].

Электромагнитная совместимость световых источников с электрической сетью обеспечивается соответствием колебаний напряжения в электрической сети нормам качества электрической энергии. Оценка соответствия колебаний напряжения нормам качества электрической энергии осуществляется по значениям кратковременной дозы фликера P_{st} – меры фликера, оцениваемой в течение 10 мин., и длительной дозы фликера P_{lt} – меры фликера, оцениваемой в течение двух часов по последовательным значениям P_{st} [2]. Измерение этих показателей качества электрической энергии выполняется с помощью фликерметров, нормализованная частотная характеристика которых получена для ламп накаливания мощностью 60 Вт. Оценка колебаний напряжения выполняется по виртуальному фликеру, моделируемому с помощью кривых допустимых колебаний напряжения. Фактические колебания светового потока ламп и фактические уровни фликера при этом не учитываются [3, 4].

В настоящее время широкое распространение получили лампы с чувствительностью к колебаниям напряжения в электрической сети, отличающейся от ламп накаливания

мощностью 60 Вт. При одинаковых колебаниях напряжения в электрической сети у этих ламп возникает фликер, разный по уровню, который стандартными методами не учитывается. Разность между реальными уровнями фликера ламп различных типов и уровнем фликера, моделируемым стандартными методами, является методической погрешностью [5].

В стандарте [6] для типовых испытаний фликерметров приведена НЧХФ, которая является обобщенной частотной характеристикой системы «вход прибора – выход блока 4» функциональной схемы фликерметра. При колебаниях напряжения, соответствующих параметрам стандартной НЧХФ для ламп накаливания мощностью 60 Вт, на выходе блока 4 формируется мгновенное значение фликера $P_{inst} = 1$ о.е., а для ламп различных типов должно формироваться другое по величине мгновенное значение фликера $P_{inst} \neq 1$ о.е. Однако стандартная модель фликерметра этого не предусматривает. В этой связи оценка фликера ламп различных типов с использованием стандартного фликерметра выполняется некорректно [7].

Достоверная оценка фликера по данным, полученным с помощью фликерметра, может быть выполнена только в случае использования в его модели НЧХФ, соответствующих применяемым лампам [8]. Для усовершенствования стандартной модели фликерметра посредством введения в неё блока поправки должны использоваться НЧХФ, рассчитанные по методике расчета НЧХФ [9].

Достоверная оценка фликера ламп различных типов в реальном времени может быть выполнена с использованием усовершенствованной модели фликерметра [8].

В соответствии с типом и мощностью применяемых ламп блоком поправки осуществляется корректировка мгновенных значений фликера P_{inst} на величину поправочного коэффициента $p(f_{кн})$ [9]. Величина поправочного коэффициента в реальном времени рассчитывается как отношение амплитуды относительных изменений напряжения НЧХФ для применяемой лампы $d_l(f_{кн})$ и амплитуды относительных изменений напряжения $d_{лн}(f_{кн})$ стандартной НЧХФ [6] на срезе одной частоты $f_{кн}$:

$$p(f_{кн}) = \frac{d_l(f_{кн})}{d_{лн}(f_{кн})}. \quad (1)$$

НЧХФ для применяемой лампы предварительно определяется по методике расчета НЧХФ [9].

Статистический анализ в блоке 5 осуществляется в порядке, описанном в требованиях [6].

Основной сложностью практического использования рассчитанных по соответствующей методике НЧХФ является то, что они представляются в виде массива, состоящего из пар чисел $(f_{кни}, d_i)$. На рис. 1 изображена графическая интерпретация стандартной НЧХФ и колебаний напряжения в электрической сети.



Рис. 1. Графическая интерпретация НЧХФ для лампы накаливания мощностью 60 Вт и колебаний напряжения в электрической сети

Методика аналитического описания НЧХФ. Аналитическое описание НЧХФ ламп различных типов может быть использовано простое функциональное средство Basic Fitting прикладного пакета программ MatLab по методике, включающей в себя в последовательное выполнение следующих процедур:

1. Аппроксимация к НЧХФ полиномом с асимптотическим графиком, $d_i(f_{кн})$. Асимптотический график наблюдается у полинома следующего вида:

$$d(f_{кн}) = \frac{A}{(B + f_{кн})^2 + C}, \quad (2)$$

где A, B, C – коэффициенты полинома.

Выражение (2) удобно для применения в микроконтроллере, поскольку использует простейшие математические действия.

2. Расчет погрешности аппроксимации кривой НЧХФ, $e_i(f_{кн})$:

$$e_i(f_{кн}) = d(f_{кн}) - d_i(f_{кн}), \quad (3)$$

где $d(f_{кн})$ - амплитуда относительных изменений напряжения исходной НЧХФ;

$d_i(f_{кн})$ - амплитуда относительных изменений напряжения, восстановленная по результатам i -той аппроксимации, %.

3. Аппроксимация к $e_i(f_{кн})$ полиномом вида (2).

4. Расчет погрешности последующей аппроксимации, $e_{i+1}(f_{кн})$:

$$e_{i+1}(f_{кн}) = e_i(f_{кн}) - d_{i+1}(f_{кн}). \quad (4)$$

5. Проверка точности аналитического описания НЧХФ.

Величина погрешности последующей аппроксимации, $e_{i+1}(f_{кн})$, проверяется по условию

$$e_{i+1}(f_{кн}) < 0,5\%. \quad (5)$$

Процедуры 3 и 4 осуществляется до выполнения условия (5).

6. Описание исходной НЧХФ суммой полученных полиномов:

$$d_{\Sigma}(f_{кн}) = \sum_{i=1}^N \frac{A_i}{(B_i + f_{кн})^2 + C_i}, \quad (6)$$

где N – количество полиномов.

Чем выше требуемая точность аппроксимации, тем больше количество итераций.

В рамках данной работы задавалась величина погрешности аппроксимации к НЧХФ равная 0,5%.

На рис.2 представлен алгоритм аналитического описания НЧХФ.

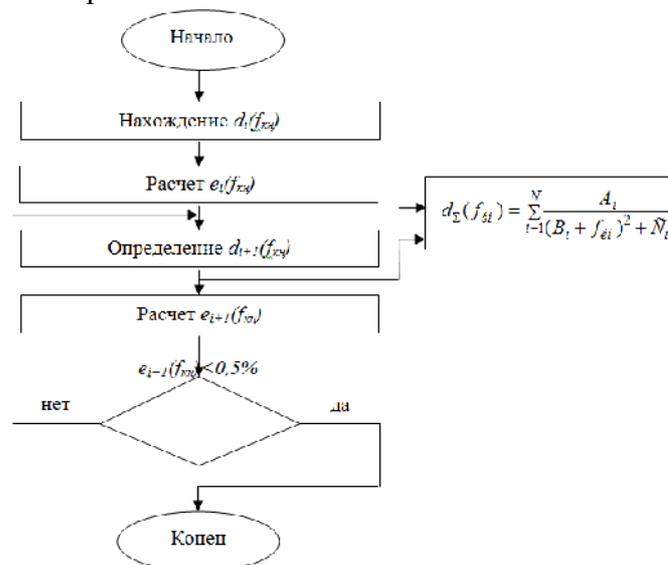


Рис.2. Алгоритм аналитического описания НЧХФ

На рис.3 представлено графическое изображение аналитического описания стандартной НЧХФ.

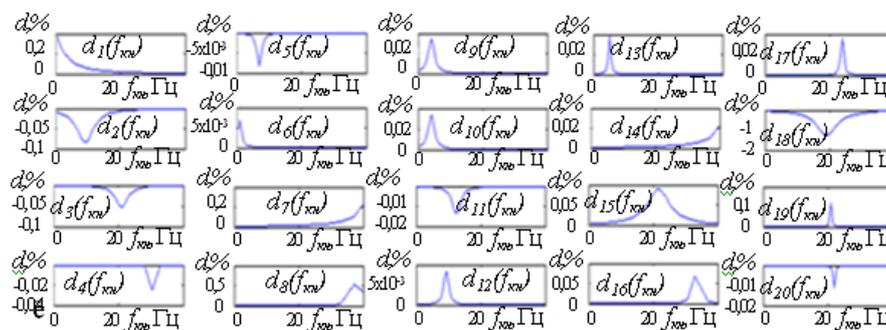


Рис.3. Графическое изображение аппроксимации стандартной НЧХФ

Относительная погрешность аналитического описания НЧХФ определена по выражению

$$E = \left| \frac{d - d_{\Sigma}}{d} \right| \cdot 100\% \quad (7)$$

Графическое изображение результатов аппроксимации стандартной НЧХФ представлено на рис.4.

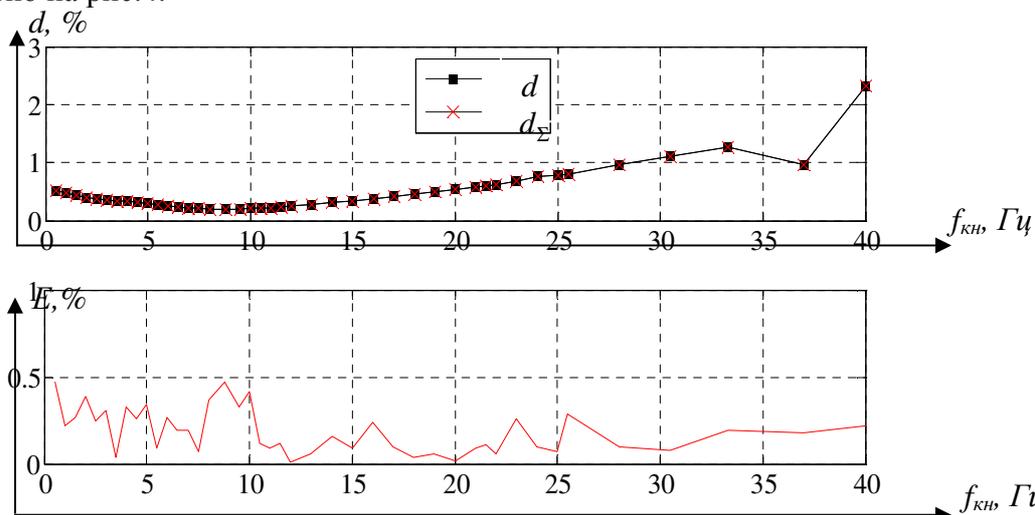


Рис.4. Графическое изображение результатов аналитического описания стандартной НЧХФ

Из рис.4 видно, что погрешность аналитического описания стандартной НЧХФ не превысила 0,5%.

Для аналитического описания с заданной точностью стандартной НЧХФ и НЧХФ люминесцентной, компактной люминесцентной лампы требуется не менее двадцати полиномов, индукционной лампы – не менее четырнадцати полиномов, светодиодной лампы – восьми полиномов.

Заключение. Представленная в работе методика может быть использована для аналитического описания численных данных с любой необходимой точностью.

Литература:

1. Лисицкий К.Е. Разработка аппаратного обеспечения для определения передаточных функций альтернативных источников света при оценке дозы фликера / К.Е. Лисицкий, А.В. Струмеляк // Системы. Методы. Технологии. – 2012. - №7. С.98-101.
2. Лисицкий К.Е. Разработка метода оценки погрешности нормативных способов измерения фликера при использовании альтернативных источников света / К.Е. Лисицкий, А.В. Струмеляк // Системы. Методы. Технологии. – 2010. - №7. С.91-94.

3. Лисицкий К.Е. Аппаратное решение проблемы оценки дозы фликера источников света / К.Е. Лисицкий, А.В. Струмяк // Матер. X (XXXII) Всерос. науч.-техн. конф. (18-22 апреля 2011 г.). – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2011. – С.64–65.
4. Лисицкий К.Е. Аппаратное решение проблемы определения передаточных функций искусственных источников света при оценке дозы фликера / К.Е. Лисицкий, А.В. Струмяк // Труды Братского Государственного Университета: сер.: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: в 2т. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2011. – Т.2. – С.31–35.
5. Лисицкий К.Е. Адаптация цифровых фликерметров к оценке дозы фликера альтернативных источников света / К.Е. Лисицкий, А.В. Струмяк // Системы. Методы. Технологии. – 2013. - №3(9).–С.121–124.
6. ГОСТ 51317.4.15 – 2012. Совместимость технических средств электромагнитная. Фликерметр. Функциональные и конструктивные требования. – М.: Стандартинформ, 2014.
7. Лисицкий К.Е. выбор средств уменьшения кратковременной дозы фликера при использовании энергосберегающих ламп / К.Е. Лисицкий, А.В. Струмяк, М.А. Балаев // Системы. Методы. Технологии. – 2015. - №1(25).–С.113–116.
8. Лисицкий К.Е. Выбор мероприятий по для снижения фликера и оценка их эффективности / К.Е. Лисицкий, А.В. Струмяк, К.С. Никифоров // Управление качеством энергии: Сборник трудов Международной научно-практической конференции (Москва, 26-28 ноября 2014 г.). – М.: ООО «Центр полиграфических услуг «Р.адуга», 2014.–С.123–128.
9. Лисицкий К.Е. Усовершенствование стандартной модели фликерметра для оценки дозы фликера в сетях общего назначения / К.Е. Лисицкий, А.В. Струмяк // Технологии ЭМС. – 2014. - №1(48). –С.11–16.

Автоматизация и управление

УДК 62-5

Выбор сигнализатора уровня

А. С. Сыготин, Е. В. Кататова

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: сигнализатор, контактный метод измерений, бесконтактный метод измерений, импульс, техническое средство.

В статье рассматривается проблема выбора сигнализатора уровня, которая связана с одной из приоритетных задач выбора технических средств, необходимых для измерения и контроля уровня. В современных условиях на фоне непростой экономической ситуации очень важно учесть все технические средства и сделать правильный выбор. Кроме того существует ряд факторов, которые также необходимо учесть при выборе сигнализаторов уровня.

Сигнализатор уровня - устройство, предназначенное для определения уровня веществ в емкостях открытого и закрытого типа. Под веществом подразумеваются разнообразные виды жидкостей, в том числе и газообразующие, а также сыпучие и другие материалы. В настоящее время существует огромное количество технических средств позволяющих решить проблему измерения и контроля уровня. Эти технические средства реализуют различные методы, основанные на всевозможных технических процессах. Рассмотрим эти методы подробнее.

Существует два основных метода работы сигнализаторов уровня: контактный метод и бесконтактный метод. В контактный метод работы входят поплавковые сигнализаторы уровня, ёмкостные сигнализаторы уровня, буйковые сигнализаторы уровня и другие. Поплавковый сигнализатор уровня функционирует по принципу сообщающихся сосудов. Измерительная камера устанавливается вплотную к ёмкости таким образом, чтобы условия в измерительной камере и в ёмкости были одинаковыми. Поплавок оснащён системой постоянных магнитов, предназначенных для передачи измеренных значений на локальный индикатор. Система магнитов поплавок либо активирует магнитные пластины (флажковый индикатор) в соответствии с уровнем жидкости, либо перемещает магнитный указатель в индикаторе в зависимости от выбранного способа индикации. Индикация уровня осуществляется посредством изменения положения группы вертикально расположенных магнитных флажков или исходя из положения магнитного указателя. Ёмкостной сигнализатор уровня основан на принципе измерения уровня жидкости в резервуаре при помощи измерения электрической ёмкости датчика. Ёмкостный сигнализатор уровня представляет собой электрический конденсатор, состоящий из двух или более обкладок — изолированных проводников, помещенных в резервуар с жидкостью, уровень которой измеряется (иногда используется одна обкладка, а в качестве второй выступает проводящая стенка резервуара). Жидкость может свободно проникать в пространство между обкладками. Сигналом изменения уровня жидкости в резервуаре является изменение электрической ёмкости датчика. При изменении уровня жидкости в резервуаре изменяется относительная диэлектрическая проницаемость пространства между обкладками конденсатора в результате изменения уровня жидкости, поскольку диэлектрическая проницаемость жидкости и среды без неё (например, воздуха) в общем случае различна. В результате изменяется и электрическая ёмкость датчика. Ёмкостные уровнемеры используются также для измере-

ния уровня сыпучих сред (песка, муки и т. д.). Буйковые сигнализаторы уровня работает по принципу вытеснения. Согласно этому принципу длина тела, погружённого в жидкость, соответствует диапазону измерения уровня. Подвешенный на измерительной пружине стержень-вытеснитель погружён в жидкость, и на него в соответствии с законом Архимеда действует выталкивающая сила, пропорциональная массе вытесненной телом жидкости. Изменению выталкивающей силы точно соответствует изменение длины пружины, что позволяет измерить уровень. Изменение длины пружины преобразуется при помощи магнитной системы в изменение уровня и передаётся на индикатор.

В бесконтактный метод работы входят радарный сигнализатор уровня, ультразвуковой сигнализатор уровня, рефлекс-ударный сигнализатор уровня и другие. Радарный сигнализатор уровня основан на теории распространения электромагнитных волн британского физика Джеймса Максвелла, созданной им в 1865 году. Он предположил, что силовые линии меняющегося магнитного поля окружены кругообразными силовыми линиями электрического поля, даже при отсутствии электрических проводников. Вдохновлённый этой теорией, немецкий физик Кристиан Гюльсмайер в 1904 году в Дюссельдорфе разработал телеобископ и запатентовал этот первый радарный прибор. Ультразвуковой сигнализатор уровня используется для непрерывного измерения уровня жидкостей и сыпучих веществ практически во всех отраслях промышленности. Короткие ультразвуковые импульсы в диапазоне от 18 до 70 кГц излучаются сенсором в направлении измеряемой среды, отражаются от её поверхности и снова улавливаются сенсором. Импульсы распространяются со скоростью звука, при этом время между моментом излучения и приёма сигнала зависит от уровня заполнения резервуара. Новейшая микропроцессорная технология и зарекомендовавшее себя программное обеспечение гарантируют надёжное обнаружение эхо-сигнала уровня даже при наличии ложных эхо-сигналов, отражённых от внутренних конструкций, и высокоточное вычисление дистанции до поверхности измеряемой среды. Чтобы компенсировать влияние времени прохождения акустического сигнала, встроенный температурный датчик определяет температуру в резервуаре. Благодаря простому вводу габаритных размеров ёмкости и измеренной дистанции рассчитывается сигнал, пропорциональный уровню. Таким образом, отсутствует необходимость в заполнении ёмкости для выполнения точной настройки. Метод непрерывного ультразвукового измерения уровня доказал свою эффективность. Ультразвуковые сигнализаторы уровня подходят для измерения дождевой и сточной воды, для жидкостей с низким или высоким уровнем загрязнения, с содержанием твёрдых частиц или шлака. При работе с сыпучими веществами к измерительному прибору предъявляются другие требования, чем при работе с жидкостями. Ведь поверхность измеряемого продукта при этом неровная и часто представляет собой насыпной конус. Многие вещества вызывают интенсивное образование пыли. Кроме того, многие резервуары для сыпучих веществ намного выше, чем ёмкости для жидкостей. Рефлекс-ударный сигнализатор уровня основан на проверенной технологии рефлектотметрии интервала времени. При данном способе измерений электромагнитные импульсы малой мощности посылаются по стержневому или кабельному волноводу каждую наносекунду. Эти импульсы движутся со скоростью света. Достигнув поверхности измеряемого продукта, импульсы отражаются и интенсивность отражения зависит от диэлектрической постоянной продукта. Прибор измеряет время между моментами излучения сигнала и получения отражённого сигнала, половина этого времени соответствует расстоянию между точкой отсчёта в приборе (уплотнительная поверхность фланца) и поверхностью измеряемой среды. Это временное значение преобразуется в выходной токовый сигнал 4...20 мА и/или дискретный сигнал. Пыль, пена, испарения, беспокойная поверхность, кипящие жидкости, изменения давления, температуры и плотности не влияют на работу прибора.

Таким образом, при выборе сигнализаторов уровня стоит учитывать такие факторы как температура вещества, плотность вещества, агрегатное состояние вещества, давление

внутри сосуда и многие другие немаловажные факторы. А также в зависимости от допустимой погрешности измерения выбирается нужный вид сигнализатора уровня.

Литература

1. Рачков М.Ю. Технические средства автоматизации. - М: МГИУ, 2017 - 186 с.
2. Иванова Г.М. Теплотехнические измерения и приборы. - М.: МЭИ, 2017-458 с. 3. Виктор Жданкин. Сигнализаторы изменения уровня // www.cta.ru
4. Приборы КИПиА. Измерение и регулирование уровня // www.kipia.ru
5. Фрайден Дж. Современные датчики: справочник. – М.: Техносфера, 2016. – 588 с.
6. Либерман В.В., Личков Г.Г. Радарные уровнемеры. Прошлое, настоящее, будущее // Промышленные АСУ и контроллеры. — 2016. -№8.-С. 57-60. 7. Справочник. Приборы для измерения уровня // www.gossens.ru

УДК 62-5

Инфокоммуникационные технологии в жизнедеятельности человека

В.Ю. Готовцев, Р.А. Дунаев, Е.С. Веселов

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: информационно коммуникационные технологии, прогресс, условия жизни.

Появление и развитие компьютеров, это необходимая составляющая процесса информатизации общества и образования. Средства ИКТ (Информационно коммуникационной технологий) сейчас во многом определяют научно-технический потенциал страны, уровень развития образования, развития ее народного хозяйства, образ жизни и деятельности человека. Использование ИКТ в учебном процессе предполагает повышение качества образования т.е. решение одной из насущных проблем для современного общества. Информационные компьютерные технологии так же помогают предсказывать и доносить до людей глобальные природные проблемы и бедствия. А для людей с ограниченными возможностями ИКТ дает шанс на полноценную жизнь. Для обеспечения минимизации расходов и оптимизации процессов производства сельскохозяйственной продукции возникает необходимость использования достижений научно-технического прогресса

ИКТ – это информационные и коммуникационные технологии, в состав которых входят различные цифровые технологии, с помощью которых можно создать, сохранить, распространить, передать определенную информацию или оказать услуги.

К ИКТ относятся:

- 1) Интернет
- 2) компьютерное оборудование
- 3) сотовая связь
- 4) спутниковые технологии
- 5) электронная почта
- 6) мультимедийные средства
- 7) программное обеспечение и пр.

В термине ИКТ можно заметить определенную повторяемость, ведь присутствие коммуникаций автоматически приводит к обмену информацией, а обмен информацией предполагает использование коммуникаций.

Климат, погода и реакция на чрезвычайные ситуации. ИКТ широко используется в области прогнозирования погоды. Офисы прогнозирования погоды, с помощью средств массовой информации, информируют общественность об изменениях погодных условий. После тропического шторма на Филиппинах, филиппинские жители стали более заинтересованы и теперь могут предсказывать погодные опасности. Метеорологические органы также используют передовые инструменты для мониторинга погоды и погодных систем, которые могут повлиять на определенную область.

Приборы контроля:

- 1) Метеорологические спутники
- 2) Погодный радар
- 3) Автоматические метеорологические станции

Наводнения в Африке являются одними из основных проблем фермеров. Международный институт управления водными чрезвычайными ситуациями запустил услуги мобильной связи для борьбы с наводнениями, в частности, в Восточном Судане. Эти мобильные услуги рассматриваются как следующие поколения ИКТ для получения информации о погоде и водной стихии. Инструмент преобразует сложную информацию спутникового датчика в простые текстовые сообщения, которые отправляются фермерам, информируя их об оптимальном использовании паводковых вод для выращивания сельскохозяйственных культур. Текстовые сообщения также предупреждают фермеров о потопе, этими сообщениями им могли бы помочь в подготовке своих полей и посоветовать, как уменьшить ущерб от наводнения и оценить риск наводнений в будущем. Изменение климата является глобальным явлением, затрагивающим жизнь человечества. Во время бедствий мы должны использовать информационные и коммуникационные технологии для борьбы со стихийными бедствиями

Люди с ограниченными возможностями. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), 15% от общей численности населения в мире имеют инвалидность. Это примерно 600 миллионов человек, среди которых три из четырех живут в развивающихся странах, половина из них в трудоспособном возрасте, другая половина – женщины. Высокая заболеваемость и распространенность инвалидности происходит в бедных районах. С ИКТ жизнь людей с инвалидностью может быть улучшена, что позволяет им иметь лучшее взаимодействие в обществе путем расширения сферы их деятельности.

Цели в области ИКТ и работа для инвалидов:

- 1) Дать людям-инвалидам мощный инструмент в их борьбе, помочь им получить работу;
- 2) Увеличить навыки людей инвалидов, уверенность и самоуважение;
- 3) Интеграция людей с ограниченными возможностями социально и экономически в своих общинах;
- 4) Уменьшить физические или функциональные барьеры и увеличить масштабы деятельности, доступной для людей с ограниченными возможностями;
- 5) Разработка веб-контента, который может быть доступен инвалидам, особенно людям со слабым зрением и людям с нарушениями слуха.

На международном уровне, есть многочисленные руководящие документы, влияющие на образование людей с ограниченными возможностями, такие как Всеобщая декларация прав человека (1948 г.), Конвенция о борьбе с дискриминацией в области образования (1960 г.), Конвенция о правах ребенка (1989), Конвенция по охране и поощрению разнообразия форм культурного самовыражения (2005). Конвенция о правах инвалидов (КПИ) включает в себя политику о доступности, не дискриминации, равных возможностей, полного и эффективного участия и другие вопросы. Для того, чтобы позволить людям с ограниченными возможностями жить самостоятельно и полноценно участвовать во всех аспектах жизни, государства-участники принимают надлежащие меры, чтобы

обеспечить инвалидам доступ на равной основе с другими, к физической среде, транспортировке, к информации и связи, в том числе к информационным и коммуникационным технологиям и системам, а также другим объектам и услугам, открытым или предоставляемым для населения, как в городских, так и сельских районах.

В сфере образования. Глобализация и технологические изменения являются одними из основных целей ИКТ. Один из его основных секторов, который должен быть изменен, является образование. ИКТ значительно облегчит приобретение и поглощение знаний; предлагает развивающимся странам беспрецедентные возможности для повышения образовательных систем, повышения выработки политики, и расширения спектра возможностей для бизнеса бедным. Одна из самых больших трудностей, выпавших на долю бедных, и многих других, которые живут в беднейших странах, является их чувство изоляции. Новые коммуникационные технологии обещают снизить это чувство изоляции, и открыть доступ в невообразимый путь к знаниям. Это привело к расширению спроса на образование на всех уровнях. Учитывая ограниченные бюджеты на образование, противоположный спрос на увеличение инвестиций в образование против широкой нехватки ресурсов ставит невыносимое давление на системы образования во многих странах. Встреча этих противоположных требований по традиционным расширениям систем образования, такие, как строительство школ, привлечение учителей и оснащения школ адекватными образовательными ресурсами будет невозможно в обычной системе образования. ИКТ обладают альтернативными решениями для обеспечения доступа и справедливости, а также для совместных практик для оптимизации затрат и эффективного использования ресурсов. ИКТ могут повысить качество образования за счет повышения мотивации обучаемого, содействуя приобретению основных навыков и повышению подготовки учителей, которые в конечном итоге улучшат коммуникацию и обмен информацией, что позволит укрепить и создать экономическое и социальное развитие.

В сельской жизни. Сельское хозяйство является наиболее важным сектором для вмешательства в области ИКТ, тем более что большинство населения во всем мире полагается на сельское хозяйство, чтобы жить на устойчивой основе. Сельское хозяйство обеспечивает наши самые основные человеческие потребности продуктами питания, одеждой и жильем. Для людей это естественный способ для того, чтобы выжить и заработать себе на жизнь. Они собирают урожай, используя его для производства продовольствия и волокна, занимаются животноводством таких животных как коровы, овцы и птицы, которые производят продукты животного происхождения, такие как шерсть, молочные продукты и яйца. Так же они ловят рыбу или любой морской продукт в пищу или для продажи, ведут лесное хозяйство и лесозаготовки, выращивают и заготавливают древесину, чтобы построить жилье. С сельским хозяйством, люди многому научились и приобрели знания посредством обмена информацией друг с другом, но это, конечно, недостаточно, так как есть и изменения в сельском хозяйстве. Фермеры должны быть в состоянии завладеть обновленной информацией, как цены, методы производства, услуги, хранение, переработка и тому подобное. Очевидно, что обновленная информация с изменением и развитием в сельском хозяйстве может быть решена путем эффективного использования ИКТ (Интернет, мобильный телефон и другие цифровые технологии). Жизнь сельской бедноты может быть облегчена за счет применения информационных и коммуникационных технологий через следующее: путем предоставления информации для информирования политики, институтов и процессов, которые влияют на их возможности в жизни.

Предоставляя доступ к информации, необходимой для того, чтобы осуществлять свои стратегии обеспечения средств к существованию, в том числе:

1) Финансовый капитал - интернет банкинг и мобильный банкинг позволит сельской бедноте, чтобы они имели более широкий доступ к банковским услугам, и обеспечит безопасное место для денежных вкладов и денежных переводов.

2) Человеческий капитал - с использованием ИКТ позволит посредникам или поставщикам знаний распространять обновленные знания, методы и новые разработки в технологии для местных жителей.

3) Физический капитал - поставщики услуг смогут контролировать доступ к местным услугам.

Литература

1. Применение информационно-коммуникационных технологий как средство повышения качества образования на 2017г., [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://festival.1september.ru/articles/598701/> (Дата обращения 22.04.2017)

2. Информационно-коммуникационные технологии в системе образования на 2017г. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://ido.tsu.ru/other_res/ep/filosof_umk/text/t5_1.htm (Дата обращения 24.04.2017)

3. ИКТ в образовании лиц с ограниченными возможностями здоровья на 2017г. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://ru.iite.unesco.org/policy_and_research/icts_in_special_needs/ (Дата обращения 26.04.2017)

4. Роль и место информационных технологий в современной социальной сфере на 2015г. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://wiki.uspi.ru/index.php/Роль_и_место_информационных_технологий_в_современной_и_социальной_сфере.htm (Дата обращения 28.04.2017)

УДК 62-52

Параметрический синтез системы автоматического регулирования частоты вращения гидротурбины Братской ГЭС

Ж.А. Еремеева

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: параметрический синтез, регулирование, идентификация объекта управления.

Данная статья посвящена параметрическому синтезу локальной САР частоты вращения гидротурбины. В статье приведена структурная схема автоматизации, с описанием всех составляющих её элементов; описаны управляющее и управляемое воздействия на объект управления (ОУ), приведена экспериментальная переходная характеристика ОУ. Для идентификации объекта управления используется метод Симою. Расчеты выполнены с помощью специализированного программного обеспечения ТАУ 2.1. Модель объекта определена с точностью $\Delta_{max}=1,72\%$, что говорит о пригодности метода Симою для идентификации динамических объектов.

В статье также приведен выбор закона регулирования и произведено нахождение оптимальных настроек регулятора с помощью режима автоматической настройки ПО MatLab. В результате было получено несколько вариантов переходных характеристик с разными настроечными параметрами. С целью выбора оптимальных настроек, произведен расчет показателей качества регулирования.

Производительность работы энергетического комплекса определяет эффективность производства. От качества работы систем автоматического регулирования (САР) в значительной степени зависит экономическая составляющая производства. Настройка САР является достаточно трудоёмкой задачей, а параметрический синтез таких систем её неотъемлемой частью.

Произведем параметрический синтез САУ, объектом управления (ОУ) которой является гидротурбина. Идентификация объекта будет проводиться без учета влияния соседнего контура. Структурная схема автоматизации представлена на рисунке 1.

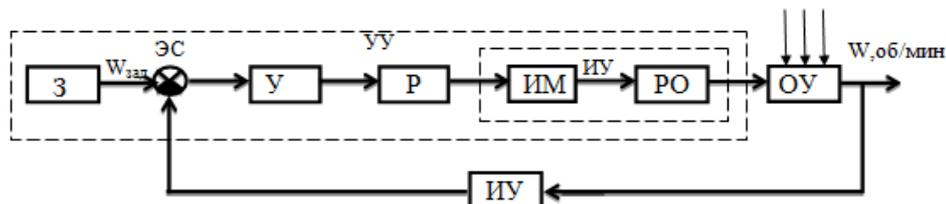


Рис. 1. Структурная схема автоматизации

З – задающее устройство; ЭС – элемент сравнения; У – усилитель; Р – регулятор – контроллер SIMATIC S7 – 400H; ИМ – исполнительный механизм – сервомотор; РО – регулирующий орган – лопатки направляющего аппарата гидротурбины; ОУ – объект управления – гидротурбина; ИУ – измерительное устройство – цифровой датчик частоты вращения Voith-Siemens; УУ – управляющее устройство; ИУ – исполнительное устройство.

Частота вращения гидротурбины изменяется под действием расхода воды. Следовательно, управляющим воздействием ОУ является частота вращения, а управляемым воздействием – изменение расхода воды.

Экспериментальная нормированная переходная характеристика ОУ имеет вид (Рисунок 2):

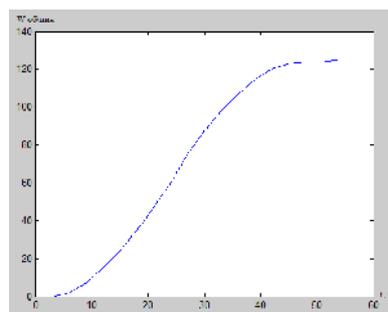


Рис. 2. Экспериментальная переходная характеристика

Время переходного процесса – 60 сек. $\tau = 4$ сек – время чистого запаздывания. Установившееся значение регулируемого параметра – 125 об/мин.

Для идентификация объекта управления был использован метод Симю.

Все необходимые расчеты были выполнены с помощью специализированного программного обеспечения ТАУ 2.1.

Расчетная переходная характеристика имеет вид, представленный на рисунке 3.

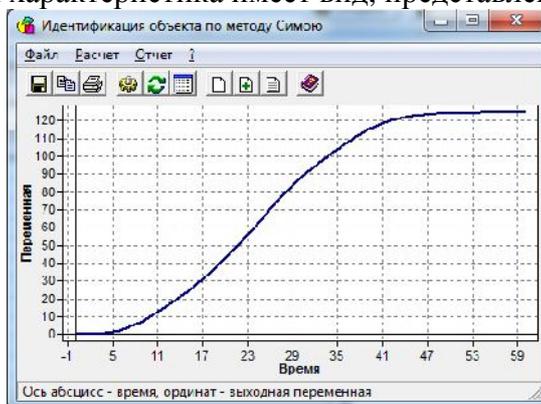


Рис. 3. Расчетная переходная характеристика

Передаточная функция ОУ имеет вид:

$$W(p) = \frac{k * e^{-\tau p}}{T_3 p^3 + T_2 p^2 + T_1 p} = \frac{125 * e^{-4p}}{1275.62 p^3 + 251.94 p^2 + 24.57 p + 1}$$

Ошибку идентификации определили на основании графиков экспериментальной и расчетной функций, представленных на рисунке 4.

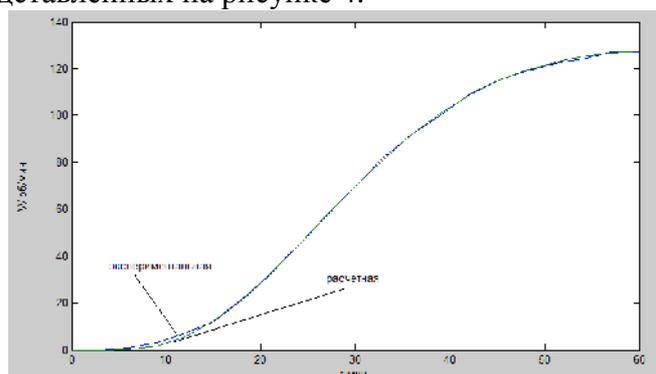


Рис. 4. Графики расчетной и экспериментальной характеристик ОУ

Модель объекта $W(p) = \frac{125 * e^{-4p}}{1275.62p^3 + 251.94p^2 + 24.57p + 1}$ определена с точностью $\Delta_{\max} = 1,72\%$. Это говорит о том, что метод Симою подходит для идентификации динамических объектов.

По номограмме выбора типа регулятора и в соответствии со значениями $t_1^* = 55$ с. и $T_u = \frac{\tau_{об}}{T_{об}} = \frac{4}{21,56} = 0,19$ выбрали ПИ – закон регулирования.

При ПИ – законе регулирования перемещение рабочего органа пропорционально сумме отклонения интеграла от отклонения регулируемой величины. Скорость перемещения рабочего органа пропорциональна отклонению регулируемой величины от её производной.

Для нахождения оптимальных настроек регулятора воспользовались режимом автоматической настройки ПО MatLab и получили несколько вариантов переходных характеристик с разными настроечными параметрами. Для того чтобы выбрать наилучшие настройки регулятора, произвели расчет показателей качества регулирования.

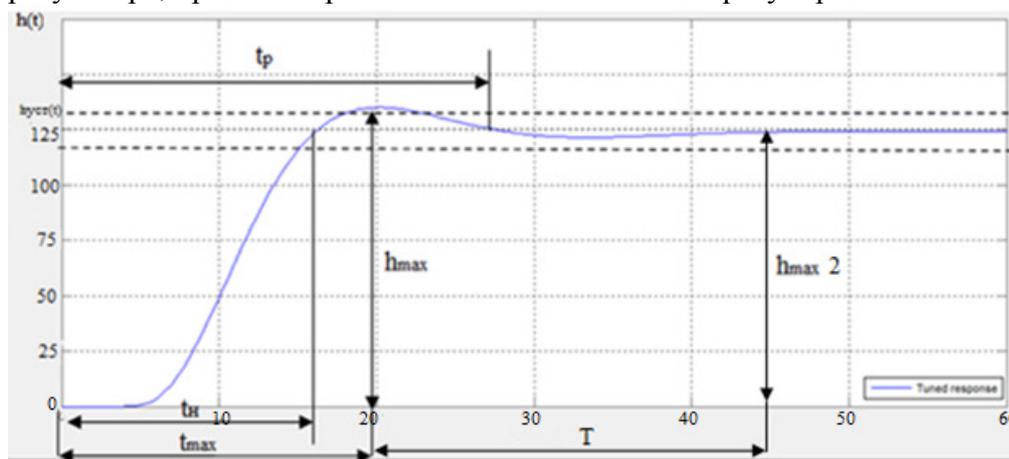


Рис. 5. Переходная характеристика замкнутой системы

Параметры качества регулирования:

1) Время переходного процесса.

$$t_p = 27,5 \text{ сек.}$$

2) Перерегулирование.

$$\sigma = \frac{h_{\max}(t) - h_{yc}(t)}{h_{yc}(t)} * 100\% = \frac{133.75 - 125}{125} = 7\%$$

3) Число колебаний: 1.

4) Колебательность переходного процесса.

$$k = \frac{h_{\max 2}}{h_{\max}} * 100\% = \frac{125}{133.75} * 100 = 93.75\%$$

5) Частота колебаний:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{6.28}{26} = 0.24$$

6) Время достижения первого максимума:

$$t_{\max} = 19,8 \text{ с.}$$

7) Время нарастания переходного процесса:

$$t_H = 16,3 \text{ с.}$$

8) Степень затухания:

$$\psi = 1 - \frac{h_{\max 2}}{h_{\max}} = 1 - \frac{125}{133.75} = 0.0654$$

9) Интегральная оценка качества.

$$J = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta i}{n} = 219/10 = 21,9.$$

Таким образом, процесс, полученный при настроечных параметрах регулятора $C_0 = 0,0007$ и $C_1 = 0,01558$, т.е. $K_p = 0,01558$ и $T_u = 22.25 \text{ с.}$, имеет наименьшее время регулирования, а его показатели являются оптимальными.

Литература

1. Баркан, Я.Д. Автоматизация энергосистем: учебное пособие. /Я.Д.Баркан, Л.А. Орехов. - М.: Высш. шк., 1981. – 271 с.
2. Овчаренко, Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем / Н.И. Овчаренко. – М.: изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 400 с. Ил.
3. Толубаев В.Н. Параметрический синтез локальных систем автоматического управления: Методические указания/В.Н. Толубаев, Т.А. Григорьева. - Братск: БРГТУ, 2000. – 47 с.

УДК 621.37

Сертификация телекоммуникационного оборудования в Российской Федерации

Е.А. Казакова

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: сертификация, федеральный закон, телекоммуникационное оборудование, нормативные документы, декларации связи, сертификат связи.

В данной статье отражено состояние сертификации связи в мире и РФ, приведены документы в области связи, представлены организации, занимающиеся сертификацией как на мировом уровне, так и в России.

Сертификация заключается в выдаче независимым органом сертификата (подтверждающего документа), посредством которого удостоверяется соответствие продукции, услуг установленным требованиям.

Основными принципами сертификации являются: обеспечение достоверности информации об объекте сертификации; объективность и независимость сертификации от из-

готовителя и потребителя; профессиональность испытаний изделий; исключение дискриминации; право заявителя выбрать орган по сертификации и испытательную лабораторию; открытость информации о результатах сертификации или о прекращении срока действия сертификата; многообразие методов испытаний с учетом особенностей объекта сертификации, его производства и потребления (на безопасность по качеству, шуму, на экологичность и т.д.); использование в деятельности по сертификации правил МЭК, правил региональных и федеральных органов по сертификации; признание аккредитации зарубежных органов по сертификации и зарубежных испытательных лабораторий, зарубежных знаков соответствия на основе соглашений межрегиональных и межгосударственных подтвержденных правительством РФ; соблюдение конфиденциальности информации составляющей коммерческую тайну фирмы; привлечение к работе по сертификации общественных объединений потребителей.

Основой всей нормативно-правовой базы сертификации в Российской Федерации является Федеральный закон (ФЗ) «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г. №184ФЗ, который регламентирует правоотношения, возникающие в ходе: разработки, принятия, применения и исполнения обязательных требований к продукции или к продукции и процессам, связанным с ней; разработки, принятия применения и исполнения на добровольной основе требований к продукции, выполнению работ или оказанию услуг; оценки соответствия. Надо заметить, что действие закона « О техническом регулировании» не распространяется на отношения, связанные с эксплуатацией и расширением единой сети связи РФ (статья 1 часть 2).

Сертификация проводится органами по сертификации и, помимо подтверждения качества продукции, также включает в себя подтверждение соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров. При этом сертификация может проводиться в обязательной и добровольной форме. Добровольная сертификация проводится с целью установления соответствия продукции, услуг, процессов, работ национальным стандартам, системам добровольной сертификации, стандартам компаний. Обязательная сертификация проводится в случаях, перечисленных в техрегламенте, с целью подтверждения соответствия только его требованиям.

В Российской Федерации применительно к телекоммуникациям существуют системы сертификации, в рамках которых выдаются отдельные сертификаты соответствия: система сертификации "Связь" (ССС), система сертификации ГОСТ Р и система гигиенической сертификации. При этом объекты сертификации всех трех систем не совпадают, и поэтому зачастую на одно изделие приходится оформлять все три сертификата соответствия. Перечни продукции, подлежащей обязательной сертификации, утверждаются Правительством России для каждой системы отдельно.

Чтобы определить подлежит ли средство связи обязательной сертификации необходимо руководствоваться Постановлением Правительства РФ №532 от 25.06.2009 г. « Об утверждении перечня средств связи, подлежащих обязательной сертификации». Средства связи, не вошедшие в перечень обязательной сертификации, подлежат декларированию соответствия (представлено на рис.1).

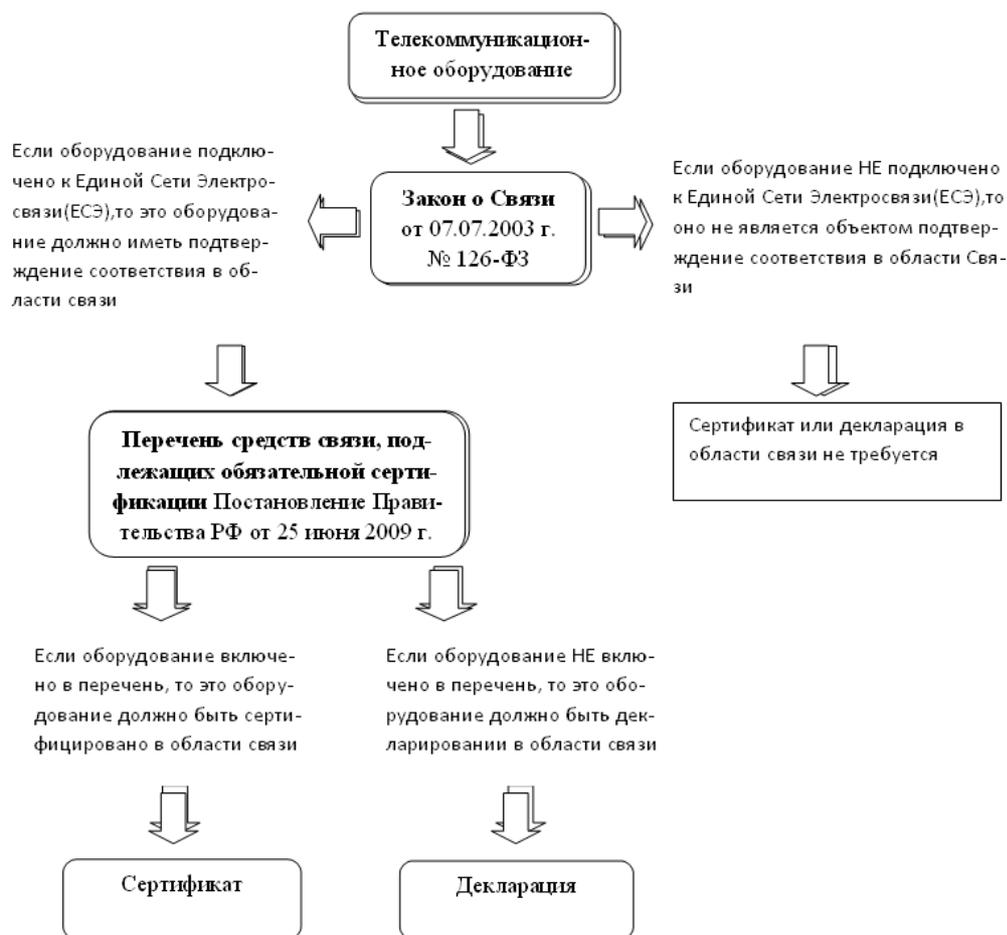


Рис. 1. Сертификация телекоммуникационного оборудования

Любое оборудование связи, используемое в составе единой сети электросвязи, должно иметь декларацию связи или сертификат связи. Сертификат связи требуется на оборудование, выполняющее функции коммутации и маршрутизации, радиопередающее оборудование, цифровые транспортные системы, оборудование для учета оказанных услуг, а также оборудование, используемое провайдерами телекоммуникационных услуг.

Декларация связи требуется на оконечное оборудование:

- проводные и беспроводные телефоны стандартов DECT и других радиотехнологий;
- сотовые телефоны всех стандартов GSM, WCDMA, HSDPA, CDMA;
- модули беспроводных компьютерных сетей технологии Blue Tooth и Wi-Fi стандартов 802.15 и 802.11 а/в/д/н;
- проводные и беспроводные модели и компьютерные модули расширения стандартов GSM, GPRS, EDGE, WCDMA, HSDPA;
- сервера телематических служб, поддерживающих интернет услуги и работающие по протоколам HTTP, HTTPS, POP, SMTP, DNS, FTP.

К нормативным документам в области декларирования и сертификация средств связи относятся:

- 1) ФЗ « О связи» от 07.07.2003г. №126-ФЗ;
- 2) Правила организации и проведению работ по обязательно подтверждению соответствия средств связи от 13.04.2005 г. №214;
- 3) Постановление Правительства РФ «Об утверждении перечня средств связи, подлежащих обязательной сертификации» от 25.06.2009 г. №532;

4) Положение о системе сертификации средств связи для взаимовязанной сети связи РФ от 10.04.2001г. №118.

Для обеспечения целостности, устойчивости функционирования и безопасности единой сети электросвязи Российской Федерации является обязательным подтверждение соответствия установленным требованиям средств связи, используемых в: сети связи общего пользования; технологических сетях связи и сетях связи специального назначения в случае их присоединения к сети связи общего пользования. Документы о подтверждении соответствия средств связи установленным требованиям, протоколы испытаний средств связи, полученные за пределами территории Российской Федерации, признаются в соответствии с международными договорами Российской Федерации. Отметим средства связи, подлежащие обязательной сертификации: средства связи, выполняющие функции систем коммутации, цифровых транспортных систем, систем управления и мониторинга, оборудование, используемое для учета объема оказанных услуг связи в сетях связи общего пользования; оконечное оборудование, которое может привести к нарушению функционирования сети связи общего пользования; средства связи технологических сетей связи и сетей связи специального назначения в части их присоединения к сетям связи общего пользования; радиоэлектронные средства связи; оборудование средств связи, в том числе программное обеспечение, обеспечивающее выполнение установленных действий при проведении оперативно-розыскных мероприятий. При модификации программного обеспечения, являющегося частью средства связи, изготовитель в установленном порядке может принять декларацию о соответствии данного средства связи требованиям ранее выданного сертификата соответствия или принятой декларации о соответствии. Поэтому сертификация соответствующего оборудования проводится согласно требованиям статей 41, 42 и 43 закона "О связи" (№ 126-ФЗ от 07.07.2003 г., далее ЗоС) [1].

В Российской сертификации в каждом конкретном случае сертификация проводится по определенной схеме, представляющей собой совокупность действий, официально установленная и применяемая в качестве доказательства соответствия заданным требованиям. В практике международной сертификации используется восемь схем сертификации, в России 16 схем сертификации. Для телекоммуникационного оборудования и оргтехники наиболее распространены схемы 3,7,9. Одной из важнейших особенностей сертификации является то, что все операции (процедуры, правила, испытания и другие действия) осуществляются в рамках определенной системы, которая устанавливает четкие правила их выполнения и функционирует под руководством специально уполномоченного органа. В Российской Федерации действует национальная Система сертификации ГОСТ Р. Отличительной чертой подтверждения соответствия через сертификацию служит то, что она выполняется третьей стороной, то есть лицом или органом, признанным независимым от поставщика (первая сторона) и потребителя (вторая сторона). При положительном решении по результатам сертификации заявителю выдается сертификат соответствия и предоставляется право на использование знака соответствия. Наряду с сертификатом существует Знак соответствия — зарегистрированный в установленном порядке, которым по правилам, установленным в данной системе сертификации, подтверждается соответствие маркированной им продукции установленным требованиям. В процессе сертификации доказательство соответствия продукции заданным требованиям сопряжено с испытаниями. Испытания проводятся по определенным процедурам и правилам в испытательных лабораториях, которые являются участниками сертификации. Закон РФ "О сертификации продукции и услуг" устанавливает их обязанности (ст. 12): "Испытательные лаборатории (центры), аккредитованные в установленном порядке осуществляют испытания конкретной продукции или конкретные виды испытаний и выдают протоколы испытаний для целей сертификации".

Проблема сертификации услуг в России приобрела особую актуальность в связи с введением в действие Закона Российской Федерации "О защите прав потребителей", пре-

дусматривающего обязательную сертификацию товаров и услуг на соответствие требованиям безопасности для жизни и здоровья людей, имущества, а также охраны окружающей среды. Кроме того, необходимость проведения работ по сертификации связана с переходом нашей страны к рыночной экономике, в условиях действия которой, качество услуг, как и любого другого товара, является фактором ее конкурентоспособности.

При сертификации сложного телекоммуникационного оборудования, уже имеющего сертификат соответствия, выданный другому производителю (поставщику), допускается производить выборочные испытания при установлении идентичности оборудования и распространении технических условий, согласованных для уже сертифицированного оборудования, на оборудование, проходящее сертификацию; ввозы и вывозы оборудования.

При обнаружении несоответствия эксплуатируемого средства связи, имеющего сертификат соответствия или декларацию о соответствии, установленным требованиям держатель сертификата или декларант обязан устранить выявленное несоответствие за свой счет. Срок устранения выявленного несоответствия устанавливается федеральным органом исполнительной власти в области связи.

В заключении отметим, что телекоммуникационная отрасль является наиболее динамично развивающейся. Соответственно, нормативно-правовая база стандартизации и сертификации должны соответствовать темпам развития телекоммуникаций. Следовательно, сертификацию, как в России, так и на мировом уровне необходимо непрерывно развивать и совершенствовать.

Литература

1. Федеральный закон "О связи" от 07.07.2003 N 126-ФЗ.
2. Сергеев А.Г., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация и сертификация 2-е изд.
3. Федеральный закон "О техническом регулировании" от 27.12.2002 N 184-ФЗ.
4. Правительство Российской Федерации Постановление от 31 декабря 2004 г. №896 «Об утверждении перечня средств связи, подлежащих обязательной сертификации».
5. Сертификация [Электронный ресурс]//Режим доступа: <http://www.rfcmd.ru/>

УДК 007.2

Способы защиты оптоволоконного кабеля

К.Е. Короткова

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: Волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС), безопасность, физический метод защиты, программные и технические методы защиты.

Сети, включающие в себя оптоволокно, получают все большее распространение, и монтаж волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) стал по-настоящему востребованной услугой. В наши дни они уже превратились в своеобразный стандарт для организации надежных и эффективных магистралей, необходимых для передачи больших объемов информации. Указано несколько правил, при соблюдении которых оптоволоконный кабель уже является защищённым. Рассмотрены физические методы защиты: 1. Введение в сердцевину волокна оптического кабеля и его светонаправляющую оболочку электромагнитное излучение в виде оптических сигналов; 2. Применение встроенных в ВОЛС интерферометров; 3. Использование гибридного коаксиального кабеля. Также рассмотрены программные и технические методы защиты, в частности квантовая криптография. Для достижения полной защиты ОВ желательно использовать все вышеперечисленные

способы. Даже при полной уверенности в том, что ваша сеть никогда не заинтересует злоумышленника, стоит лишний раз перестраховаться.

Безусловно, ВОЛС обладает массой преимуществ по сравнению со всеми аналогами. К тому же цена монтажа оптического кабеля достаточно низка. Однако одним из наиболее важных достоинств этих сетей является их защищенность.

Любая организация или предприятие, работающие на основе информационного пространства, должна позаботиться о должном уровне защиты оптоволоконного кабеля в составе системы ВОЛС. От уровня безопасности волокна зависит продуктивность и качество работы. Даже если сеть ограничивается несколькими устройствами, не стоит забывать о мероприятиях, обеспечивающих защиту от любого рода посягательств.

Также стоит отметить, что в последнее время злоумышленники стали разрабатывать специальные технологии, благодаря которым все же можно считать световой сигнал, передаваемый по волокну.

Безопасность оптоволоконной (ОВ) начинается с грамотного построения всех элементов сети. Рассмотрим несколько правил, при соблюдении которых оптоволоконный кабель уже является защищенным.

1. **Монтаж.** При монтаже ОВ необходимо учитывать особенности прокладки ОВ и вероятные угрозы для целостности волокна.

2. **Расчёты.** Грамотное соотношение длин отдельных ОВ и устройств связи уже обеспечит уверенность в том, что непредвиденный разрыв или искажение сигнала не нарушит работу сети.

3. **Электромагнитные излучения.** Волокно не сильно восприимчиво к радиопомехам и электромагнитным волнам, но это не значит, что кабель можно укладывать в непосредственной близости к приборам с высоким уровнем излучения.

Способы обезопасить ОВ от злоумышленников:

Физические метод защиты:

1. Известен способ защиты информации, передаваемой по волокнам оптического кабеля, заключающийся в том, что вводят в сердцевину волокна оптического кабеля и его светонаправляющую оболочку электромагнитное излучение в виде оптических сигналов, контролируют неравномерность распространения этих сигналов по сердцевине и по оболочке волокна. По величине этой неравномерности судят о наличии несанкционированного доступа к оптическому волокну.

Для реализации описанного способа используют оптический кабель, волокна которого содержат помимо светопроводящей сердцевины также и светопроводящую оболочку с параметрами распространения сигналов, соответствующими параметрам распространения сигналов в сердцевине.

Недостатком данного способа является повышенная сложность реализации, обусловленная необходимостью использования двухканальных оптических волокон, а также аппаратного обеспечения, характеризующегося применением компонентов прецизионной интегральной оптической техники. Такие уникальные устройства, сложные в изготовлении, монтаже и настройке, помимо высокой стоимости настолько усложняют систему, что она не может быть использована в локальных сетях коммерческих предприятий.

2. Наиболее близкими по своей технической сущности являются способ и система, обеспечивающие защиту от несанкционированного доступа к передаваемой по оптическим волокнам информации, основанные на применении встроенных в линии связи интерферометров.

Способ защиты кабеля от несанкционированного доступа к передаваемой по волокнам оптического кабеля информации заключается в контроле величины неоднородности распространения по кабелю электромагнитного излучения в виде светового сигнала и

оценке изменения этой величины, по которой судят о наличии несанкционированного доступа.

Для реализации этого способа использована система, содержащая оптический кабель и фиксатор изменения параметров распространения электромагнитного излучения в оптическом диапазоне вдоль кабеля.

Однако и этим способом присущи недостатки, заключающиеся в ограниченных функциональных возможностях и сложности схемной реализации. Сложность схемной реализации обусловлена также наличием парного световода для каждой контролируемой линии, который может быть использован для передачи сигналов только с использованием частотных разделителей, применение которых при отсутствии защиты от несанкционированного доступа позволило бы удвоить объем передаваемой по оптическим волокнам информации.

Отмеченные недостатки препятствуют использованию данного способа в коммерческих устройствах передачи информации, где предъявляются повышенные требования к простоте реализации локальной сети, относительно невысокой стоимости, простоте монтажа и обслуживания.

3. Использование гибридного коаксиального кабеля, содержащего оптическое волокно и электропроводник, расположенные внутри электропроводящей оболочки.

Сущность изобретения заключается, в следующем, используют комбинированный кабель, содержащий оптическое волокно и электропроводник, расположенные внутри электропроводящей оболочки.

Сущность изобретения заключается, что используют комбинированный кабель с волноводным каналом с постоянным по длине кабеля волновым сопротивлением, выполненным в виде электропроводящей оболочки, охватывающей расположенный вдоль волокон по меньшей мере один электропроводник, оптические волокна располагают в этом волноводном канале, а о наличии несанкционированного доступа судят по изменению величины неоднородности распространения электромагнитного излучения в этом волноводном канале в радиочастотном диапазоне, введенного в этот волноводный канал.

Недостатком этого кабеля является сложность защиты информации, передаваемой по оптическим волокнам, от несанкционированного доступа, требующая использования вышеописанных или аналогичных методов и средств.

Программные и технические методы защиты

Нельзя забывать о том, что злоумышленники пытаются завладеть информацией, не только физически подключаясь к кабелям напрямую или через коммутатор, но и перехватывая сигналы через программное обеспечение. Для защиты от таких действий служит шифрование. В сфере волоконно-оптических линий связи широкое применение нашла квантовая криптография.

Квантовая криптография — метод защиты коммуникаций, основанный на принципах квантовой физики. В отличие от традиционной криптографии, которая использует математические методы, чтобы обеспечить секретность информации, квантовая криптография сосредоточена на физике, рассматривая случаи, когда информация переносится с помощью объектов квантовой механики.

Процесс отправки и приёма информации всегда выполняется физическими средствами в ВОЛС при помощи фотонов. Подслушивание может рассматриваться как изменение определённых параметров физических объектов — в данном случае, переносчиков информации.

Технология квантовой криптографии опирается на принципиальную неопределённость поведения квантовой системы, выраженную в принципе неопределённости Гейзенберга — невозможно одновременно получить координаты и импульс частицы, невозможно измерить один параметр фотона, не исказив другой.

Используя квантовые явления можно спроектировать и создать такую систему связи, которая всегда может обнаруживать подслушивание. Это обеспечивается тем, что попытка измерения взаимосвязанных параметров в квантовой системе вносит в неё нарушения, разрушая исходные сигналы, а значит, по уровню шума в канале легитимные пользователи могут распознать степень активности перехватчика.

Можно сделать вывод о том, что для достижения полной защиты ОВ желательно использовать все вышеперечисленные способы. Даже при полной уверенности в том, что ваша сеть никогда не заинтересует злоумышленника, стоит лишний раз перестраховаться.

Литература

1. <http://WWW.VOLIOPTIKA.RU/STATI/NADEZHNOT-VOLS-I-SHIFROVAIE-DANNIH/>
2. <https://kabelnieseti.ru/sposoby-zashhity-optovolokonnogo-kabe/>
3. <http://www.freepatent.ru/patents/2051393>
4. [ru.wikipedia.org/Квантовая криптография](http://ru.wikipedia.org/Квантовая_криптография)

УДК 62-1

Расчет мощности систем бесперебойного электроснабжения

К.Е. Короткова

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: система бесперебойного электроснабжения, источник бесперебойного питания, инфокоммуникационные системы, качество электроэнергии.

В статье рассматривается влияние качества электроэнергии на выбор мощности и методика выбора мощности систем бесперебойного электроснабжения, которые предназначены для автономного электроснабжения электроприемников в случаях отключения электроснабжения от основных источников. Основу систем бесперебойного электроснабжения составляют источники бесперебойного питания. Выбор конкретных моделей источников бесперебойного электроснабжения для проектируемой системы бесперебойного электроснабжения производится на основе расчета потребляемой мощности нагрузки и прогноза её роста в будущем.

Система бесперебойного электроснабжения (СБЭ) представляет собой электроустановку, которая предназначена для автономного электроснабжения электроприемников в случаях отключения электроснабжения от основных источников. Время автономной работы СБЭ, как правило, выбирается из расчета завершения работы инфокоммуникационных систем без потери информации и повреждений оборудования. Минимального (базового) времени автономной работы всегда хватает на запуск резервного источника электроснабжения, например дизель-генераторной установки (ДГУ). [1]

Основу СБЭ составляют источники бесперебойного питания (ИБП). Обладая различной схемотехнической базой, мощностью, конструкцией, ИБП объединены функциональной способностью резервирования питания. Часть типов ИБП может в нормальном режиме обеспечивать качество электроэнергии (КЭ) на входе электроприемников. В нормальном режиме работы системы внешнего электроснабжения возможны отклонения показателей качества электроэнергии, вызывающие ответную реакцию ИБП, в том числе переход в автономный режим — на батареи. В основном это отклонения напряжения δU . Допустимые значения отклонения напряжения на входе ИБП не должны вызывать перехода в автономный режим при изменениях δU в пределах, допускаемых стандартом.

Практика показывает, что значение входного напряжения, лежащее в диапазоне +1-5% , удовлетворяет условию работы без перехода в автономный режим.[2] В остальном ИБП достаточно устойчивы к нарушениям показателей КЭ.

СБЭ характеризуется основными технико-экономическими показателями, приведенными в табл. 1. [3].

Таблица 1

Основные технико-экономические показатели СБЭ

№	Показатель	Описание
1	Установленная мощность	Суммарная номинальная мощность ИБП
2	Избыточное резервирование	Избыточная установленная мощность на случай отказа части ИБП
3	Время автономной работы	Время работы с номинальной мощностью при отключении внешнего питания

Выбор конкретных моделей ИБП для проектируемой СБЭ производится на основе расчета потребляемой мощности нагрузки и прогноза её роста в будущем.

Расчет мощности ИБП осуществляется по таким расчетным и задаваемым параметрам, как:

- мощность нагрузки;
- коэффициент мощности нагрузки;
- пусковые токи потребителей с мощностью, соизмеримой с номинальной мощностью ИБП;
- время автономной работы ИБП;
- время зарядки батарей;
- требования к надежности.

Как правило, в задании на проектирование задаются следующие данные: мощность нагрузки; характер нагрузки; время автономной работы ИБП.

При расчете необходимой мощности ИБП, включаемых в параллельный комплекс, учитывается, что при отказе одного ИБП мощность оставшихся должна соответствовать мощности нагрузки. Данное требование выражается значением $N+1$, где N — количество ИБП, обеспечивающих продолжение работы СБЭ при отказе одного. В простейшем случае $N=1$, однако при этом в нормальном режиме каждый из ИБП будет загружен только на 50%. Так как загрузка ИБП на 100% лишает систему возможности увеличения мощностей нагрузки и ограничивает перегрузочную способность, а с уменьшением нагрузки уменьшается коэффициент полезного действия ИБП и возможно появление нелинейных искажений на входе ИБП, рациональной представляется система, состоящая из четырех ИБП, каждый из которых в любом режиме загружен не более чем на 75%. Практический опыт подтверждает целесообразность такого решения. При этом коэффициент использования источников бесперебойного питания рассчитывается по следующему выражению:

$$K_u = \frac{N}{N+1},$$

где N — минимальное количество работающих аппаратов в группе; для единичного аппарата $N = 1$.

Ясно, что $K_u \leq 0,75$. В зависимости от расчетной схемы, нагрузки и степени требований к точности расчетов K_u может принимать другие значения (более 0,75 не рекомендуется), поскольку приведенная формула оперирует только количеством установленных устройств.

Установленная мощность ИБП соотносится с расчетной мощностью нагрузки S_p :

$$S_{ИБП} = S_p / (K_u \times N).$$

Шкала номинальных мощностей ИБП дискретная, следовательно, выбирается ближайшее большее значение $S_{ИБП}$. Расчет S_p сопряжен с некоторыми трудностями, поскольку нормы проектирования не определяют удельные мощности нагрузок средств информатизации и телекоммуникаций. Ведомственные нормы проектирования ВСН 59-88 приводят значения для терминальных устройств и больших ЭВМ (мэйнфреймов), что не подходит для компьютерных сетей и обрабатывающих центров.

Для расчета мощности нагрузки компьютерной сети можно пользоваться удельным потреблением, выражаемым в $ВА/м^2$, или мощностью одного рабочего места (рабочей станции) [ВА]. В [4] приводится значение удельного потребления 40 $Вт/м^2$ для одного этажа и 30 $Вт/м^2$ для нескольких этажей или всего здания. При санитарной норме 6 $м^2$ на одно автоматизированное рабочее место получаем 240 и 180 $Вт/м^2$ или при коэффициенте мощности $\cos\varphi=250$ $ВА/м^2$.

В последнее время с широким использованием рабочих станций и персональных компьютеров на базе Pentium 4, а также мониторов с диагональю 19" наметился некоторый рост потребляемой мощности. Однако есть основания полагать, что это временное явление, поскольку мониторы на базе электронно-лучевых трубок (ЭЛТ) постепенно вытесняются плоскими жидкокристаллическими (ЖК) дисплеями. На рис. 1 показано изменение во времени удельных мощностей нагрузки [4].

Расчет мощности нагрузки компьютерной сети требует также учета коэффициента использования для персональных компьютеров. Коэффициент использования K_u характеризует отношение числа электроприемников, находящихся одновременно в работе, к общему количеству однотипных электроприемников, установленных на объекте. В нормативной документации таких сведений не приводится.

Из опыта эксплуатации можно определить этот коэффициент как 0,7. . .0,9 — для этажа и 0,4. . .0,6 — для здания в целом. Необходимо заметить, что K_u зависит от режима работы и назначения здания (министерство, офис крупной компании, бизнес-центр и т.д.). Коэффициент использования серверов, коммутационных центров близок к единице.

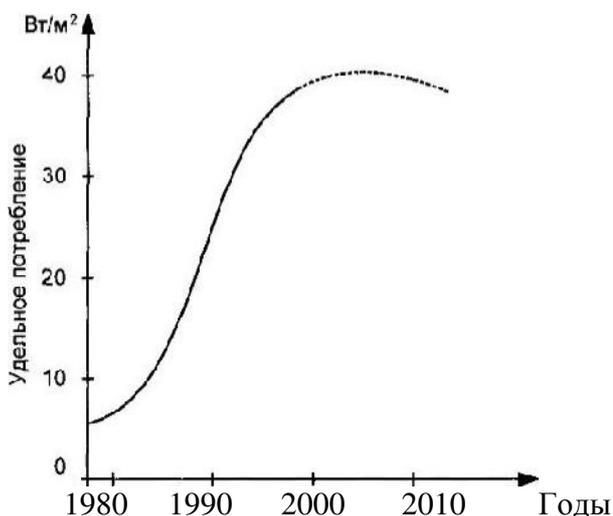


Рис. 1. Прогноз электропотребления информационного офисного оборудования

Определение коэффициента использования на этапе составления технического задания — важный момент в совместной деятельности подрядчика и заказчика. При его завышении мощность ИБП также окажется завышенной, и инвестиции в оборудование станут излишними. Занижение K_u приведет к дефициту мощности СБЭ.

Выбор защитно-коммутационного оборудования (автоматических выключателей, выключателей нагрузки, рубильников и предохранителей) для подключения ИБП должен производиться с учетом КПД, токов заряда батарей и установленной мощности ИБП. Вы-

бор номинальных значений защитно-коммутационного оборудования по установленной мощности позволяет в случае необходимости полностью нагрузить систему. Как было отмечено выше, КПД для технологии двойного преобразования не превышает 0,93. Ток заряда батареи ИБП с временем автономной работы 10.. 15 мин не превышает 10% номинального тока ИБП в режиме on-line. Отсюда номинальный ток защитно-коммутационного оборудования для подключения ИБП вычисляется по формуле

$$I_{ном} = (S_p / \eta + 0.1S_p) / 3U_\phi,$$

где U_ϕ — фазное напряжение;

η — коэффициент полезного действия.

Таким образом установленная мощность зависит от двух факторов: расчетной мощности (мощности нагрузки) и степени избыточного резервирования. Избыточное резервирование может достигать 100%. Этот случай наименее экономичен и представляет собой схему из одного рабочего и одного резервного ИБП. В настоящее время большое распространение получил принцип резервирования N+1, когда резервируется только часть мощности ИБП, а схема СБЭ построена таким образом, что позволяет использовать резерв при отказе одного из работающих ИБП. Как правило, это схемы с так называемым «горячим резервом» (находящимся под нагрузкой). Возможны случаи построения СБЭ без избыточного резервирования, но они менее предпочтительны. Время автономной работы на номинальную нагрузку определяется емкостью аккумуляторных батарей (АБ), Реально это время несколько больше за счет избыточного резервирования и дискретности шкалы номинальных мощностей.

Литература

1. Чепурин И.Н. Источники бесперебойного питания. Что нового? // Сети и системы связи. – 2000. - № 10.
2. Воробьев А.Ю. Еще раз об ИБП. Эксплуатация систем бесперебойного электроснабжения // Мир связи. Connect. – 2002. - № 10.
3. Ермаков С.И. Концепции построения систем гарантированного электроснабжения // Вестник связи. – 2000. - № 10.
4. Джонатан Харкер, Питер Бекон, Джордж Снайдер и др. Интеллектуальные здания. Проектирование и эксплуатация информационной инфраструктуры: Пер. с англ. // CSC Index. Сети МП. – М., 1996.

УДК 681.5.017

Эвристические программы диагностики промышленных объектов

В.В. Лузгин, Б.Х. Кулов

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: промышленный объект; диагностика; эвристическая программа; диагностическая информация.

В статье рассматривается процесс формирования эвристических программ диагностирования промышленных объектов на примере дизель-генераторной установки.

Рассмотрена сущность эвристических программ диагностирования промышленных объектов. В результате постоянного взаимодействия формирователей оперативной и долговременной информации определяется предварительный диагноз, а посредством обратных связей осуществляется непрерывное обучение данных формирователей. Реализация эвристических программ диагностирования промышленных объектов может быть

представлена с помощью языка высокого уровня, которым является эвристическое программирование. Известно довольно много программ частного и общего характера для решения определенного класса задач, однако отсутствие в теории эвристического программирования формальных правил поиска эвристик затрудняет практическое применение этого метода для решения прикладных задач.

Поэтому задача формирования эвристических программ диагностирования, представленная на конкретных примерах, является самостоятельной и требует индивидуального подхода. Приведены таблицы связей признаком проявления неисправностей (строки) и соответствующих им неисправностям (столбцы).

Введение

В настоящее время актуальной проблемой является формирование эффективной взаимосвязи ассоциативного и формально-логического мышления специалистов в области диагностики промышленных объектов и компьютерных программ по обработке диагностической информации, полученной на основании стендовых испытаний, научно-производственного опыта и любых других источников информации о состоянии объектов диагностики.

Первые попытки создания компьютерных программ игры в шахматы, основанных только на формально-логической обработке исходной информации, не дали скольнибудь серьезных результатов, и только «впитав» опыт лучших мастеров шахматного искусства, то есть их эвристические приемы, эти программы позволяют обыгрывать чемпионов мира [1].

В ранний период развития искусственного интеллекта в целом и машинного обучения в частности, казалось вероятным, что основная часть классической теории станет устаревшей. Появилось признание того, что машинное обучение не следует отделять от теории информации.

Теорию информации и машинное обучение следует рассматривать совместно, так как они изучают схожие проблемы, а именно: проблемы обмена и обработки информации. Например, человеческий мозг является примером сложнейшей системы сжатия и обмена информацией

Машинное обучение объединяет несколько областей знаний, что позволяет различным методам и подходам ассимилироваться в единую теорию.

Байесовские сети (БС) объединяют в себе технологии машинного обучения и визуализации и весьма удобны для описания сложных процессов и событий с неопределенностью. Они представляют собой графические модели событий и процессов на основе объединения подходов теории вероятностей и теории графов. Их название связано, прежде всего, с байесовским правилом вероятностного вывода.

Графически структура БС может быть представлена в виде дерева, полидерева, решетки, либо их комбинации (рис. 1).

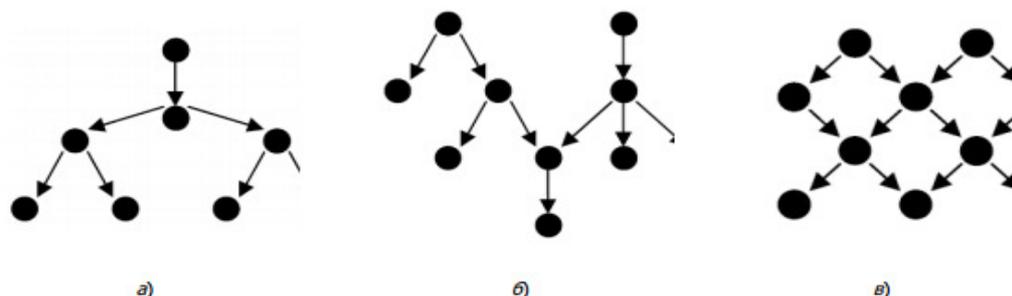


Рис. 1. Примеры различных типов БС: а - дерево; б - полидерево; в – решетка

Дерево — такая структура БС, в которой любая вершина может иметь не более одной вершины-предка (рис. 1а). Полидерево — структура БС, в которой любая вершина может иметь более одной вершины-предка, но при этом между любыми двумя вершинами должно быть не более одного связывающего их пути (рис. 1б). Решетка — сетевая структура, в которой любая вершина может иметь более одной вершины-предка; при этом между любыми двумя вершинами может быть более одного связывающего их пути (рис. 1в) [2].

Такую проблему предлагается решать различными способами, например, на основе непрерывного процесса формирования эвристической программы диагностирования промышленного объекта (Э> ЩПО) или принципа описания минимальной длины с предварительным упорядочиванием вершин по значению взаимной информации.

Реализация ЭПД ПО возможна лишь на языке высокого уровня, каким, например, является эвристическое программирование. Его преимущества проявляются лишь в том случае, когда полную математическую модель построить нельзя или нецелесообразно из-за большой ее размерности.

Например, синтез исходной таблицы связей неисправностей и признаков их проявления (ТС) для двигателей ЗИЛ-5081.10 осуществлялся методом экспертных оценок. В результате была получена ТС размерностью 49x87.

Рассмотрим процесс формирования эвристической программы диагностирования промышленного объекта (ЭПД ПО) на примере дизель-генераторной установки (ЭПД ДГУ). Первым этапом формирования ЭПД ДГУ является синтез диагностической ТС, на основе технической документации, производственного опыта и экспертных оценок.

Такая ТС взаимосвязи признаков проявления неисправностей (строки) и соответствующих им неисправностям (столбцы) представлена таблицей 1. ТС считается сформированной, если каждый её столбец представляет собой код (тест), однозначно определяющий состояние ПО, например, дизель-генераторной установки.

Таблица 1

Фрагмент таблицы связей неисправностей и признаков их проявления для формирования ЭПД ДГУ

	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П59	П60	П61	П62	П63	П64
S1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S16	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
S17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ТС ЭПД ДГУ размерностью 19x64 изображён. S_k и P_k - признаки и неисправности ДГУ соответственно. При внимательном рассмотрении можно понять, что разным признакам соответствует разное количество неисправностей. Например, в соответствии с признаком «S19» (чрезмерным шумом) может возникнуть по причине единственной неисправности «П69» (вращающиеся детали задевают неподвижные детали в центрифуге).

Например, признаку «S2» (температура охлаждающей жидкости выше нормы) соответствует одна из 10 неисправностей (П2 – уровень охлаждающей жидкости ниже нормы, П3 - повреждены или засорены пылью тепло отводные пластины радиатора, П4 - шланг системы охлаждения смят, засорен или имеет утечку, П5 - ослабление приводного ремня вентилятора, П6 - уровень моторного масла выше или ниже нормы, П7 - повреждён или отсутствует кожух вентилятора, отсутствуют отражательные щитки рециркуляции воздуха, П8 – неисправна пробка радиатора, П9 - неисправен датчик температуры, П10 – неполное открытие жалюзи радиатора или неправильная регулировка термостата жалюзи, П11 - закрыт утепляющий чехол или передний фартук радиатора).

Таким образом, данная ТС является первым этапом разрабатываемой эвристической программы диагностирования ДГУ.

В процессе обучения или самообучения ТС меняется не только их размерность, но и величины вероятностей связей между неисправностями и признаками их проявления.

Если же одному признаку неисправности соответствует несколько неисправностей, то необходимо решать задачи по оптимизации стратегии их поиска, например, методами функционального динамического программирования. Для использования этих методов необходимо иметь полную информацию о надёжности и стоимости проверок диагностируемых устройств.

Рассмотрим постановку задачи формализации синтеза оптимальных алгоритмов диагностирования ДГУ в общем случае.

Для условного оптимального алгоритма диагностирования функциональное уравнение имеет следующий вид [2]:

$$C(S_k) = + P(S_{ki}^0) C(S_{ki}^0) + P(S_{ki}^1) C(S_{ki}^1)],$$

где $i = 1, 2, \dots, m$ (m возможных проверок);

$C(S_k)$ - минимальная стоимость диагностирования состояния системы, имеющей подмножество состояний S_i ;

C_i - стоимость выполнения проверки π_j ;

S_{ki}^0 - подмножество состояний, в которое входят проверки π_i , т.е. состояния из S_k , для которого π_j имеет отрицательный исход;

$C(S_{ki}^0)$ - средняя стоимость диагностирования состояния системы при условии, что это состояние входит в S_{ki}^0 ;

S_{ki}^1 - подмножество состояний, в которое входят проверки π_j , т.е. состояния из S_k , для которого π_j имеет положительный исход;

$C(S_{ki}^1)$ - средняя стоимость диагностирования состояния системы при условии, что это состояние входит в S_{ki}^1 ;

$$P(S_{ki}^0) = \frac{\sum_{S_t \in S_{ki}^0} P(S_t)}{\sum_{S_t \in S_{ki}} P(S_t)}$$

вероятность отрицательного исхода проверки π_i ,

S_t - одно из состояний системы, входящее в множество $S = \{S_t\}$, $t = 1, 2, \dots, n$ возможных состояний системы;

$$P(S_{ki}^1) = 1 - P(S_{ki}^0) - \text{вероятность положительного исхода проверки } \pi_j;$$

Для упорядоченного оптимального алгоритма диагностирования имеем следующие уравнения динамического программирования при $r=1$, $C_j - C(\Pi_r)$ для любой $\pi_j \in \Pi_r$, при $r = 2$,

$$C(\Pi_r) = \min_{\pi_j \in \Pi_k} (C(\Pi_r/\pi_j) + C_j q(\Pi_r/\pi_j)),$$

где $\Pi_2 = \{\pi_j\}$, $j=1,2,\dots,r$ ($r \leq m$) - некоторое подмножество проверок из Π ;

$$q = \Pi_r/\pi_j = 1 - \sum_{S_r \in S_r} P(S_r)$$

$C(\pi_r)$ - средняя стоимость оптимальной упорядоченной программы диагностирования;

$C(\Pi_r/\pi_j)$ - стоимость выполнения программы при исключении из нее проверки π_j ;

S_{rj} - подмножество состояний, которые определены после выполнения всех проверок из Π_r/π_j .

Рассмотрим принцип описания минимальной длины с предварительным упорядочиванием вершин по значению взаимной информации.

Для оценки степени зависимости двух произвольных переменных x^i и x^j Шоу и Лью предложили использовать значение взаимной информации Mutual Information $MI(x^i, x^j)$. Расчет выполняется по следующей формуле:

$$MI(x^i, x^j) = \sum_{x^i, x^j} P(x^i, x^j) \log \frac{P(x^i, x^j)}{P(x^i)P(x^j)}$$

Принцип описания минимальной длины (ОМД) в наиболее общей формулировке гласит: среди множества моделей следует выбрать ту, которая позволяет описать данные наиболее коротко, без потери информации.

В общем виде задача ОМД выглядит следующим образом:

Сначала задается множество обучающих данных $D = \{d_1, \dots, d_n\}$, $d_i = \{x_i^{(1)}, x_i^{(2)}, \dots, x_i^{(N)}\}$ (нижний индекс — номер наблюдения, а верхний — номер переменной), n — количество наблюдений, каждое наблюдение состоит из $N(N \geq 2)$ переменных $X(1), X(2) \dots X(N)$, каждая j -я переменная ($j = 1, N$) имеет $A^{(j)} = \{0, 1 \dots a^{(j)}\}$ ($a^{(j)} \geq 2$) состояний, каждая структура $g \in G$ БС представляется N множествами предков $(\Pi(1), \dots, \Pi(N))$, т. е. для каждой вершины $1, \dots, N$, $\Pi(j)$ — это множество родительских вершин, такое, что $\Pi(j) \subseteq \{X^{(1)}(1), \dots, X^{(N)}(N)\} \setminus \{X^{(j)}(j)\}$ (вершина не может быть предком самой себе, т. е. петли в графе отсутствуют) [2].

Применение методов интеллектуального анализа данных позволяет использовать диагностическую информацию о функционировании технических устройств для изучения закономерностей их работы, выявления предпосылок и предотвращения сбоев и аварий, внедрения систем поддержки принятия решений.

Байесовские сети являются одним из наиболее эффективных методов интеллектуального анализа данных. Объединяя подходы теории вероятностей и теории графов, они представляют собой удобный инструмент для описания сложных процессов и событий с неопределенностями.

В заключение следует также отметить, что ЭПД ПО - это бесконечно развивающиеся программы, которые уже в ближайшее время могут выполнять не только функции системы интеллектуальной поддержки в процессе формирования диагноза и прогноза технического состояния промышленного объекта, но и успешно конкурировать с опытным специалистом, а также оказывать существенную помощь в обучении специалистов и студентов в области практической диагностики промышленных объектов.

Литература

1. Лузгин. В. В. Структура, формирование и функционирование эвристических программ диагностирования промышленных объектов / В. В. Лузгин // Вестн. МАДИ(ГТУ). = 2009. - Вып. 4(19). - С. 25-29.
2. Горишний Д.В. Эвристический алгоритм синтеза модели зави симостей между событиями / Д.В. Горишний // Вестн. ДГТУ. = 2010. Т.10. - Вып. 5(48).- С . 648-658.

УДК 62-52

Параметрический синтез локальной САР частоты вращения электродвигателя на базе преобразователя частоты на трубопроводе

А.А. Кушнирук

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: идентификация, регулятор, параметры настройки, показатели качества.

В данной статье рассмотрен процесс расчета необходимый для модернизации системы автоматического регулирования частоты вращения электродвигателя. В работе был изложен порядок параметрического синтеза – осуществлена идентификация объекта управления методом интегральных площадей, подсчитана ошибка подобранной модели, выбран закон регулирования, построена модель замкнутой системы с помощью ПО Matlab. Расчет производился по параметру частота вращения электродвигателя. На основе проведенного исследования были подобраны оптимальные параметры настройки, рассчитаны показатели качества регулирования.

В магистральной насосной станции установлены четыре магистральных насосных агрегата (МНА), работающих по последовательной схеме. Магистральный насосный агрегат включает: магистральный насос и электродвигатель, которые расположены на общей фундаментальной раме и соединены между собой при помощи упругой втулочно-пальцевой муфты. Синхронный электродвигатель с переменной частотой вращения служит приводом магистральному насосу. Меняя частоту питающего напряжения при помощи преобразователя частоты, можно менять частоту вращения электродвигателя.

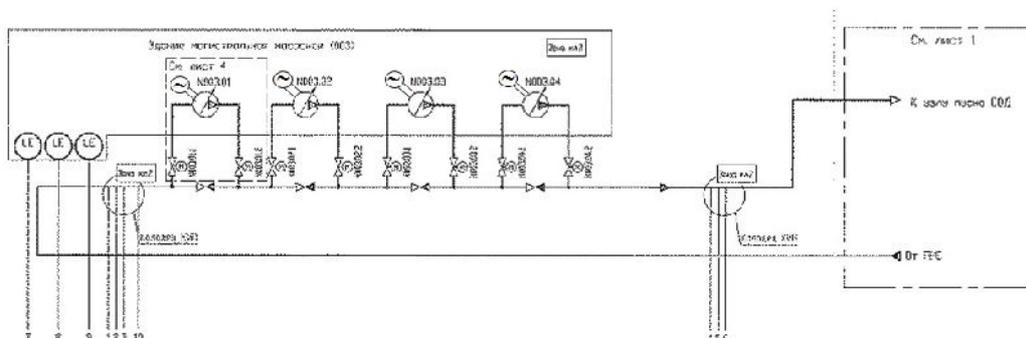


Рис. 1. Функциональная схема

В данной статье объектом управления является электродвигатель, а его регулируемым параметром частота вращения ω об/сек.

Идентификация объекта управления проводилась двумя методами:

- идентификация объекта управления аperiodическим звеном первого порядка;

- методом интегральных площадей.

В ходе проведения расчетов первым методом модель объекта с ПФ

$W(p) = \frac{2500 * e^{-3p}}{18,5p + 1}$ определена с точностью $|\Delta|_{\max} = 18,8\%$, что не допускается в инженерных расчетах. По второму методу модель объекта была ПФ

$W(p) = \frac{2500e^{-3p}}{221,4715p^3 + 122,1512p^2 + 18,4152p + 1}$ определена с точностью $|\Delta|_{\max} = 4,8\% < 5\%$, следовательно, этот метод и является оптимальным.

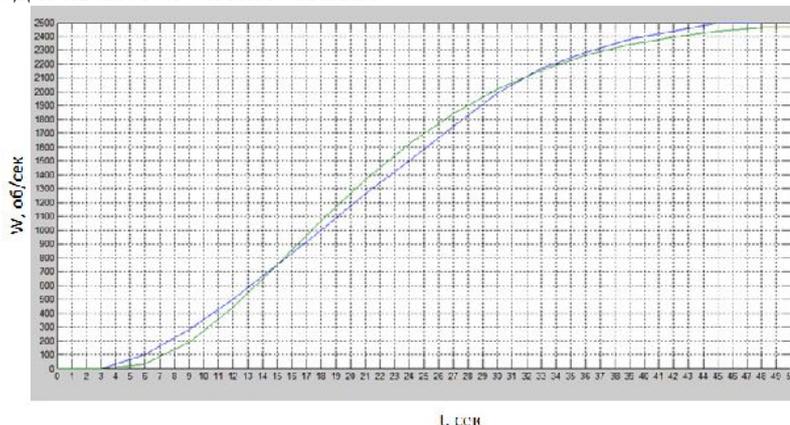


Рис. 2. Графики расчетной и экспериментальной характеристик полученных методом интегральных площадей с помощью программного обеспечения MATLAB

В соответствии с требованиями технологии выбираем аperiodически переходный процесс, характер действия регулятора выбирали, опираясь на соотношение: $< 0,2$. Следовательно, должен использоваться позиционный регулятор. По роду действия релейный регулятор, т.к. $0 < < 0,2$. По конструктивно-технологическому оформлению выбрали электрический регулятор.

Выбор закона регулирования осуществляли по номограмме (рисунок 3). Рассчитали соотношения и на пересечении линий получили точку, которая означает, что нужно применить ПИ – закон регулирования.

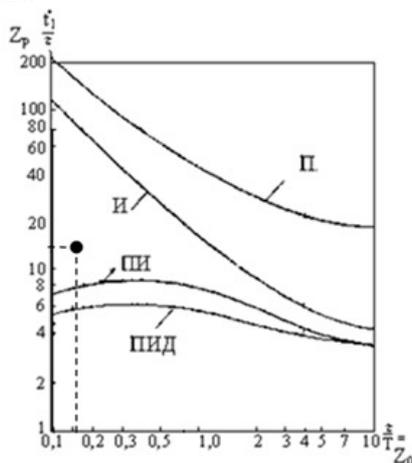


Рис. 3. Номограмма для выбора закона регулирования

Определение настроечных параметров регулятора проводилось двумя способами: табличным методом и методом автонастройки с помощью ПО MATLAB.

Наилучшим оказался метод автонастройки, с помощью которого для более качественного определения параметров подобрали три модели. По параметрам качества переходного процесса из трех наиболее подходит модель на рисунке 4.

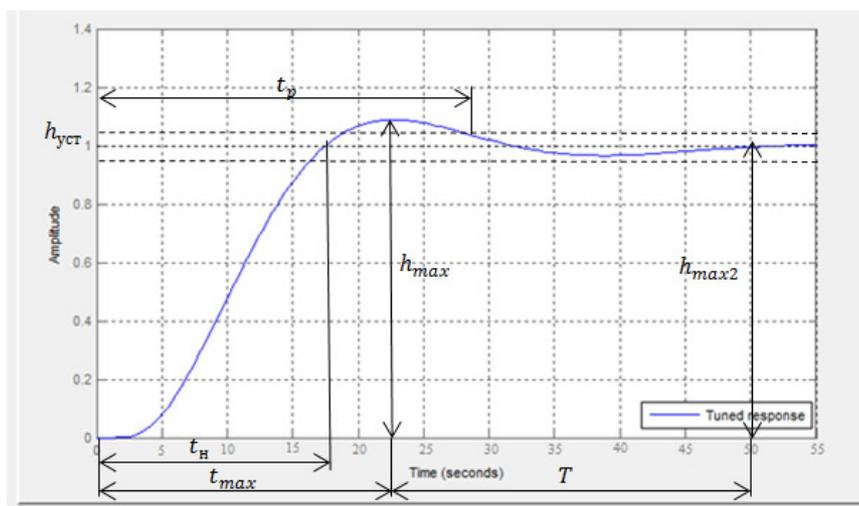


Рис. 4. Показатели качества переходной характеристики

1. Время переходного процесса $t_p = 28.8$ сек

2. Перерегулирование:

3. Число колебаний: $N=1$.

4. Колебательность:

$$k = \frac{h_{max2}}{h_{max}} * 100\% = \frac{1}{1.08} * 100\% = 92.5\%$$

5. Частота колебаний:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{27.5} = 0.22$$

6. Время достижения первого $t_{max} = 22.5$ сек

7. Время нарастания $t_n = 17.5$ сек

8. Степень затухания:

$$\psi = 1 - \frac{h_{max2}}{h_{max}} = 1 - \frac{1}{1.8} = 0.07$$

9. Интегральная оценка качества:

$$J = \frac{\sum \Delta_i}{n} = \frac{1.76}{11} = 0.16$$

Осуществлен выбор средств автоматизации.

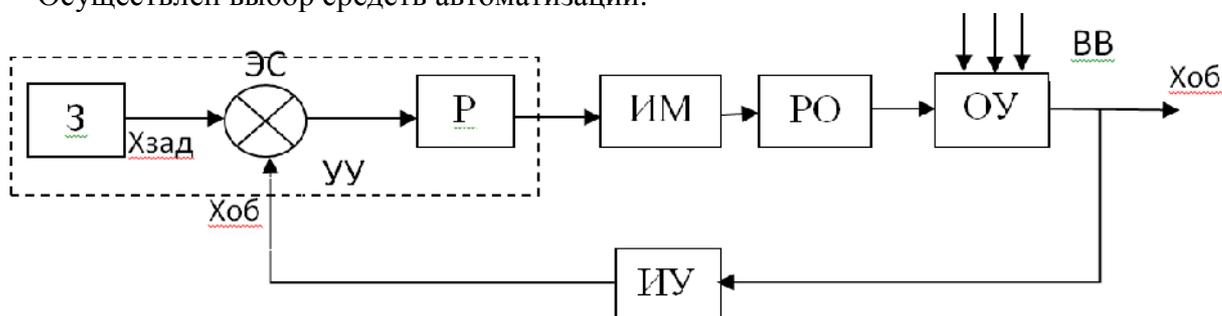


Рис. 5. Структурная схема автоматизации:

З – задающее устройство; ЭС – элемент сравнения; Р – регулятор (контроллер); ИМ – исполнительный механизм (преобразователь частоты); РО – регулирующий орган (вал электродвигателя); ОУ – объект управления (электродвигатель); ИУ – измерительное устройство (датчик частоты вращения); УУ – управляющее устройство.

В результате проведенной идентификации была получена оптимальная ПФ $W(p) = \frac{2500e^{-3p}}{221,4715p^3 + 122,1512p^2 + 18,4152p + 1}$. На основе полученной ПФ и требуемых условий про-

текания апериодического технологического процесса был выбран тип регулятора: по характеру действия – позиционный регулятор; по роду действия – релейный регулятор; по конструктивно-техническому исполнению – электрический.

Литература

1. Параметрический синтез локальных систем автоматического управления: Методические указания / Т. А. Григорьева, - Братск: БрГУ, 2008.-33с.
2. <http://www.ngpedia.ru/index.html>

УДК:62-52

Языки программирования роботов

Н.В.Петухов

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: промышленный робот, манипулятор, степень подвижности, язык программирования, рабочая программа, компиляция

В данной статье рассматривается описание языковой формы управления промышленными роботами. Также рассматриваются преимущества языковой формы управления промышленными роботами по сравнению с другими. Кроме того, описываются уровни управления промышленными роботами. Описывается история развития языков программирования промышленных роботов, где в качестве примеров указываются языки VAL и РОКОЛ. Далее приводятся современные языки программирования промышленных роботов, такие как GRL (универсальный робототехнический язык), RAPS (система планирования реактивных действий), Golog (язык программирования, позволяющий обеспечить безукоризненное взаимодействие средств алгоритмического решения задач (планирования) и средств реактивного управления, заданных непосредственно с помощью спецификации), SES (языковое расширение C++, в котором объединяются вероятностные средства и средства обучения), ALisp (язык, позволяющий задавать недетерминированные точки выбора). Указываются особенности этих языков и области их применения.

Различные методы ручного и полуавтоматического управления роботами служат лишь для выполнения простых технологических операций (например, перенос деталей с одной платформы на другую). Для того, чтобы совершать более сложные технологические операции, применяют автоматические способы управления, при которых операторы осуществляют лишь функции наблюдения за технологическим процессом и останова робота в случае неправильности его действий. Автоматическое управление роботом предполагает написание текста программы. Текст программы пишется на каком-либо языке программирования роботов. Языки программирования роботов имеют четыре уровня развития. Данная классификация отображена на рис.1.

На исполнительном уровне оператор задаёт управляющие воздействия манипулятора робота вручную по каждой степени подвижности в той последовательности, в которой выполняются технологические операции роботов. Программа, записанная на языках исполнительного уровня, занимает большой объём памяти, а последовательность команд расписана очень подробно.

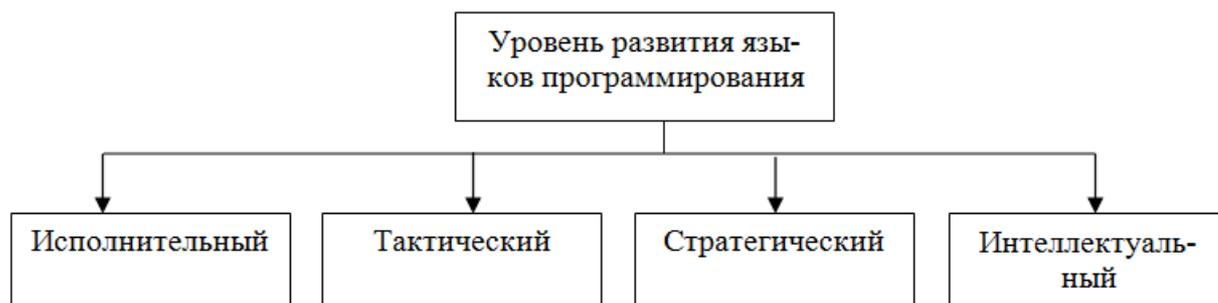


Рис.1. Уровни развития языков программирования

На тактическом уровне оператор задаёт лишь узловые точки рабочего органа (например, схвата). Таким образом, задаются общие координаты манипулятора, а не координаты каждой из степеней подвижности, как в предыдущем случае. Соответственно, объём занимаемой рабочей программой памяти будет меньше, чем на исполнительном уровне.

На стратегическом уровне оператор задаёт не координаты манипулятора, а отдельные операции, которые необходимо выполнить (например, задаются реальные координаты места, где необходимо взять деталь и места, куда её необходимо перенести. Затем задаются реальные координаты второй детали, которую необходимо взять и т.д.). Объём памяти рабочей программы на стратегическом уровне ещё меньше.

На целевом уровне формируется весь технологический процесс, который манипулятор выполняет автоматически. Объём памяти рабочей программы минимальный.

Также к достоинствам языковой формы управления можно отнести возможность включения в рабочую программу сигналов от датчиков и передачи их на расстояние. В этом случае робот становится адаптивным к технологическому процессу (т.е. может автоматически подстроиться под выполнение технологического процесса в других условиях). Кроме того, можно включить метки и комментарии. Таким образом текст программы будет понятен пользователям, и в случае необходимости они самостоятельно смогут его изменить.

Также языки программирования роботов можно классифицировать по степени универсальности. Данная классификация отображена на рис.2.

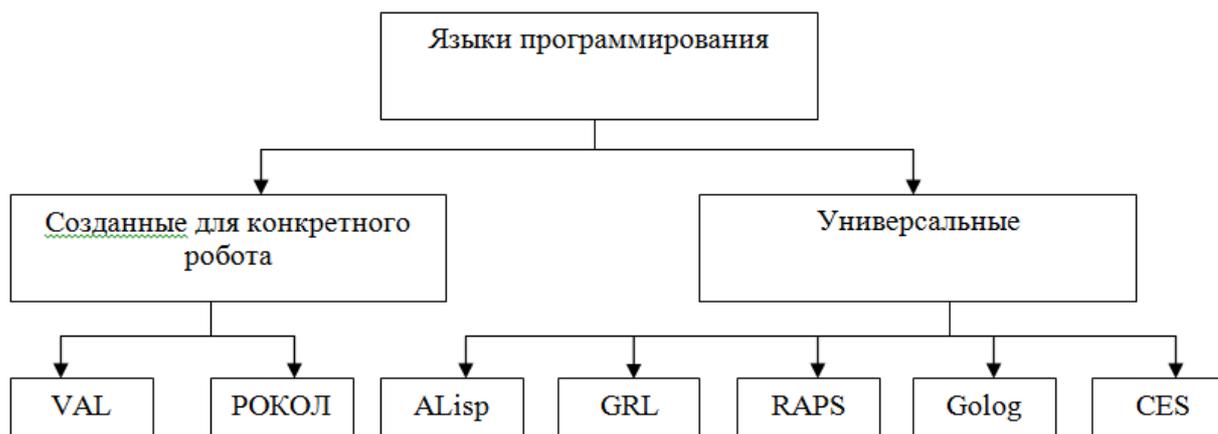


Рис.2. Классификация языков программирования по степени универсальности

Языки, созданные для конкретного робота, имеют синтаксис, который понятен только для одного типа роботов и совершенно неприемлем для других. Универсальные языки – языки программирования высокого уровня, которые могут применяться для различных типов роботов.

Существует большое множество языков программирования, созданных для конкретного робота. Рассмотрим два таких языка – VAL и РОКОЛ.

Язык программирования VAL был создан для программирования промышленного робота «Puma» фирмы «Unimation». Базовая часть языка реализуется на микро ЭВМ LSI-11. Для хранения алгоритмов трансляции исходных данных используется запоминающее устройство EPROM. Для хранения прикладных программ используется запоминающее устройство RAM. Программы управления создаются в диалоговом режиме. При работе робота «Puma» можно использовать команду «приближение». С её помощью рабочий орган манипулятора, приближаясь к детали, поднимается на безопасную высоту над деталью, затем производится настройка манипулятора для её взятия, и лишь после этого деталь схватывается. Также есть команда для безопасного перемещения детали вблизи рабочей поверхности. Вместо задания координат узловых точек деталей пользователь может указывать их символические названия, которые заранее прописаны в рабочей программе. После написания программы она проверяется в тестовом режиме: робот выполняет операции на замедленной скорости. После тестирования робот работает в нормальном режиме.

Язык РОКОЛ – это разработанный в СССР язык управления роботами низкого уровня. Язык РОКОЛ обеспечивает пошаговую трансляцию программы и диалоговый режим с возможностью отладки программы, что облегчает процесс составления и отладки программ управления роботами. При этом быстродействие робота не снижается.

В настоящее время чаще используются универсальные языки программирования, так как существует огромное количество различных типов роботов, и написание программ для каждого из них отнимет много времени и средств. Рассмотрим следующие универсальные языки программирования роботов: GRL, RAPS, Golog, CES, Alisp.

Язык GRL (generic robot language – универсальный робототехнический язык) – язык программирования, служащий для создания больших модульных систем управления. В качестве основных конструктивных блоков используются конечные автоматы. Язык имеет широкий перечень конструкций для определения коммуникационного потока и синхронизации ограничений между модулями. [2] Программу можно перекомпилировать в наиболее распространённые универсальные языки программирования (например, С).

Язык RAPS (reactive action plan system – система планирования реактивных действий) – язык для параллельного робототехнического программного обеспечения. Программисты задают цели программы, а также планы, по которым данные цели будут осуществляться. Кроме того, задаются условия, при которых планы будут работать успешно. Также в системе предусмотрены средства борьбы с отказами в работоспособности системы. Обнаружение отказов формируется с помощью процедур, в которых и прописываются методы борьбы с отказами.

Язык Golog средства формирования суждений и средства обучения. Golog позволяет обеспечить взаимодействие средств планирования и средств реактивного управления. Программы формируются в терминах ситуационного исчисления. При этом учитывается возможность применения операторов недетерминированных действий. [2] При недетерминированном выборе программист делает окончательный выбор плана управления с помощью специально вызываемого планировщика, построенного как программа доказательства теорем.

Язык CES (C++ for embedded systems – C++ для встроенных систем) – является языковым расширением C++. В данном языке вероятностные средства и средства обучения объединяются. В языке реализованы вероятностные методы, то есть программист может проводить расчёты, имея неопределённую информацию. Также реализована система обучения робототехнического комплекса на основании примеров. Язык CES позволяет программистам оставлять в коде «промежутки», которые заполняются обучающими функциями; обычно такими промежутками являются дифференцируемые параметрические представления, такие как нейронные сети [2]. Далее система на отдельных этапах сама обучается некоторым действиям на основе этих функций.

На языке ALisp, как и на языке Golog, задаются недетерминированные точки выбора. Но здесь применяется не программа доказательства теорем, а средства определения правильного действия с помощью индуктивного обучения [2]. Таким образом, у ALisp есть все шансы стать языком, с помощью которого роботы будут самообучаться некоторым действиям по результатам взаимодействия со своей средой.

Литература

1. Робототехника – Refdb.ru
2. Языки программирования роботов – Ittrend.ru
3. Колтыгин Д.С., Седелников И.А. Алгоритмы и программы робототехнического комплекса. Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 281-284.
4. Колтыгин Д.С., Седелников И.А. Основные признаки классификации промышленных роботов. Проблемы современной науки. 2016. №22. С. 19-27.

УДК 654.006

Стандартизация в области связи

Д.А. Пляскин

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: организация, стандартизация, нормативный документ, телекоммуникационное оборудование.

В данной статье отражено состояние стандартизации в сфере связи в мире и РФ, приведены основные нормативные документы в области связи, представлены организации, занимающиеся стандартизацией как на мировом уровне, так и в России. А также рассмотрена стратегия развития стандартизации в России в области телекоммуникаций на долгосрочный период.

Целью стандартизации является разработка и установление норм, правил и характеристик в целях обеспечения безопасности продукции, работ и услуг для окружающей среды, технической и информационной совместимости, взаимозаменяемости и качества продукции, работ и услуг в соответствии с уровнем развития науки, техники и технологии, единства измерений. Наличие стандартов на изделия или услуги существенно облегчает отношения производителя и потребителя, способствуя повышению качества товара, снижению его стоимости и внедрению новых технологий. Телекоммуникационная аппаратура и оборудование разных производителей, выполненные по единым стандартам, позволяют организовывать международную связь.

Связь исторически является высокотехнологичной отраслью, а в эпоху информационного общества задачи эффективного технического регулирования приобретают еще большую отраслевую значимость. На сегодняшний день научно-технический потенциал отрасли связи в РФ насчитывает более ста документов в области стандартизации. Однако следует отметить, что некоторые положения данных документов уже не отвечают уровню развития современных технологий и технологических решений, что в целом отрицательно сказывается на развитии отрасли связи и на международных обязательствах России в рамках Таможенного Союза вступления в ВТО.

Также связь динамично развивается и является одной из наиболее перспективных отраслей. Высокая динамика развития предъявляет требования к необходимости выполнения задач по периодической оценке текущего уровня и определению основных направ-

лений развития телекоммуникаций по разработке документов, обеспечивающих это развитие на долгосрочный период. Поэтому стандартизация является одним из главных факторов, влияющих на развитие и модернизацию не только телекоммуникационных сетей, но и технологического, социально-экономического развития страны в целом.

Стандарты разрабатывают организации, объединяющие интересы производителей и потребителей. В процессе подготовки стандарта обеспечивается всестороннее его обсуждение и учёт мнений всех заинтересованных сторон. Разработка и утверждение стандарта - это процесс не только технический, но и политический. Поэтому, чтобы стандарт действительно стал общепризнанным, стандартизирующая организация должна быть чрезвычайно авторитетной, а сама процедура утверждения - предельно открытой.

Немалую роль в области международных стандартов играет Международная организация по стандартизации ИСО (International Organization for Standardization - ISO), деятельность которой заключается в проведении стандартизации во всех областях, а также и в сфере телекоммуникаций, не считая электроники и электротехники, принадлежащий к компетенции Международной электротехнической организации. (МЭК, IEC).

Отдельные виды работ выполняются общими усилиями этих организаций. Например, благодаря взаимодействию этих организаций появились стандарт ISO / IEC 18000-3 который является международным стандартом для всех устройств, осуществляющих связь по беспроводной сети на частоте 13,56 с использованием типа А (идентификационные) или типа В (смарт) карты вблизи поля связи. Эти устройства должны быть в пределах 4 см друг от друга, прежде чем они могут передавать информацию. Стандарты объясняют, каким образом устройство и NFC метки она должна читать и как должна взаимодействовать друг с другом [1]. Для работы, запросчик посылает сигнал к метке. Если устройства расположены достаточно близко друг к другу, метка получает сигнал от опросного устройства. Такой сигнал даёт полномочия метке быть небольшой по размеру. Успехи в области миниатюризации электронных устройств, и снижение их стоимости создают предпосылки к глобальному распространению мобильных оконечных устройств. Это делает реальной задачу предоставления услуг связи каждому в любое время и в любом месте.

Стандарты ISO/IEC 18092 / ECMA-340: Near Field Communication Interface and Protocol-1 (NFCIP) и ISO/IEC 21481 / ECMA-352: Near Field Communication Interface and Protocol-2 (NFCIP) определяют схемы модуляции, кодирование, скорости передачи и радиочастотную структуру интерфейса устройств NFC, а также схемы инициализации и условия, требуемые для контроля над конфликтными ситуациями во время инициализации - и для пассивных, и для активных режимов NFC.

Кроме того, они также определяют протокол передачи, включая протокол активации и способ обмена данными. NFC - технология с открытой платформой, стандартизованная в ECMA-340 и ISO/IEC 18092 которая объединяет множество ранее существовавших стандартов, благодаря которым телефоны, снабженные NFC, способны к взаимодействию с существующей ранее инфраструктурой считывателей.

Таким образом, целями функционирования организации ИСО являются: содействие развитию стандартизации и соприкасающихся видов деятельности в мире с целью международного обмена товарами и услугами, а также усовершенствование сотрудничества в интеллектуальных, научно-технических и экономических сферах.

В настоящее время в ИСО входят 165 стран со своими национальными организациями по стандартизации. На рисунке 1 представлена организационная структура ИСО [2].



Рис. 1. Организационная структура ИСО

Организационно в ИСО входят руководящие и рабочие органы. Руководящие органы: Генеральная ассамблея (высший орган), Совет, Техническое руководящее бюро. Рабочие органы - технические Комитеты (ТК), подкомитеты, технические консультативные группы (ТКГ). ИСО подчиняются 7 комитетов: ПЛАКО (техническое бюро) ПРОФКО (методическая и информационная помощь); КАСКО (комитет по оценке соответствия); ИНФКО (комитет по научно-технической информации); ДЕВКО (комитет по оказанию помощи развивающимся странам); КОПОЛКО (комитет по защите интересов потребителей); РЕМКО (комитет по стандартным образцам).

Головной организацией в сфере телекоммуникаций является Международный союз электросвязи (МСЭ, International Telecommunication Union ITU) - международная организация работающая под эгидой ООН, определяющая рекомендации в области телекоммуникаций и радио, а также регулирующая вопросы международного распределения радиочастот по назначениям и по странам. Подготовительные работы по формированию стандартов ведутся в следующих секторах ITU:

- ITU-R: Radio communication Sector of ITU. (МСЭ-Р)- сектор стандартизации в области радиосвязи в мировом масштабе;
- ITU-T: Telecommunication Standardization Sector of ITU. (МСЭ-Т)- сектор стандартизации телекоммуникаций подготавливает международные стандарты в области телекоммуникаций. В наибольшей степени связан с волоконно-оптическими сетями;
- ITU-D: Telecommunication Development Sector of ITU. (МСЭ-Д)-сектор развития электросвязи.

Деятельность ITU охватывает все направления работ в области связи, издает стандарты в виде рекомендаций, объединенных в серии. Эти рекомендации не являются обязательными для применения, но широко используются на практике. На рекомендации ITU часто ссылаются в технических условиях, прилагаемых к поставляемому оборудованию, а также они широко используются в документах других организаций по стандартизации.

В Европе вопросами стандартизации в области связи занимаются следующие организации:

- Европейский институт по стандартизации в области телекоммуникаций (European Telecommunications Standards Institute ETSI) - некоммерческая организация по стандартизации телекоммуникационной промышленности для изготовителей оборудования и операторов сетей в Европе;
- Европейская конференция почтовых и телекоммуникационных ведомств (Conference of European Post and TelecommunicationsCEPT) - отвечает за радиосвязь и телекоммуникационные вопросы, разрабатывает стандарты Европейского уровня в области связи.

Значительную роль в развитие средств связи вносит неправительственная организация Институт инженеров по электротехнике и электронике (Institute of Electrical and

Electronic Engineers IEEE) - крупнейшее объединение в мире технических специалистов; её целью является образовательный и технический прогресс в электрической и электронной технике, телекоммуникаций, компьютерной технике [3].

Основными организациями по стандартизации в России в сфере связи являются:

– ОАО «Научно-исследовательский институт транспортного строительства» (ОАО ЦНИИС), осуществляющий проведение научных исследований и разработок в области развития ВСС РФ, ее технических средств и методов технической эксплуатации и метрологического обеспечения в целях обеспечения народного хозяйства, обороны и населения страны всеми видами устойчивой электрической связи;

– Научно-исследовательский институт радио (НИИР), осуществляющий проведение исследований и разработок в области развития систем радиосвязи, включая бортовую и наземную аппаратуру, а также проблемы электромагнитной совместимости радиосредств и эффективного использования радиочастотного спектра;

– Ленинградский отраслевой научно-исследовательский институт связи (ЛОНИИС), осуществляющий проведение исследований и разработок в области развития местных сетей телефонной связи;

– Ленинградский отраслевой научно-исследовательский институт радио (ЛОНИИР), осуществляющий проведение исследований и разработок по проблемам промышленных радиопомех и внешней помехозащищенности оборудования систем связи.

– Самарский отраслевой научно-исследовательский институт радио (СОНИИР), осуществляющий проведение исследований и разработок в области развития систем и аппаратуры КВ-радиосвязи, РВ - и ТВ-ретрансляторов, в том числе экологических аспектов электромагнитных излучений;

– Специальное строительное конструкторско-технологическое бюро (ССКТБ), осуществляющее проведение разработок в области установок и оборудования для прокладки и обслуживания кабельных линий связи;

– Государственный институт по изысканию и проектированию сооружений связи (Гипросвязь), осуществляющий проведение работ в области проектирования сетей и объектов проводной электросвязи.

В РФ в области связи основополагающим является документ Минкомсвязи России «О совершенствовании системы стандартизации в области телекоммуникаций», в котором составлена программа стандартизации в области телекоммуникаций на перспективу до 2020 года. Программа направлена на создание организационных и экономических механизмов повышения востребованности научно-технологических инноваций в области связи, адаптацию научно-технического комплекса России в сфере телекоммуникаций к рыночной экономике, активизацию инновационной деятельности предприятий, гармонизацию нормативного обеспечения в приоритетных направлениях телекоммуникаций с требованиями международных стандартов. Целью разработки Программы является создание нормативно-методической составляющей Системы стандартизации в области телекоммуникаций, как подсистемы национальной системы стандартизации Российской Федерации. По программе планируется разработать более 200 стандартов. В Программу входят также действующие межгосударственные и национальные стандарты, нуждающиеся в актуализации для целей применения в области телекоммуникаций [4].

Стратегия деятельности Минкомсвязи России по стандартизации в области телекоммуникаций состоит в применении комплексного подхода к решению задачи нормативного правового обеспечения отрасли, включая:

1. формирование и обеспечение эффективной работы Подсистемы национальной системы стандартизации в области телекоммуникаций;

2. разработку и реализацию «Программы стандартизации в области телекоммуникаций до 2020 года»;

3. осуществления нормативных правовых актов Российской Федерации, направленных на развитие и упорядочение системы технического регулирования в отрасли «Связь»;

4. обеспечение деятельности отраслевых организаций по стандартизации и расширение их участия в международной стандартизации.

Воплощение предлагаемого комплексного решения задачи создания нормативной правовой базы в области телекоммуникаций позволит в короткие сроки сократить отставание в нормативном обеспечении отрасли "Связь" от процесса разработки и внедрения новых технологий, гармонизировать стандарты в сфере телекоммуникаций с международными и зарубежными требованиями, провести актуализацию действующего фонда стандартов с целью устранения проблем их применения в области телекоммуникаций.

Литература

1. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи СПб.: «БХВ-Петербург», 2014.
2. Сергеев А.Г., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация и сертификация 2-е изд.
3. Коммуникации ближнего поля: Википедия [Электронный ресурс], URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/Near_Field_Communication#, (дата обращения: 5.03.2017)
4. Приказ Минкомсвязи от 18.04.2014 № 86 «О совершенствовании системы стандартизации в области телекоммуникаций»

УДК 005

Выбор оптического усилителя для волоконно-оптической линии передачи

Д.С.Колтыгин, А.И. Поликевич

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: оптический усилитель, скорость передачи, примесное волокно, рассеяние, лазеры накачки, одномодовое волокно, регенерационный участок.

Потребность в оптических усилителях (ОУ) для цифровых волоконно-оптических сетей возникла уже при внедрении технологии SDH (синхронная цифровая иерархия). При высоких скоростях передачи (от 2,5 Гбит/с и выше) и достаточно протяженных участках волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) приходилось использовать различного рода преобразователи, а также регенераторы. Сегодня реализовать полностью оптическую схему ВОЛС не представляется возможным, не используя ОУ, поэтому необходимо осуществить правильный выбор оптического усилителя.

Оптический усилитель - устройство, обеспечивающее внутренне усиление оптического сигнала без его преобразования в электрическую форму. Они используют принцип индуцированного излучения, аналогично лазерам. Существует пять видов усилителей.

Таблица 1

Типы и области применения оптических усилителей

Типы усилителей	Область применения
1. Усилители с полостью Фабри - Перо	Усиление одного канала
2. Усилители, использующие бриллюэновское рассеяние	Усиление одного канала
3. Усилители, использующие рамановское рассеяние	Усиление нескольких каналов одновременно
4. Полупроводниковые лазерные усилители	Усиление большого числа каналов

	в широкой области длин волн одновременно
5. Усилители на примесном волокне (EDFA)	Усиление большого числа каналов в широкой области длин волн одновременно

Усилители Фабри-Перо оснащаются плоским резонатором с зеркальным полупрозрачными стенками, обеспечивают высокий коэффициент усиления (до 25 дБ) в очень узком (1,5 ГГц), но широко перестраиваемом (800 ГГц) спектральном диапазоне. Кроме этого, эти устройства не чувствительны к поляризации сигнала и характеризуются сильным подавлением боковых составляющих (ослабление на 20 дБ за пределами интервала в 5 ГГц). В силу своих характеристик, усилители Фабри-Перо идеально подходят для работы в качестве демультиплексоров, поскольку они могут всегда быть перестроены для усиления только одной определенной длины волны одного канала из выходного многоканального WDM сигнала.

Усилители на волокне, использующие бриллюэновское рассеяние. Стимулированное бриллюэновское рассеяние – это нелинейный эффект, возникающий в кремниевом волокне, когда энергия от оптической волны на частоте f_1 переходит в энергию новой волны на смещенной частоте f_2 . Если мощная накачка производится на частоте f_1 , стимулированное бриллюэновское рассеяние способно усиливать слабых входной сигнал на частоте f_2 . Выходной сигнал сосредоточен в узком диапазоне, что позволяет выбирать канал с погрешностью 1,5 ГГц.

Усилители на волокне, использующие рамановское рассеяние. Стимулированное рамановское рассеяние – также нелинейный эффект, который подобно бриллюэновскому рассеянию может использоваться для преобразования части энергии из мощной волны накачки в слабую сигнальную волну. Однако, при рамановском рассеянии частотный сдвиг между сигнальной волной и волной накачки ($f_2 - f_1$) больше, а выходной спектральный диапазон усиления шире, что допускает усиление сразу нескольких каналов в WDM сигнале. Большие переходные помехи между усиливаемыми каналами представляют основную проблему при разработке таких усилителей.

Полупроводниковые лазерные усилители (ППЛУ). Основу ППЛУ составляет активная среда, аналогичная той, которая используется в полупроводниковых лазерах. В ППЛУ отсутствуют зеркальные резонаторы, характерные для полупроводниковых лазеров. Для уменьшения Френелевского отражения с обеих сторон активной среды наносится специальное покрытие толщиной согласованной с показателем преломления среды. ППЛУ не получили столь широкого распространения, потому что им свойственны два существенных недостатка: светоизлучающий активный слой имеет поперечный размер несколько микрон, но толщину в пределах одного микрона, что много меньше, чем диаметр светонесущей части оптического волокна (примерно 9 мкм – для одномодового волокна). Вследствие этого большая часть светового потока из входящего волокна не попадает в активную область и теряется, что уменьшает КПД усилителя. Увеличить КПД можно, поставив между входящим волокном и активной средой линзу, но это приводит к усложнению системы. Второй недостаток имеет более тонкую природу. Дело в том, что выход (коэффициент усиления) ППЛУ зависит от направления поляризации и может отличаться на 4-8 дБ для двух ортогональных поляризаций. Это нежелательно, так как в стандартном одномодовом волокне поляризация распространяемого светового сигнала не контролируется. Мощность светового потока данной поляризации может флуктуировать вдоль длины. Можно уменьшить эту зависимость от поляризации путем установки двух лазеров – возможно, как параллельное (требуется пара разветвителей), так и последовательное их подключение. Но это снова приводит к усложнению конструкции и росту стоимости.

Усилители на примесном волокне. Этот тип является ключевым элементом в технологии оптических сетей. EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) - волоконно-оптический усилитель на оптическом волокне, легированный ионами эрбия. Применяется в волоконно-оптических линиях передачи для восстановления уровня оптического сигнала. Преимуществом эрбиевых усилителей является отсутствие преобразования в электрический сигнал, возможность одновременного усиления сигналов с разными длинами волн (что обуславливает возможность усиления спектрально-мультиплексированного сигнала), практически точное соответствие рабочего диапазона эрбиевых усилителей области минимальных оптических потерь световодов на основе кварцевого стекла, сравнительно низкий уровень шума и простота включения в волоконно-оптическую систему. По сравнению с другими типами оптических усилителей, EDFA используется наиболее широко.



Рис.1 Схема эрбиевого оптического усилителя

Принцип работы эрбиевого усилителя основывается на способности волокна усиливать сигналы за счет внешнего излучения, формируемого «лазерами накачки». Излучение на длинах волн 1480 и 980 нм отлично поглощается активной средой усилителя — одномодового волокна, сердцевина которого легируется примесями редкоземельных элементов с целью создания трехуровневой атомной системы. Лазер накачки возбуждает электронную подсистему примесных атомов. В результате чего электроны с основного состояния (уровень 1) переходят в возбужденное состояние (уровень 2). Далее происходит релаксация электронов с уровня 2 на промежуточный уровень 3. Когда заселенность промежуточного уровня 3 становится достаточно высокой, так что образуется инверсная заселенность уровней 1 и 3, система начинает индуцированно усиливать входной оптический сигнал в определенном диапазоне длин волн.

Для выбора оптического усилителя необходимо учитывать не только его разновидности, но и основные параметры: коэффициент усиления, уровень шума, динамический диапазон, амплитудно- фазовую характеристику.

Применение оптических усилителей позволяет увеличить длину регенерационных участков до 600 км и более. ОУ стали также неотъемлемым элементом мнговолновых систем передачи (WDM), они находят все большее применение и в локальных распределительных системах. ОУ упрощают схему передачи и позволяют снизить расходы на оборудование.

Литература

- 1.Скляр О.К., Заркевич Е.А., Устинов С.А. Волоконно-оптические технологии как основа развития широкополосных сетей доступа, «Технологии и средства и связи», №3, 2003 г.
2. Алексеев Е.Б. «Основы проектирования и технической эксплуатации цифровых волоконно-оптических систем передачи». Учебное пособие, ИПК МТУСИ, ООО «Оргсервис-2000», М., 2014

УДК 681.5.017

Адаптивная система компенсации неизвестного запаздывания

В.В. Сердюк

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: прогнозатор Смита, система компенсации неизвестного запаздывания, дифференциальное уравнение, адаптивный наблюдатель.

Одной из важных проблем в теории автоматического управления технологическими процессами является наличие неизвестного запаздывания, которое чаще всего негативно сказывается на работоспособности системы автоматического управления и может привести к ее неустойчивости. Во избежание этого применяют адаптивную систему. Такая система состоит из прогнозатора Смита и быстродействующего адаптивного наблюдателя. Прогнозатор Смита компенсирует неизвестное запаздывание в системе автоматического управления, а быстродействующий адаптивный наблюдатель вычисляет оценки неизвестных параметров и запаздывания системы, для ликвидации неизвестного запаздывания. В данной работе рассмотрена структурная схема адаптивной системы неизвестного запаздывания и построена система уравнений для выходного сигнала прогнозатора Смита и входного сигнала объекта. Такая система обладает рядом преимуществ: обеспечивает устойчивое положение системы, повышает время переходных процессов и быстродействие системы.

Введение

Запаздывание, чаще всего негативно сказывается на работоспособности системы управления. Для компенсации неизвестного запаздывания разработана адаптивная система, состоящая из быстродействующего адаптивного наблюдателя, вычисляющего оценки неизвестных параметров и запаздывания системы управления, и прогнозатора Смита, компенсирующего это запаздывание.

Центральным моментом работы является построение алгоритма быстродействующего адаптивного наблюдателя для оценивания неизвестного запаздывания, так как прогнозатор Смита применим лишь в тех случаях, когда запаздывание известно. Этот алгоритм основан на использовании метода настраиваемой модели [1].

Адаптивная система компенсации неизвестного запаздывания.

Пусть поведение интересующего нас объекта описывается дифференциальным уравнением второго порядка:

$$\ddot{x}(t) + a_1 \dot{x}(t) + a_0 x(t) = a_4 u(t - \tau_2)$$

где $a_1=3$, $a_0=2$ - известные постоянные коэффициенты;

a_4, τ_2 - неизвестные постоянные, $x(t_0) = 0$, $\dot{x}(t_0) = 0$.

Тогда структурная схема соответствующего процесса управления будет иметь следующий вид.

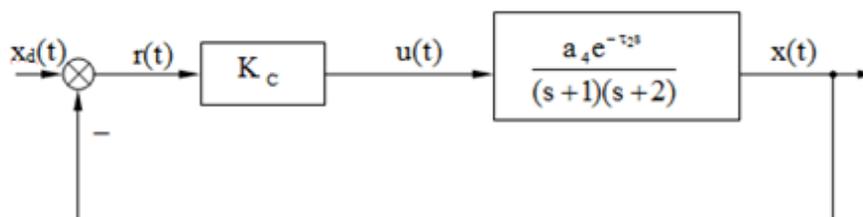


Рис.1. Система управления для объекта с неизвестным запаздыванием

Здесь приборному измерению доступны вход $x_d(t)$ и выход $x(t)$ системы управле-

ния. Построим быстродействующий адаптивный наблюдатель для идентификации неизвестных параметров системы a_4, τ_2 , а также прогнозатор Смита для компенсации запаздывания τ_2 , после чего будем подставлять получаемые наблюдателем оценки a_4, τ_2 в прогнозатор [2].

На каждом из подынтервалов времени функционирования системы J_i настраиваемую модель опишем следующим дифференциальным уравнением:

$$\dot{y}(t) + b_1 \dot{y}(t) + b_0 y(t) = b_4 u(t - \sigma_2)$$

где b_4, σ_2 - параметры модели, настраиваемые соответственно на параметры a_4, τ_2 система управления для объекта с неизвестным запаздыванием, $t \in J_i, y(t_{j0}) = 0, \dot{y}(t_{j0}) = 0$.

Введем ошибку:

$$\Delta(t) = x(t) - y(t)$$

Структурная схема системы управления с адаптивным наблюдателем и прогнозатором Смита показана на рисунке 2 [3].

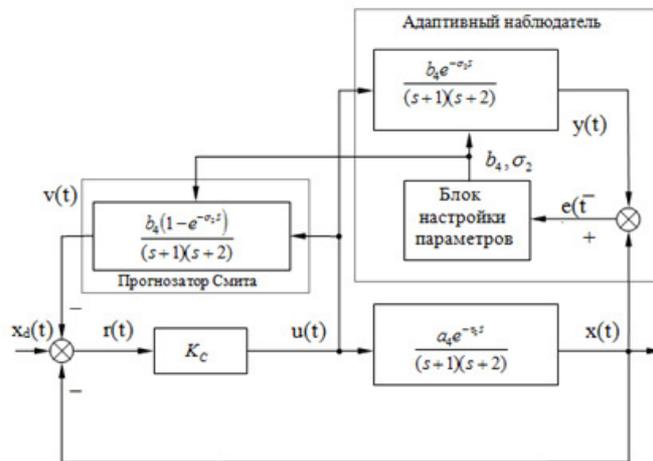


Рис.2. Адаптивная система компенсации неизвестного запаздывания

Система уравнений для выходного сигнала прогнозатора Смита $v(t)$ и входного сигнала объекта, прогнозатора и наблюдателя $u(t)$:

$$\begin{cases} \dot{v}(t) + b_1 \dot{v}(t) + b_0 v(t) = b_4 u(t) - b_4 u(t - \sigma_2), \\ u(t) = K_c r(t), \\ r(t) = x_d(t) - v(t) - x(t) \end{cases}$$

Уравнение для ошибки $\Delta(t)$ будет иметь вид:

$$\dot{\Delta}(t) + a_1 \dot{\Delta}(t) + a_0 \Delta(t) = a_2 u(t) + a_4 u(t),$$

где $a_2 = a_4 - b_4, a_4 = \sigma_2 b_4 - \tau_2 a_4$.

Было проведено численное моделирование этой системы на ЭВМ в среде MATLAB. Результаты компьютерного моделирования подтверждают эффективность разработанного алгоритма.

Предлагаемый алгоритм адаптивного наблюдателя обладает важными для практики свойствами:

- заданной длительностью переходного процесса по параметрам и запаздыванию;
- отсутствием взаимного влияния переходных процессов настройки в разных параметрических каналах;
- независимость времени переходных процессов по параметрам и запаздыванию от изменения амплитуды входных и выходных сигналов [4].

Заключение.

Запаздывание в системе управления объектами негативно сказывается на работоспособности системы. Для устранения неизвестного запаздывания применяется система, состоящая из адаптивного наблюдателя, вычисляющего оценки неизвестных параметров и

запаздывания системы управления, и прогнозатора Смита, компенсирующего это запаздывание. Рассмотрев данную адаптивную систему можно сделать вывод, что ее применение позволяет обеспечить устойчивость и качество системы управления.

Литература

1. Громов Ю.Ю., Иванова О.Г., Земской Н.А., Лагутин А.В., Тютюнник В.М.. Системы автоматического управления с запаздыванием.
2. Гурецкий Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием. Пер. с польского. - М.: Машиностроение, 1974.
3. Управление объектами с большим запаздыванием [Электронный ресурс]. http://www.rusnauka.com/12_ENXXI_2010/Tecnic/64945.doc.htm
4. Копысов О.Ю., Прокопов Б.И. Построение алгоритма перестройки параметров и запаздывания в методе настраиваемой модели. М.: МГИЭМ, 1999.

УДК 681.5.017

Законы и принципы кибернетики, применяемые в системах автоматического управления

В.В. Сердюк

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: закон кибернетики, принцип внешнего дополнения, управление, обратная связь.

Кибернетическое управление рассматривает организацию как некоторую большую систему. Каждый элемент такой системы берется не только сам по себе, но и как часть большой совокупности, в которую он входит, обеспечивает оптимальное решение многовариантных динамических задач организации, широко применяет механизацию и автоматизацию управленческих работ на основе использования вычислительной и управляющей техники и компьютерных технологий и использует кибернетические законы и принципы. В данной работе были рассмотрены наиболее распространенные законы и принципы кибернетики, такие как: закон необходимого разнообразия, закон обратной связи, принцип эмерджентности, принцип внешнего дополнения и принцип декомпозиции. Рассмотренные законы и принципы обладают рядом преимуществ. Их применение в системах автоматического управления повысит устойчивость и качество систем.

Введение

Кибернетика изучает процессы получения и передачи, накопления и преобразования, переработки и использования информации в машинах, живых организмах и их объединениях. Установление связи между управлением и информационными процессами - важнейшее достижение кибернетики. Оно позволяет понять технологию процесса управления и, главное, подвергнуть его изучению количественными методами. Основная задача кибернетики - достижение на основе присущих ей методов и средств оптимального уровня управления, т. е. принятие наилучших управленческих решений. Таким образом, кибернетическим называется такое управление, которое:

– рассматривает организацию как некоторую большую систему, каждый элемент которой берется не только сам по себе, но и как часть большой совокупности, в которую он входит;

– обеспечивает оптимальное решение многовариантных динамических задач;

– широко применяет механизацию и автоматизацию управленческих работ на основе использования вычислительной и управляющей техники и компьютерных технологий.

Из кибернетики управление заимствует следующие законы и принципы необходимого разнообразия, эмерджентности, внешнего дополнения, обратной связи, а так же выбора решения и декомпозиции. Рассмотрим указанные законы и принципы с точки зрения их связи с вопросами управления организацией [1].

Закон необходимого разнообразия.

По определению У. Р. Эшби, первый фундаментальный закон кибернетики заключается в том, что разнообразие сложной системы требует управления, которое само обладает некоторым разнообразием. Иначе говоря, значительное разнообразие воздействующих на большую и сложную систему возмущений требует адекватного им разнообразия её возможных состояний. Если же такая адекватность в системе отсутствует, то это является следствием нарушения принципа целостности составляющих её частей, а именно - недостаточного разнообразия элементов в организационном построении частей.

Ограничение разнообразия в поведении управляемого объекта достигается только за счет увеличения разнообразия органа управления. Чтобы достигнуть минимума разнообразия выходных результатов деятельности системы, управляющий орган должен быть способен к выработке определенного минимума команд и сигналов. Если его мощность ниже минимума, он не способен обеспечить полное управление. Процесс управления, в конечном счете, сводится к уменьшению разнообразия состояний управляемой системы, к уменьшению её неопределенности.

Существуют два пути решения проблемы соотношения разнообразий, противоположные по самой сути: повышение степени разнообразия субъекта управления и снижение степени разнообразия управляемого объекта. Опыт свидетельствует о необходимости двигаться обоими путями, сочетая повышение степени разнообразия механизма управления со снижением степени разнообразия управляемых объектов.

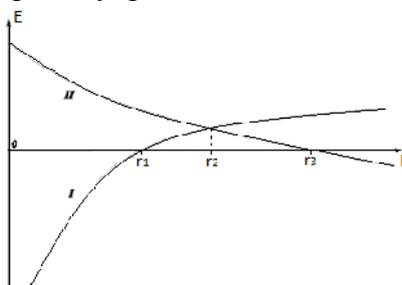


Рис.1. Решение проблемы соотношения разнообразий

Существует и фундаментальный предел повышения степени разнообразия управляющей системы, называемый принципом хрупкости хорошего или известный как теорема конечности. Чем сложнее организация системы, тем более вероятна потеря ее устойчивости.

Действие совокупности двух названных принципов - «необходимого разнообразия» «хрупкости хорошего» ставит эффективному управлению вполне конкретные границы. Это хорошо видно на рисунке 1, где кривая I условно отображает рост эффективности (E) с повышением степени разнообразия управляющей системы (R) в соответствии с первым принципом, а кривая II - ее снижение в соответствии со вторым. Точка r_1 на оси R - это степень разнообразия управляемого объекта, r_3 - предельная сложность управляющей системы. Если степень разнообразия управляющей системы ниже r_1 или выше r_3 , эффективность управления становится отрицательной, т.е. управление становится невозможным. Управление возможно только при $r_1 < R < r_3$. Внутри этого диапазона можно найти некое оптимальное значение $R = r_2$, вокруг которого эффективность максимальна [2].

Принцип эмерджентности.

Второй принцип У. Э. Эшби, выражает следующее важное свойство сложной системы: "Чем больше система и чем больше различия в размерах между частью и целым, тем выше вероятность того, что свойства целого могут сильно отличаться от свойств частей". Указанные различия возникают в результате объединения в структуре системы (частей) определенного числа однородных или разнородных частей. Этот принцип указывает на возможность несовпадения локальных целей с глобальной целью системы, а отсюда - на необходимость для достижения глобальных результатов принимать решения и вести разработки по совершенствованию системы и её частей на основе не только анализа, но и синтеза. Так, например, при построении дерева целей необходимо помнить о том, что система будет более эффективно функционировать в том случае, если достижение частных целей способствует достижению глобального оптимума системы. Принцип эмерджентности имеет большое значение для оптимизации системы управления. Он определяет требования системного подхода в решении проблем управления.

Принцип внешнего дополнения.

Впервые сформулированный С. Т. Биром третий принцип кибернетики гласит: любая система управления нуждается в "черном ящике" - определенных резервах, с помощью которых компенсируются неучтенные воздействия внешней и внутренней среды. Степень реализации этого принципа и определяет качество функционирования управляющей подсистемы. Действительно, в любом, даже самом детальном и тщательно разработанном плане нельзя учесть все многочисленные факторы, воздействующие на управляемую подсистему в процессе его реализации. Неучтенные факторы могут резко снизить надежность функционирования систем. Для удержания системы в заданных пороговых значениях переменных необходимо наделить её нормативным уровнем резервов, компенсирующих воздействие этих факторов.

Исследование с помощью метода «черного ящика» заключается в том, что осуществляется предварительное наблюдение за взаимодействием системы с внешней средой и установление списка входных и выходных воздействий, среди которых выделяются существенные воздействия. Затем осуществляется выбор входов и выходов для исследования с учетом имеющихся средств воздействия на систему и средств наблюдения за ее поведением.

На следующем этапе производятся воздействие на входы системы и регистрация ее выходов. В процессе изучения наблюдатель и «черный ящик» образуют систему с обратной связью, а первичные результаты исследования – множество пар состояний входа и выхода, анализ которых позволяет установить между ними причинно-следственную связь.

Закон обратной связи.

Четвертый принцип кибернетики возведен в ранг фундаментального закона, который известен как закон обратной связи. Без наличия обратной связи между взаимосвязанными и взаимодействующими элементами, частями или системами невозможна организация эффективного управления ими на научных принципах. Все организованные системы являются открытыми, и замкнутость их обеспечивается только через контур прямой и обратной связи. Необходимым условием их эффективного функционирования является наличие обратной связи, сигнализирующей о достигнутом результате. На основании этой информации корректируется управляющее воздействие. В упрощенном виде это показано на рисунке 2. Входная величина g действует на управляемый процесс и в соответствии с передаточной функцией, характерной для данного объекта и определяющей соотношение между входными и выходными сигналами, превращаются в выходную величину s .



Рис.2. Схема управления с обратной связью (простая замкнутая система)

Эта величина c с помощью канала обратной связи подается на вход, корректирует входную величину r и в виде управляющего сигнала m воздействует, но уже по-новому, на объект. Возникшая таким образом связь образует замкнутый контур.

Различают два вида обратной связи: отрицательную и положительную. Отрицательная связь уменьшает влияние входной величины на выходную величину, т. е. стремится, как бы установить и поддержать некоторое устойчивое динамическое равновесие. Положительная связь увеличивает влияние входной величины на выходную величину и тем самым создающую неустойчивое равновесие.

Первая важная роль обратной связи - восстановление нормальной работы, нарушенной внешними и внутренними факторами, т. е. способность систем к саморегулированию и самоорганизации. Создание самонастраивающихся и самообучающихся систем управления производством - одно из наиболее перспективных приложений кибернетики. Вторая важная роль обратной связи состоит в том, что, сообщая органу управления информацию о реальном состоянии объекта, она позволяет осуществлять регулирование в условиях неполной информации о возмущающих воздействиях.

С кибернетической точки зрения обратная связь - процесс информационный. Воздействие входного сигнала на объект, переработка его в выходной сигнал и обратное действие выхода через канал обратной связи на входную величину - все это процессы передачи и переработки информации. Закон обратной связи подчеркивает, что управление немислимо без наличия как прямой, так и обратной связи между объектом и субъектом управления, образующими замкнутый контур.

Принцип декомпозиции.

Этот принцип указывает на то, что управляемый объект всегда можно рассматривать как состоящий из относительно независимых друг от друга подсистем. Данное положение, развитое У. Э. Эшби и Г. Клаусом, представляет значительный интерес для приложения кибернетики к производству. Дело в том, что приспособление регулятора к сложному объекту, учитывая все его аспекты и переменные, является теоретически и практически невозможным, так как на это никогда не хватило бы времени. Расчленение объекта на независимые звенья и переменные и самого регулятора на отдельные управляющие блоки обеспечивает возможность приспособления ко многим условиям и последовательного управления ими [3].

Заключение.

Развитие кибернетики облегчает процесс управление систем автоматического управления. Основная задача кибернетики - достижение на основе присущих ей методов и средств оптимального уровня управления, т.е. принятие наилучших управленческих решений. Для этого существуют различные законы и принципы кибернетики. Были рассмотрены следующие законы и принципы: закон необходимого разнообразия, эмерджентности, внешнего дополнения, обратной связи, выбора решения и декомпозиции. Применение данных законов и принципов обеспечивает устойчивость и качество систем автоматического управления.

Литература

1. Эшби У. Э. Введение в кибернетику. Под редакцией Успенского В.А. – М.: Издательство иностранной литературы, 1959.

2. Объектное управление и закон необходимого разнообразия Эшби. [Электронный ресурс]. <http://lobukov.ru/?p=189>

3. Законы и принципы кибернетики, применяемые в управление [Электронный ресурс]. http://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?dir=2&tutindex=3&index=20&layer=2

УДК 62-52

Параметрический синтез локальной САР частоты вращения ротора турбогенератора с использованием интегрированной среды MATLAB

А. А. Славгородская

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: идентификация турбогенератора, регулятор, параметры настройки, показатели качества.

В данной статье рассмотрен процесс расчета необходимый для модернизации системы автоматического регулирования частоты вращения ротора турбогенератора. В работе автор изложил порядок параметрического синтеза – он осуществил идентификацию объекта управления методом интегральных площадей на программном коде Matlab, подсчитал ошибку подобранной модели, выбрал закон регулирования, построил модель замкнутой системы с помощью ПО Matlab. Расчет производился по параметру частота вращения ротора турбогенератора. На основе проведенного исследования автор подбирает оптимальные параметры настройки. Рассчитывает показатели качества регулирования, используя найденные параметры. Данные расчеты и выводы статьи могут быть полезны при подборе оборудования для модернизации технологического процесса производства электроэнергии на ТЭЦ.

На ТЭЦ осуществляется преобразование первичной химической энергии, заключенной в топливе, в электрическую энергию, за счет тепла, выделяющегося при сгорании топлив. В парогенераторе вырабатывается перегретый водяной пар. Он поступает в паровую турбину, в которой происходит преобразование тепловой энергии перегретого пара в механическую энергию вращения ротора турбогенератора.

При вращении ротора электрического генератора в его обмотках образуется электрический ток, который затем снимается с токосъемников и подается в энергетическую сеть к потребителям.

Нагрузки на турбину имеют динамический характер. И чтобы не допустить изменения частоты вращения регулируется расход пара, подаваемого в турбину. При повышении частоты вращения давление масла в турбине увеличивается, тем самым сервомотор, находящийся в блоке регулирования начинает двигать шток привода парораспределения, тем самым клапана в клапанной коробке перекрывают подачу пара в турбину, и частота турбины выравнивается до величины в 50 гц.

Расчет проводился по параметру: частота вращения ротора турбогенератора Р-6-35 с целью добиться лучших показателей качества.

1. Выделяем на экспериментальной кривой участок транспортного запаздывания.

2. Выбираем Δt интервал разбиения кривой.

Значение интервала разбиения определяем, исходя из условия, что на протяжении всего графика функции $h(t)$ в пределах $2 \Delta t$ мало отличается от прямой. В нашем случае $\Delta t = (2; 21)$

3. Строим переходную характеристику $\sigma(t)$ в безразмерном виде (кривая разгона),

$$\sigma(t) = \frac{h(\Delta t)}{h_{\max}(t)}$$

где $h_{\max}(t)$. Данные вычисления воспроизведем в интерактивном режиме программы Matlab. Величина σ в программном коде обозначается идентификатором s .

`s=h(2:21)/h(21)`

`ts=0:3:57`

Определим интегральные площади F_1, F_2, F_3 по формулам на языке Matlab:

`F1=ts(2)*(sum(1-s)-0.5*(1-s(1)))`

`T=ts/F1`

`F2=T(2)*(sum((1-s).*(1-T))-0.5*(1-s(1)))*F1^2`

`F3=T(2)*(sum((1-s).*(1-2*T+T.*T/2))-0.5*(1-s(1)))*F1^3`

В результате выполнения данных команд **$F_1 = 19,925$; $F_2 = 154,4706$;**

$F_3 = 545,3798$. Передаточная функция объекта имеет вид:

$$W(p) = \frac{3000 * e^{-4p}}{545,3798p^3 + 154,4706p^2 + 19,925p + 1}$$

Построим графики расчетной и экспериментальной характеристик для их сравнения при этом используем следующие обозначения:

h – значение экспериментальной характеристики по оси ординат;

t – отрезок времени переходного процесса;

ht - значение расчетной характеристики по оси ординат.

Используем следующие операторы:

`h=[0 0 30 160 380 630 950 1310 1750 2100 2370 2580 2745 2850 2900 2935 2950 2965 2980 2990 3000]`

`dt=3`

`t=0:dt:60`

`k=3000`

`W=tf(k,[F3 F2 F1 1],'iodelay',4)`

`ht=step(W,t)`

`plot(t,h,t,ht)`

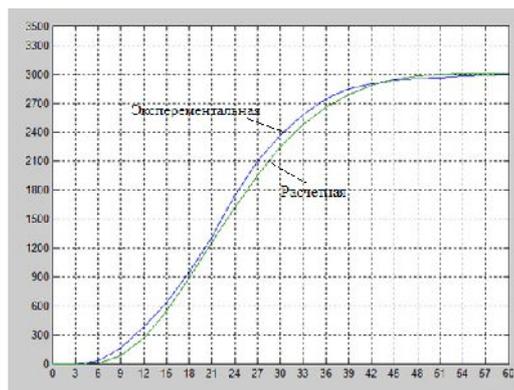


Рис. 1. Графики расчетной и экспериментальной характеристик

Определяем ошибку идентификации Δ в программном коде является переменной d . Вводим в командное окно:

`d=(abs(h-ht)/3000)*100` и получаем результат $ldl_{\max} = 4,72 \%$

Модель объекта определена:

$$W(p) = \frac{3000 * e^{-4p}}{545,3798p^3 + 154,4706p^2 + 19,925p + 1} \text{ с точностью } 4,72 \%$$

В соответствии с требованиями технологии выбираем переходный процесс с 20% перерегулированием.

Время в течение, которого желательно окончание переходного процесса $t^* = 60$ сек.

По монограмме (рисунок 2) определяем на пересечении двух линий ПИ закон регулирования.

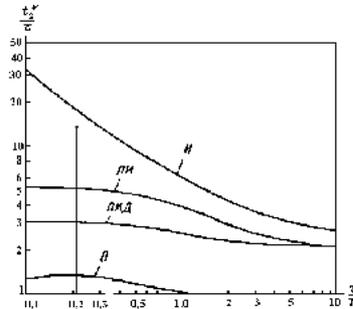


Рис. 2. Номограмма выбора типа регулятора

Определяем настроечные параметры с помощью ПО MatLab.



Рис. 3. Окно модели, содержащее блоки

Параметры настройки:

Proportional (P):	0.000155437656924175
Integral (I):	1.31951031647802e-005

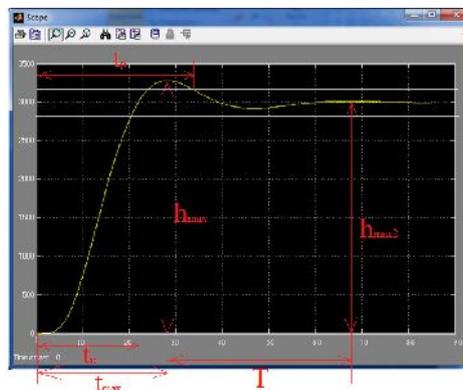


Рис. 4. Переходный процесс замкнутой САУ

Определим показатели качества переходного процесса

Время переходного процесса $t_p = 33.5$ сек.

Перерегулирование

Число колебаний $n=1$

Колебательность переходного процесса:

$$k = \frac{h_{max2}}{h_{max1}} * 100\% = \frac{301.5}{329.0} * 100\% = 91.6\%$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{39} = 0.16 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$$

Частота колебаний:

Время достижения первого максимума $t_{max}=28$ секунд

Время нарастания переходного процесса: $t_n=22$ секунд.

$$\psi = 1 - \frac{h_{max2}}{h_{max1}} = 1 - \frac{3015}{3290} = 0.08$$

Степень затухания:

Таким образом для регулирования частоты вращения был выбран ПИ регулятор с настроечными параметрами $k_p = 0,00016$ и $T_n = 1,31951$. Регулятор с такими параметрами не превышает допустимое перерегулирование, обеспечивает минимальное время переходного процесса замкнутой системы. А другие показатели качества подобранной системы удовлетворяют требованиям САР частоты вращения ротора турбогенератора.

Литература

1. Параметрический синтез локальных систем автоматического управления: Методические указания / Т. А. Григорьева, - Братск: БрГУ, 2008.-33с.
2. Овчаренко, Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем / Н.И. Овчаренко. – М.: изд-во НЦ ЭНАС, 2009. – 400 с. Ил.

УДК 62-52

Определение передаточных функций промышленных объектов методом восстановления дифференциальных уравнений

Д. А. Смертин

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: идентификация, магнитный усилитель, апериодическое звено, переходный процесс.

В данной статье рассмотрен процесс определения передаточной функции магнитного усилителя методом восстановления дифференциальных уравнений. В работе автор изложил порядок обработки экспериментальной кривой. На основе проведенного исследования автор проводит сравнение экспериментальной и расчетной кривых переходного процесса. Результаты сравнения отображены в таблице. Данные расчеты и выводы статьи могут быть применены для исследования динамики линейных стационарных САР.

Вид переходного процесса магнитного усилителя (рис. 1.) соответствует апериодическому звену второго порядка, передаточная функция которого определяется выражением:

$$W_{м.у.}(p) = \frac{K_{м.у.}}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1} \quad (1)$$

Следовательно, для определения $W_{м.у.}(p)$ необходимо найти $K_{м.у.}$, T_1 , T_2 . $K_{м.у.}$ - коэффициент передачи магнитного усилителя, определяется по статической характеристике. Для вычисления T_1 , T_2 используем алгоритм, сущность которого заключается в следующем. Два участка экспериментальной кривой, представляющие собой окрестности особых точек, аппроксимируются функциями с использованием, например, методов интерполирования функций. Используя аналитические выражения полученных функций, определяют значения функций и их первой и второй производных в двух точках t_1 и t_2 - координаты времени. Затем составляют на основе дифференциального уравнения 2-ого

порядка систему двух алгебраических уравнений относительно неизвестных T_1, T_2 , решая которую и определяют значение этих неизвестных.

Для вывода формул приближенного дифференцирования заменяют функцию $h(t)$ на интересующих участках интерполирующей функцией $p(t)$, а затем определяют: $p'(t) = h'(t)$, $p''(t) = h''(t)$.

Определяют эмпирические формулы для функций $h_1(t), h_2(t)$, заданных таблично значениями экспериментальной кривой переходного процесса на двух участках.

Таблица 1

Экспериментальная кривая переходного процесса на двух участках

t, c	0,12	0,18	0,24	0,30	0,48	0,54	0,60	0,66
$h_1(t)$	0,023	0,08	0,203	0,35	-	-	-	-
$h_2(t)$	-	-	-	-	0,66	0,75	0,81	0,86

Далее составим таблицу разностей (табл.2).

Таблица 2

Таблица разностей

t, c	0,12	0,18	0,24	0,30	0,48	0,54	0,60	0,66
$h(t)$	0,023	0,08	0,203	0,35	0,66	0,75	0,81	0,88
$\Delta h(t)$	0,057	0,123	0,147	-	0,09	0,06	0,05	-
$\Delta^2 h(t)$	0,069	0,024	-	-	-0,03	-0,01	-	-
$\Delta^3 h(t)$	-0,042	-	-	-	0,02	-	-	-

Используя первую интерполяционную формулу Ньютона:

$$p(t) = h_0(t) + q \cdot \Delta h(t) + \frac{q(q-1)}{2!} \Delta^2 h(t) + \frac{q(q-1)(q-2)}{3!} \Delta^3 h(t),$$

где $q = \frac{t-t_0}{h}$ и учитывая, что $h=0,06$ будем иметь:

$$p_1(t) = 0,023 + 0,057 \frac{t-0,12}{0,06} + \left(\frac{t-0,12}{0,06} \right) \left(\frac{t-0,12}{0,06} - 1 \right) \frac{0,066}{2!} - \left(\frac{t-0,12}{0,06} \right) \left(\frac{t-0,12}{0,06} - 1 \right) \cdot \left(\frac{t-0,12}{0,06} - 2 \right) \frac{0,042}{3!} = -32,368t^3 + 26,639t^2 - 4,829t + 0,275;$$

$$p_2(t) = 0,66 + 0,09 \frac{t-0,48}{0,06} - \left(\frac{t-0,48}{0,06} \right) \left(\frac{t-0,48}{0,06} - 1 \right) \frac{0,03}{2!} + \left(\frac{t-0,48}{0,06} \right) \left(\frac{t-0,48}{0,06} - 1 \right) \cdot \left(\frac{t-0,48}{0,06} - 2 \right) \frac{0,02}{3!} = 15,259t^3 + 28,885t^2 + 19,042t - 3,511.$$

Получим формулы приближенного дифференцирования:

$$h'(t) = \frac{1}{h} [\Delta h(t) + \frac{2q-1}{2} \Delta^2 h(t) + \frac{3q^2-6q-2}{6} \Delta^3 h(t)];$$

$$h''(t) = \frac{1}{h^2} [\Delta^2 h(t) + (q-1) \Delta^3 h(t)];$$

и вычислим производные функций $h'_1(t)$ и $h'_2(t)$; $h''_1(t)$ и $h''_2(t)$:

$$h'_1(t) = \frac{1}{0,06} \left[0,057 + \frac{2 \left(\frac{t-0,12}{0,06} \right) - 1}{2} - \frac{3 \left(\frac{t-0,12}{0,06} \right)^2 - 6 \left(\frac{t-0,12}{0,06} \right) + 2}{6} \right] \cdot 0,042 = -97,104t^2 + 53,278t - 4,829;$$

$$h''_1(t) = \frac{1}{0,06^2} \left[0,066 - \left(\frac{t-0,12}{0,06} - 1 \right) \right] \cdot 0,042 = -194,208t + 53,278.$$

Найдем значение функции $h_1(t)$ и ее производные в точке $t_1=0,12$ с.

$$h_1(t) = 0,0232; \quad h'_1(t) = 0,166; \quad h''_1(t) = 29,973.$$

$$h_2'(t) = \frac{1}{0,06} \left[0,09 + \frac{2 \left(\frac{t-0,48}{0,06} \right) - 1}{2} \cdot 0,03 - \frac{3 \left(\frac{t-0,48}{0,06} \right)^2 - 6 \left(\frac{t-0,48}{0,06} \right) + 2}{6} \cdot 0,02 \right] = 45,777t^2 - 57,77t + 19,042;$$

$$h_2'(t) = \frac{1}{0,06^2} \left[0,03 - \left(\frac{t-0,48}{0,06} - 1 \right) \cdot 0,02 \right] = 91,554t - 57,77.$$

Найдем значение функции $h_2(t)$ и ее производные в точке $t_1=0,48$ с.

$$h_2(t) = 0,661; \quad h_2'(t) = 1,863; \quad h_2''(t) = -13,818.$$

Составим систему алгебраических уравнений относительно неизвестных T_1 и T_2 :

$$\begin{cases} T_2^2 h''_2(t_2) + T_1 h'_2(t_2) + h_2(t_2) = 1; \\ T_2^2 h''_1(t_1) + T_1 h'_1(t_1) + h_1(t_1) = 1. \end{cases}$$

Решая которую найдем T_1 и T_2 :

$$\begin{cases} -13,818T_2^2 + 1,863T_1 + 0,661 = 1; \\ 29,973T_2^2 + 0,166T_1 + 0,0232 = 1. \end{cases}$$

$$T_1 = 0,406 \text{ с}; \quad T_2^2 = 0,0303 \text{ с}^2.$$

Подставляя числовые значения в формулу (1) получим:

$$W_{м.у.}(p) = \frac{1}{0,0303p^2 + 0,406p + 1}.$$

Найдем корни характеристического уравнения

$$0,0303p^2 + 0,406p + 1 = 0;$$

$$P_{1,2} = \frac{-0,406 \pm \sqrt{0,406^2 - 4 \cdot 0,0303}}{2 \cdot 0,0303} = \frac{-0,406 \pm 0,209}{0,0606};$$

$$p_1 = -3,25; \quad p_2 = -10,15.$$

Переходный процесс апериодического звена второго порядка соответствует переходной функции

$$h(t) = 1 - \frac{\alpha_2}{\alpha_2 - \alpha_1} e^{-\alpha_1 t} + \frac{\alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1} e^{-\alpha_2 t}.$$

Так как $\alpha_1 = p_1$, $\alpha_2 = -p_2$, то переходная функция имеет вид:

$$h_{м.у.}(t) = 1 - \frac{10,15}{10,15 - 3,25} e^{-3,25t} + \frac{3,25}{10,15 - 3,25} e^{-10,15t}.$$

Задавая значениями t от 0 до 1 определим соответствующие значения $h_{м.у.}(t)$ и построим по данным таблицы 3 переходную характеристику магнитного усилителя.

Заключительным этапом является сравнение экспериментальной и расчетной кривых переходного процесса. Результаты сравнения сведены в таблицу 3.

Таблица 3

Переходный процесс магнитного усилителя

t, с	0	0,06	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60	0,72	0,84	0,96	1,0
h(t)э	0	0,014	0,023	0,203	0,45	0,661	0,812	0,899	0,957	0,98	1,0
h(t)р	0	0,014	0,035	0,21	0,45	0,65	0,8	0,9	0,945	0,98	0,99
$\Delta = h(t)р - h(t)э $	0	0	0,012	0,007	0	0,011	0,012	0,001	0,012	0	0,01
$\Delta / h(t)р \cdot 100\%$	0	0	3,4	3,3	0	1,6	1,5	0,1	1,2	0	1,1

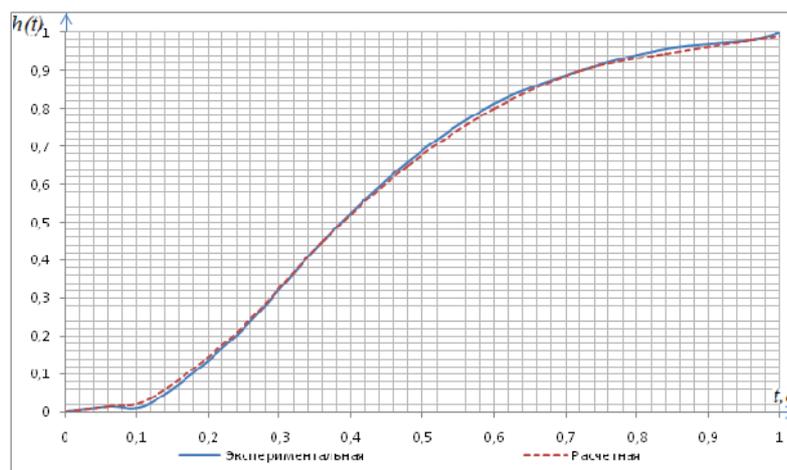


Рис. 1. Переходные характеристики магнитного усилителя

Вывод: сравнивая экспериментальную и расчетную переходные характеристики можно сделать вывод о том, что данный метод восстановления дифференциальных уравнений (передаточных функций) может быть использован в учебной и производственной практике.

Литература

1. Динамический расчет линейной стационарной САР двигателя постоянного тока и экспериментальная проверка результатов расчета. Лузгин В.В., Челочева Ю.В.-Братск, 1991.-56с.
2. Теория систем автоматического управления. В.А.Бесекерский, Е.П. Попов, -Санкт-Петербург, 2004.-752 с.
3. Параметрический синтез локальных систем автоматического управления: Методические указания / Т. А. Григорьева, - Братск: БрГУ, 2008.-33с.

УДК 681.5.017

Исследование методов настройки промышленного ПИД-регулятора

Б.С. Тимчук

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: ПИД-регулятор, оптимальные параметры, настройка, бетрагсоптимум, методы настройки.

ПИД-регулятор позволяет значительно повысить точность и быстродействие системы, но только при условии оптимальной настройке его параметров. В данной работе рассматриваются два метода настройки: амплитудный оптимум или бетрагсоптимум и метод настройки ПИД-регулятора, основанный на реакции объекта управления на ступенчатое воздействие. На основании этих методов рассчитаны настройки параметров ПИД-регуляторов, а также произведен сравнительный анализ на предмет сложности применения и оптимальности показателей качества настраиваемой системы управления. После сравнения можно сказать, что метод бетрагсоптимума более сложный в расчетах, но позволяет получить на выходе переходный процесс без перерегулирования и с высоким быстродействием. Второй метод проще в расчетах, но является менее точным и на выходе дает большое перерегулирование и низкое быстродействие.

В статье будут рассмотрены и проанализированы два метода настройки ПИД- регулятора, которые существенно отличаются друг от друга. Первый метод основывается на точных вычислениях, второй сводится к приближенным расчетам по реакции объекта управления на ступенчатое воздействие. Если использовать ПИД-регулятор в системе управления, можно повысить точность и быстродействие. Однако это может быть достигнуто только если настройки регулятора являются оптимальными. Поэтому адекватная настройка параметров ПИД-регулятора является одной из основных задач в разработке САУ (систем автоматического регулирования). В настоящее время есть множество методов настройки ПИД-регуляторов, но большинство из них либо слишком трудоемки, либо не обладают требуемой точностью. Обычно, их применение позволяет обеспечить устойчивость системы управления, но не гарантирует ее качественной работы. Поэтому важно не только адекватно настроить ПИД- регулятор, но и выбрать подходящий для данного объекта управления метод настройки. Рассмотрим первый из предложенных методов настройки ПИД-регулятора – амплитудный оптимум или бетрагсоптимум. Основной идеей метода является поддержание на уровне единицы величины передаточной функции замкнутого контура регулирования по управляющему воздействию [1]. При использовании метода бетрагсоптимума, как принципа проектирования САУ, рассматриваются одноконтурные системы регулирования, в которых передаточная функция объекта по управляющему воздействию имеет вид [2]:

$$W(s) = k \frac{1 + b_1s + b_2s^2 + \dots + b_ms^m}{1 + a_1s + a_2s^2 + \dots + a_ns^n} e^{-s\tau},$$

где k – пропорциональный коэффициент передачи,

τ – время задержки.

Тогда операторно-структурная схема замкнутой системы будет иметь вид, представленный на рис. 1.

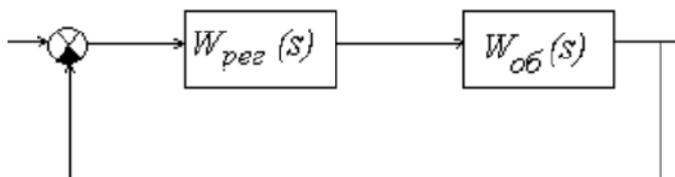


Рис. 1. Операторно-структурная схема системы

Передаточная функция ПИД-регулятора имеет вид:

$$W(s) = k_p + \frac{k_i}{s} + k_d s,$$

где k_p , k_i , k_d – пропорциональная, интегральная и дифференциальная, соответственно, составляющие параметры ПИД- регулятора.

Искомые параметры могут быть найдены из матричного уравнения:

$$\begin{bmatrix} k_p \\ k_i \\ k_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A_1 & A_0 & 0 \\ -A_3 & -A_2 & -A_1 \\ -A_5 & A_4 & -A_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -0.5 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Коэффициенты транспонированной матрицы могут быть найдены по следующим формулам, представленным в [2].

Рассмотрим данный метод на примере объекта управления с передаточной функцией вида:

$$W(s) = \frac{0.37}{1.4229s^2 + 1.56s + 1} e^{-0.2s}.$$

Тогда, применив вышеуказанные формулы в [2], найдем значения коэффициентов матрицы:

$A_0=0.37, A_1=0.984, A_2=1.887,$
 $A_3=3.223, A_4=5.204, A_5=8.153.$

Решив матричное уравнение, найдем составляющие ПИД-регулятора:
 $k_p=16.622, k_i=6.757, k_d=9.749.$

Смоделировав систему с найденными параметрами ПИД-регулятора, получим переходный процесс, представленный на рис. 2.

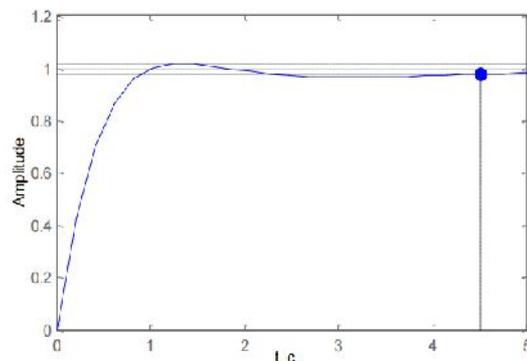


Рис. 2. Переходный процесс на выходе системы с ПИД-регулятором, настроенным по методу бетрагсоптимума

Таким образом, с помощью метода амплитудного оптимума, были получены следующие показатели качества системы управления: $\sigma = 2\%$ и $t_p=4.51$ с.

Далее рассмотрим метод настройки ПИД-регулятора, основанный на реакции объекта управления на ступенчатое воздействие. Для этого размыкаем обратную связь и с помощью П-регулятора подаем на объект ступенчатое воздействие, уровень которого не вызовет нежелательных реакций объекта. Затем зафиксируем выходную реакцию объекта [1]. Будем рассматривать объект управления с той же передаточной функцией. Реакция данного объекта на ступенчатое воздействие представлена на рис. 3.

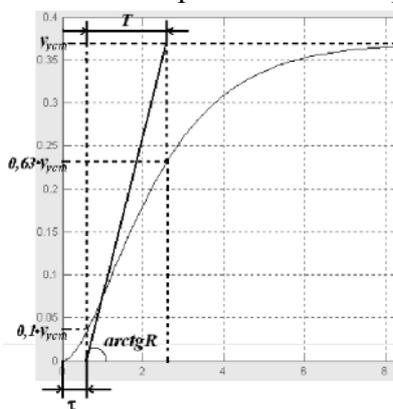


Рис. 3. Определение коэффициентов по переходной характеристике

Обозначив на графике переходного процесса уровни равные 10 % и 63 % от установившегося значения, найдем величины T, τ и R , где

$$R = \frac{Y_{уст}}{T}.$$

Для нахождения параметров ПИД-регулятора рекомендуется использовать следующие формулы [3]:

$$k_p = \frac{1.2}{R\tau}, k_i = 2\tau k_p, k_d = \frac{0.4\tau}{k_p}.$$

По приведенным формулам определим параметры настройки ПИД-регулятора на основании переходной характеристики объекта [4]:

$k_p=9.21$, $k_i=11.05$, $k_d=0.026$.

На рис. 4 представлен переходный процесс на выходе системы управления с ПИД-регулятором, настроенным по реакции на ступенчатое воздействие.

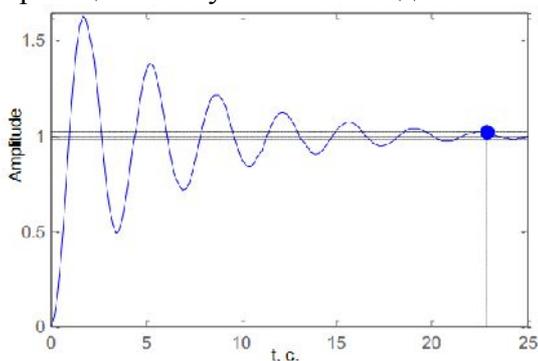


Рис. 4. Переходный процесс на выходе системы с ПИД-регулятором, настроенным по второму методу

Таким образом, с помощью метода настройки ПИД-регулятора по реакции объекта на ступенчатое воздействие, были определены следующие показатели качества: $\sigma = 61 \%$ и $t_p=22.5$ с. При сравнении двух приведенных методов, можно сделать выводы о том, что метод бетрагсоптимума более сложный в расчетах и требует использования пакета вычислительных программ (Mathcad). Однако результаты вычисления позволяют получить на выходе системы управления переходный процесс практически без перерегулирования и с высоким быстродействием. Если проанализировать второй рассмотренный метод, то с помощью него возможно довольно быстро найти нужные параметры ПИД-регулятора, используя аппарат идентификации. Недостатком этого метода настройки является наличие большого перерегулирования на выходе системы управления и низкое быстродействие. К тому же необходимо учитывать что необходимые коэффициенты находились по графику и являются приближенными.

Литература

1. Марков А.А. Сравнительный анализ методов расчета параметров регуляторов электродвигателей. Донецкий национальный технический университет. URL: <http://masters.donntu.edu.ua/2004/-markov>.
2. Damir Vrani, Jus Kocijan, Stanko Strmnik. Rejection Tuning Method for PID Controllers. URL: <http://ascc2004.ee.mu.oz.au> (дата обращения: 18.08.2012).
3. Chien K.L., Hrones J.A., Reswick J.B. An automatic control of generalized passive systems// IEEE Intern. Conf. Robotics and Automation (1952). – San Diego, USA: IEEE Press, 1994 – P. 175–185.
4. Joao Chainho, Pedro Pereira, Silviano Rafael and A.J. Pires. A Simple PID controller with adaptive parameter in a dsPID // Information Sciences 169. – 2005. – № 3. – P. – 279–284.

УДК 681.5: 621.3

Параметрический синтез системы автоматического регулирования температуры в электродвигателе

А.В. Трусевич

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: параметрический синтез, непрерывные законы регулирования, настроечные параметры регулятора, локальная система автоматического регулирования.

В данной работе представлены результаты проведенного параметрического синтеза локальной системы автоматического регулирования температуры в электрокотельной на основе идентификации объекта управления и определения настроечных параметров регулятора.

Целью разработки и внедрения системы автоматического контроля и регулирования является прибыльность автоматизируемого производства, повышение качества, снижение издержек производства.

В результате выполненной работы был осуществлен параметрический синтез автоматического регулирования температуры в электрокотле.

Расчеты проводились для электрокотельной мощностью 40 МВт, на которой установлены четыре котла КЭВ-6-10.

Для организации системы автоматического контроля и регулирования технологических параметров на электрокотельной необходимо выбрать отдельные составляющие системы, на основе анализа и сопоставления как можно более широкого спектра существующих и доступных аналогов.

Для реализации системы необходимы следующие составляющие элементы: преобразователь температуры; датчик давления; датчик расхода воды; текон МФК1500 (модуль УДС и МКС); электрический однооборотный исполнительный механизм.

В процессе проведения параметрического синтеза локальной системы автоматического регулирования температуры воды в электрокотле была проведена идентификация объекта управления и построена модель объекта (формула 1):

$$W(p) = \frac{85 \cdot e^{-1.1p}}{34,391p^2 + 16,78p + 1} \text{ с точностью } 4,35 \% \quad (1)$$

Для увеличения качественной разработки системы был произведен расчет настроечных параметров регулятора.

Закон регулирования выбран с учетом свойств объекта регулирования и заданных параметров качества переходного процесса.

К качеству регулирования каждого конкретного технологического процесса, имеющего только ему присущие особенности, предъявляются конкретные требования.

Выбор закона регулирования был произведен по номограмме, так как наша система носит апериодический характер, в результате получен пропорционально-интегральный закон регулирования. Для расчета настроечных параметров регулятора была использована передаточная функция объекта, полученная методом аппроксимации переходной характеристики объекта с помощью интегральных площадей.

С помощью программного обеспечения Matlab (рис.1) была построена переходная характеристика замкнутой системы.

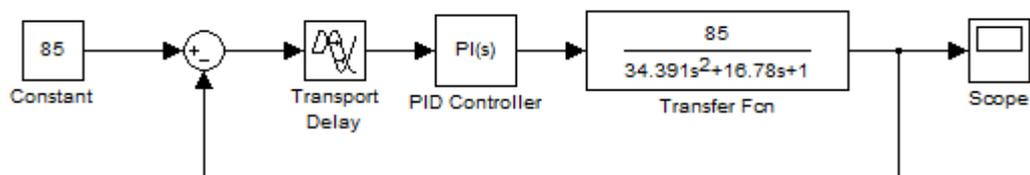


Рис. 1. Модель замкнутой САР в программном обеспечении MatLab

С помощью программного обеспечения Simulink были построены переходные характеристики для различных настроечных параметров.

При $C_0 = 0,0018$ и $C_1 = 0,021$, т.е. $K_p = 0,021$ и $T_u = 11,6$ мин. переходный процесс имеет вид, представленный на рисунке 2.

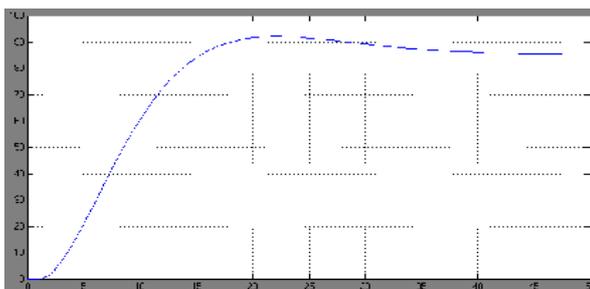


Рис. 2. Переходная характеристика замкнутой системы

При $C_0 = 0,0019$ и $C_1 = 0,025$, т.е. $K_p = 0,025$ и $T_u = 13,16$ мин. переходный процесс имеет вид, представленный на рисунке 3.

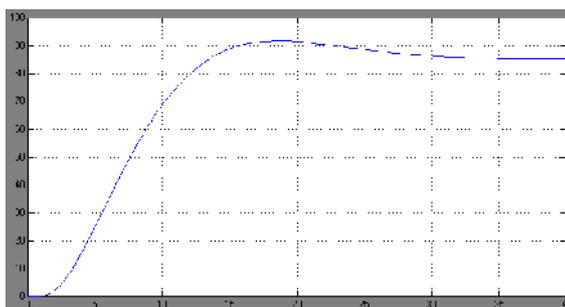


Рис. 3. Переходная характеристика замкнутой системы

При $C_0 = 0,0017$ и $C_1 = 0,018$, т.е. $K_p = 0,018$ и $T_u = 10,58$ мин. переходный процесс имеет вид, представленный на рисунке 4.

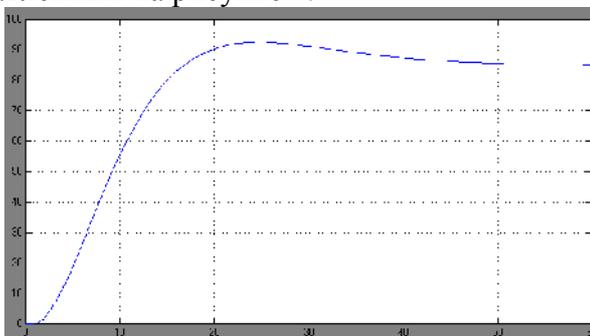


Рис. 4. Переходная характеристика замкнутой системы

Исходя из анализа переходных процессов, полученных методом номограмм, был выбран процесс с наилучшими показателями качества регулирования.

В данном случае, наилучшим является процесс с настроечными параметрами $K_p = 0,025$ и $T_u = 13,16$ мин., полученными методом автонастройки в программном обеспечении Matlab, так как этот процесс имеет меньшее время регулирования, меньшее перерегулирование, оптимальное количество колебаний, а так же меньшее время достижения первого максимума, время нарастания и интегральную оценку.

Литература

1. Дойников А.Н., Григорьева Т.А. Методика формирования модели многосвязной системы для адаптивного управления качеством переходных процессов с использованием регуляторов на смежных станциях. Братск, 2004. Рукоп. деп. в ВИНТИ № 1367-В2004 06.08.2004.

2. Дойников А.Н., Крумин О.К., Григорьева Т.А. Методика и алгоритм адаптивной стабилизации многосвязной электроэнергетической системы // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2004. Т. 2. № 18. С. 31-36.

3. Григорьева Т.А., Толубаев В.Н. Выбор программируемых контроллеров в современном производстве // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 269-271.

4. Григорьева Т.А., Толубаев В.Н. Система сбора и представления информации об учете энергоресурсов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2006. Т. 2. С. 73-75.

5. Григорьева Т.А., Толубаев В.Н. Выбор программируемых контроллеров в современном производстве // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2015 Т. 1. С. 75-77.

6. Григорьева Т.А., Патрусова А.М. Моделирование динамических процессов в печи обжига металла // Наука и современность. 2014. № 28. С.167-171.

7. Григорьева Т.А., Толубаев В.Н. Выбор преобразователей температуры в современных системах автоматического регулирования // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2015 Т. 1. С. 150-153.

УДК 62.5

Исследование динамических свойств пресспата на основе многофакторного корреляционно-регрессионного анализа

Т.А. Григорьева, Э.К. Шуманский

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: пресспат, сушка целлюлозы, корреляционно-регрессионный анализ, многомерная регрессионная модель.

В статье описан метод выявления связей между параметрами технологического процесса сушки целлюлозы. В качестве объекта исследования выбрана сушильная часть пресспата целлюлозного производства №2 филиала ОАО «Группа «Илим» в г. Братске.

Многофакторный корреляционно-регрессионный анализ позволяет оценить меру влияния каждого из включенных в модель факторов на исследуемый результативный показатель, а также с определенной степенью точности найти теоретическое значение результирующего показателя при любых возможных сочетаниях факторов. Данный метод находит широкое применение в различных областях науки и техники, в том числе и в автоматизации технологических процессов [5].

Одним из основных требований, предъявляемых к продукции целлюлозного производства, является влажность готового целлюлозного полотна, соответственно, влажность (%) принимается в качестве результативного показателя. Факторами, которые могут оказывать влияние на результативный признак, являются:

- температура воздуха в сушильной камере (°С);
- давление пара в сушильных цилиндрах, соприкасающихся с полотном (кПа);
- уровень конденсата в сепараторах (м)[3].

Изменение факторных и результативного показателя во времени показано на рисунке 1.

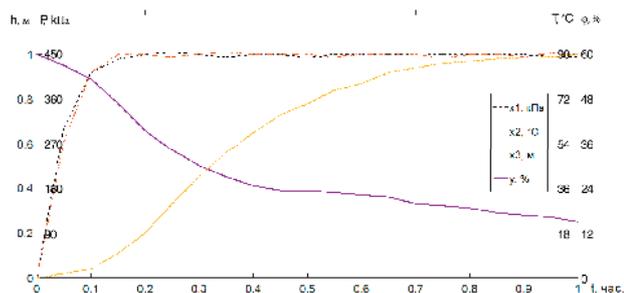


Рис. 1. Динамика исследуемых показателей:
 x_1 – давление пара, x_2 – температура воздуха, x_3 – уровень конденсата,
 y – влажность полотна.

На основе экспериментальных данных была построена четырёхмерная регрессионная модель в линейной форме:

$$y_{x_1x_2x_3} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3,$$

где $y_{x_1x_2x_3}$ – расчетное значение зависимой переменной (результативного признака);

x_1, x_2, x_3 – независимые переменные (факторные признаки);

a_0, a_1, a_2, a_3 – параметры модели [6].

Коэффициенты a_0, a_1, a_2, a_3 определены путем решения системы нормальных уравнений:

$$\begin{cases} a_0n + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 + a_3 \sum x_3 = \sum y \\ a_0 \sum x_1 + a_1 \sum x_1^2 + a_2 \sum x_1x_2 + a_3 \sum x_1x_3 = \sum yx_1 \\ a_0 \sum x_2 + a_1 \sum x_1x_2 + a_2 \sum x_2^2 + a_3 \sum x_2x_3 = \sum yx_2 \\ a_0 \sum x_3 + a_1 \sum x_1x_3 + a_2 \sum x_2x_3 + a_3 \sum x_3^2 = \sum yx_3 \end{cases}$$

где n – объем выборки анализируемых показателей.

На основе решения данной системы уравнения получаем уравнение:

$$y_{x_1x_2x_3} = 139,12 + 2,45x_1 - 10x_2 - 47,44x_3,$$

Далее были проанализированы характеристики тесноты связи между зависимой и независимыми переменными: парные, частные и множественные коэффициенты корреляции и детерминации.

Для измерения тесноты связи между двумя из рассматриваемых показателей (без учета их взаимодействия с другими показателями) применяются парные коэффициенты корреляции:

$$r_{yxi} = \frac{\overline{x_iy} - \bar{x}_i\bar{y}}{\sigma_{xi}\sigma_y},$$

где r_{yxi} – парный коэффициент корреляции,

σ_{xi}, σ_y – среднеквадратические отклонения анализируемых показателей.

Результаты расчетов парных коэффициентов корреляции исследуемого объекта приведены в таблице 1.

Таблица 1

Парные коэффициенты корреляции

	y	x1	x2	x3
x1	-0,69	1	0,98	0,56
x2	-0,65	0,98	1	0,51
x3	-0,97	0,56	0,51	1

Отрицательные значения коэффициентов свидетельствуют о наличии обратной связи между результативным и факторными показателями, т.е. влажность полотна снижается при повышении давления пара, температуры воздуха или уровня конденсата [4].

Однако в реальных условия все переменные, как правило, взаимосвязаны. Теснота этой связи определяется частными коэффициентами корреляции, которые характеризуют степень и влияние одного из аргументов на функцию при условии, что остальные независимые переменные закреплены на постоянном уровне.

Частный коэффициент корреляции первого порядка между признаками y и x_i при исключении влияния признака x_j вычислим по формуле:

$$r_{yxi(xj)} = \frac{r_{yxi} - r_{yuj} r_{xij}}{\sqrt{(1 - r_{yuj}^2)(1 - r_{xij}^2)}}$$

Также рассчитаем взаимосвязь факторных признаков при устранении влияния результативного признака:

$$r_{xixj(y)} = \frac{r_{xixj} - r_{yxi} r_{yuj}}{\sqrt{(1 - r_{yxi}^2)(1 - r_{yuj}^2)}}$$

Значения частных коэффициентов корреляции приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Частные коэффициенты корреляции между признаками $y-x_n$ и $y-x_{n+1}$

	r_{yx1}	r_{yx2}	r_{yx3}	искл
r_{yx1}	1	0,74	-0,97	x_1
r_{yx2}	-0,77	1	-0,96	x_2
r_{yx3}	-0,75	-0,71	1	x_3

Таблица 3

Частные коэффициенты корреляции между признаками x_n-x_{n+1}

	r_{x1}	r_{x2}	r_{x3}	искл
r_{x1}	1	0,049	0,64	y
r_{x2}	0,049	1	0,015	y
r_{x3}	0,64	0,015	1	y

По данным таблиц 2 и 3 можно сделать вывод, что все факторы влияют на результирующий показатель, но даже при исключении результативного показателя связь между факторными признаками присутствует. Например, чем выше давление пара в цилиндрах, тем выше уровень конденсата в сепараторе, $r_{x1x3}=0,64$, что соответствует реальным процессам в рассматриваемом объекте. В то же время, практически отсутствует связь между факторными признаками $r_{x1x2} = 0,049$ и $r_{x2x3} = 0,015$, т.е. температура сушильного воздуха имеет слабую связь с давлением пара и уровнем конденсата. Это наблюдение также подтверждается на практике[1].

На основе полученных значений парных коэффициентов корреляции были получены значения совокупных коэффициентов множественной корреляции и детерминации.

Совокупный коэффициент множественной корреляции $R_{yx1x2x3}$ отображает одновременное влияние факторных признаков на результативный. Чем ближе его значение к 1, тем выше интенсивность корреляционной связи. Значение совокупного коэффициента множественной корреляции для двухфакторных связей равно:

$$R_{yxi(xj)} = \sqrt{\frac{r_{yxi}^2 + r_{yuj}^2 - 2r_{yxi} r_{yuj} r_{xij}}{1 - r_{xij}^2}}$$

Т.к. в рассматриваемой модели учитываются три факторных показателя, был вычислен совокупный коэффициент множественной корреляции для трехфакторной связи:

$$R_{y_{x_1x_2x_3}} = \frac{\sum R_{y_{x_i x_j}}}{3} = 0,95$$

Совокупный коэффициент детерминации R^2 показывает, какая доля вариации изучаемого показательного признака объясняется влиянием факторных признаков, включенных в уравнение множественной регрессии:

$$R^2 = R_{y_{x_1x_2x_3}}^2 = 0,89$$

На основе полученных результатов был сделан вывод, что вариация значения влажности полотна на 89% обуславливается тремя анализируемыми факторами. Это значит, что выбранные факторы существенно влияют на влажность полотна. Такая связь свидетельствует о целесообразности построения трехфакторной регрессионной модели в виде линейного уравнения регрессии. Однако показатели могут оказаться подвержены действию случайных факторов. Поэтому только после проверки адекватности оно может быть пригодно для применения. Была проведена проверка значимости уравнения множественной регрессии по статистическим критериям Фишера и Стьюдента. Вычисление данных критериев показало, что рассматриваемое уравнение множественной регрессии является адекватным [2].

Результатом проведения трехфакторного корреляционно-регрессионного анализа стало получение линейной модели $y_{x_1x_2x_3} = -139,12 + 2,45x_1 - 10x_2 - 47,44x_3$, описывающей связь технологических параметров сушильной камеры пресспата. Так, например, $a_1 = 2,45$ свидетельствует о том, что с увеличением давления на 1 кПа следует ожидать уменьшения влажности полотна на 2,45%. Повышение же температуры на 1 градус Цельсия может привести к снижению влажности на 10%, а увеличение уровня конденсата на 1 метр приведет к снижению влажности на 47,4%. Исходя из этого, можно сделать соответствующие выводы и осуществить практические мероприятия, направленные на оптимизацию технологического процесса и улучшение качества готовой продукции [7].

Литература

1. Дойников А.Н., Григорьева Т.А. Методика формирования модели многосвязной системы для адаптивного управления качеством переходных процессов с использованием регуляторов на смежных станциях. Братск., 2004. Рукоп. деп. в ВИНТИ № 1367-В2004 06.08.2004.
2. Дойников А.Н., Крумин О.К., Григорьева Т.А. Методика и алгоритм адаптивной стабилизации многосвязной электроэнергетической системы // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2004. Т. 2. № 18. С. 31-36.
3. Григорьева Т.А., Толубаев В.Н. Выбор программируемых контроллеров в современном производстве // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 269-271.
4. Григорьева Т.А., Толубаев В.Н. Система сбора и представления информации об учете энергоресурсов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2006. Т. 2. С. 73-75.
5. Григорьева Т.А., Толубаев В.Н. Выбор программируемых контроллеров в современном производстве // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2015 Т. 1. С. 75-77.
6. Григорьева Т.А., Патрусова А.М. Моделирование динамических процессов в печи обжига металла // Наука и современность. 2014. № 28. С.167-171.
7. Григорьева Т.А., Толубаев В.Н. Выбор преобразователей температуры в современных системах автоматического регулирования // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2015 Т. 1. С. 150-153.

УДК 621.391.1; 621.396.029

Сравнение параметров беспроводных технологий WiMAX и LTE

В.С. Явкин

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: система LTE, сеть WiMAX, сравнение параметров, преимущество.

Спецификации любого поколения связи, как правило, относятся к изменению фундаментального характера обслуживания, несовместимым технологиям передачи, более высоким пиковым битрейтам, новыми полосами частот, более широким каналом полосы пропускания, выражаемой в единицах частоты — герцах, а также большей ёмкостью для множественной одновременной передачи данных.

Новые поколения мобильной связи начинали разрабатываться практически через каждые десять лет с момента перехода от разработок первого поколения аналоговых сотовых сетей в 1970-х годах (1G) к сетям с цифровой передачей (2G) в 1980-х годах. В 2000 году, когда только шло освоение технологии связи третьего поколения 3G, один из ведущих производителей персональных компьютеров Hewlett-Packard и японский гигант сотовой связи NTT DoCoMo объявили о начале совместных исследований по разработке технологий передачи мультимедиа-данных в беспроводных сетях четвёртого поколения. Помимо них, разработки вели Ericsson и AT&T совместно с Nortel Networks. Впоследствии появилось два пригодных к реализации стандарта: LTE и WiMAX, которые, по мнению ИМТ-Advanced, и стали новой эрой в развитии сети.

Споры вокруг передовых технологий связи LTE и WiMAX продолжаются на протяжении долгого времени. В связи с этим возникает вопрос о сравнении технологий как с учетом технических характеристик стандартов, включая характеристики радиоинтерфейсов и радиопокрытия (энергетического бюджета сети при условии городской застройки) и оценки электромагнитной совместимости (ЭМС), так и по некоторым другим показателям.

Система LTE была создана для того, чтобы предоставить доступ к всевозможным сервисам, а также к сети Интернет через протокол IP. Для обеспечения двунаправленной передачи данных между БС и МС технологией LTE поддерживает как частотный (FDD), так и временной дуплекс (TDD). Для частотного дуплекса 15 парных частотных диапазонов (от 800 МГц до 3,5 ГГц), а для временного - 8. При этом ширина радиоканала может быть различной. Допустимы следующие значения: 1, 4, 3, 5, 10, 15 и 20 МГц. В качестве систем множественного доступа в LTE используются OFDMA (Ортогональный частотный множественный доступ) в нисходящем канале и SC-FDMA в восходящем канале. Применены адаптивные антенные системы, гибкая сеть доступа. Сетевая архитектура полностью IP - сеть. В системе LTE применяются технологии и методы, уже применяемые в мобильном WiMAX, поэтому следует ожидать схожего с LTE.

«WiMAX» («Международное взаимодействие для микроволнового доступа») – технология, разработанная в 2003 году, целью которой является предоставление беспроводной связи для рабочих станций, стационарных компьютеров, портативных компьютеров и мобильных устройств. Базируется на стандарте связи «IEEE 802.16». На физическом уровне в стандарте IEEE 802.16-2004 определены три метода передачи данных: метод модуляции одной несущей (SC), метод ортогонального частотного мультиплексирования (OFDM) и метод множественного доступа на основе такого мультиплексирования (OFDMA).

OFDM является наиболее интересной с точки зрения практической реализации. Данная технология значительно расширяет возможности оборудования, в частности, позволяет работать на относительно высоких частотах в условиях отсутствия прямой видимости. Кроме того, в нее включена поддержка топологии «каждый с каждым» (mesh), при которой абонентские устройства могут одновременно функционировать и как базовые станции, что сильно упрощает развертывание сети и помогает преодолеть проблемы прямой видимости.

Таблица 1

Сравнение технологий LTE и WiMAX на основе общих показателей

Факторы	LTE	Подвижный WiMAX
Разработка и поддержка стандарта	3rd Generation Partnership (3GPP)	Project WiMAX Forum
Производители оборудования	Alcatel-Lucent, Ericsson, Huawei, Nokia, NEC, LG, Samsung и др.	Alvarion, Alcatel-Lucent, Cisco, Intel, Motorola, ZTE и др.
Начало эксплуатации	декабрь 2009 года	октябрь 2007 года
Затраты на внедрение	высокие (плавный переход от сетей 3G затруднителен)	высокие (строительство новой сети)
Дополнительный радиочастотный ресурс или его обновление	требуется	требуется
Другие факторы	Поддерживаются некоторые протоколы 3G	Создан открытый патентный альянс, что позволит снизить цены на абонентские устройства

Таблица 2

Сравнение параметров реальных систем LTE и мобильного WiMAX (релиз 1.5) в одинаковых частотных условиях при FDD с полосами 2x20 МГц

Параметры	LTE			WiMAX Релиз 1.5	
	Motorolla	T-Mobile	Qualcomm		
Нисходящий канал					
Антенна БС	2x2	2x4	4x2	2x2	4x4
Модуляция и скорость кодирования	64 QAM 5/6	64 QAM 5/6	64 QAM 5/6	64 QAM 5/6	
Скорость Мбит/с	226	144	277	144,6	289
Восходящий канал	Нет данных				
Антенна АС		1x2	1x2	1x2	
Модуляция и скорость кодирования		64 QAM 5/6	64 QAM 5/6	64 QAM 5/6	
Скорость Мбит/с		50,4	75	69,1	

Системы LTE – это революционное улучшение 3G. LTE представляет переход от систем CDMA к системам OFDMA, а также переход к полностью IP – системе к коммуникацией пакетов. Поэтому внедрение этой технологии на существующих сетях сотовой связи означает необходимость новых радиочастотных ресурсов для получения преимущества от широкого канала. Для обеспечения обратной совместимости необходимы двухрежимные абонентские устройства. Поэтому плавный переход от систем 3G к LTE весьма сложен.

Таблица 3

Сравнение ключевых параметров LTE и WiMAX

Параметры	LTE	WiMAX Релиз 1.5
1	2	3
Дуплексирование	FDD и TDD	FDD и TDD

Частотный диапазон для анализа	2000 МГц	2500 МГц
Ширина канала	До 20 МГц	До 20 МГц
От базы	OFDMA	OFDMA
Кбазе	SC-FDMA	OFDMA
Спектральная эффективность, бит/Гц/с		
Нисходящий канал, MIMO (2x2)	1,57	1,59
Восходящий канал, SIMO (1x2)	0,64	0,99
Максимальная скорость мобильной станции км/ч	350	120
Длительность кадра, мс	1	5
Антенные системы		
Нисходящий канал	2x2, 2x4, 4x2, 4x4	2x2, 2x4, 4x2, 4x4
Нисходящий канал	1x2, 1x4, 2x2, 2x4	1x2, 1x4, 2x2, 2x4

Отметим, что преимущество в спектральной эффективности означает выигрыш в стоимости развертывания сети (в том числе в удельной стоимости по отношению к пропускной способности сети). Кроме того, возрастает канальная емкость, что позволяет операторам вводить дополнительные сервисы. Мобильный WiMAX представляет гладкую IP-сеть, сеть LTE более сложна (рис. 1).

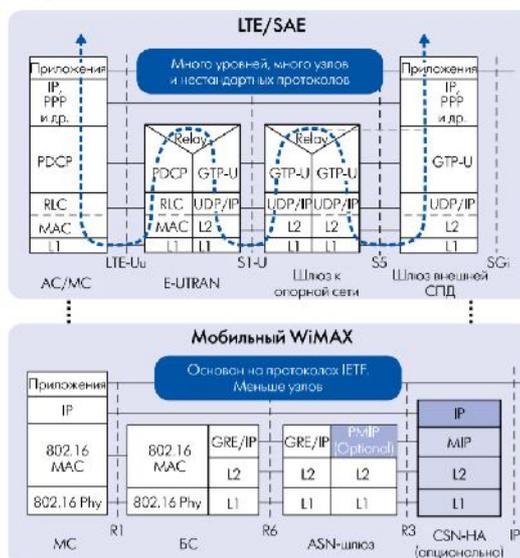


Рис. 1. Сравнение системных архитектур сетей WiMAX и LTE

Если сеть WiMAX основывается полностью на IP-протоколах IEEE, то сеть LTE более сложна, включает больше протоколов, в том числе проприетарные протоколы 3G. Немаловажно, что интеллектуальная собственность в области технологий WiMAX, соответствующие патенты распределены среди многих компаний, создан открытый патентный альянс, что позволяет снижать цены абонентских устройств.

Выводы сравнения WiMAX и LTE:

- WiMAX, и LTE отвечают целям IMT-Advanced;
- спецификации IMT-Advanced еще не полностью определены;
- стандарт IEEE802.16m полностью отражает спецификации и требования IMT-Advanced;
- мобильный WiMAX релиз 1.5 и LTE имеют похожие характеристики. В обоих на линии от базы используется OFDMA с многоуровневой модуляцией и кодированием. Пиковые скорости практически одинаковы при одинаковых кратностях модуляции и скоростях корректирующего кода. В обоих используется и FDD, и TDD дуплексирование при ширине канала до 20 МГц. В обоих используется MIMO большой кратности и уменьшение задержки;

- мобильный WiMAX имеет двухлетний выигрыш по времени выхода на рынок и гладкую e2e IP архитектуру сети;
- пропускная способность и спектральная эффективность мобильного WiMAX по релизу 2.0 имеет лучшие параметры, чем LTE;
- мобильный WiMAX релиз 2.0 совместим с релизами 1.0 и 1.5;
- инвестиции для преобразования сетей из 2G/3G в LTE и в мобильный WiMAX примерно одинаковы;
- и для сетей LTE, и для сетей WiMAX необходим новый спектр;
- для обеих сетей нужны многорежимные абонентские приборы.

Литература

1. Мобильные широкополосные системы передачи цифровой информации - компании MOTOROLA. №7. – 2008.
2. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
3. Вильям Столингс. Беспроводные линии связи и сети. М.:Вильямс; 2003. – 640 с.
4. Джек Маккалоу. Секреты беспроводных технологий. М.:NT Press, 2005. – 408 с.
5. В. Вишневский, С. Портной, И. Шахнович. Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G. Техносфера, 2009. – 471 с.
6. Весоловский Кшиштоф. Системы подвижной радиосвязи. Горячая линия – Телеком, 2006. – 536 с.
7. Григорьев В.А., О.И. Лагутенко, Ю.А. Распаев. Сети и системы радиодоступа. Эко-Трендз, 2005. – 384 с.
8. Маковеева, Шинаков. Системы связи с подвижными объектами. Радио и связь, 2002. – 440 с.

Педагогика и психология в образовании

УДК 372.8

Использование информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе

Е.В. Лапенко, Е.И. Гузова

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: информационно-коммуникационные технологии, образовательный процесс, методы обучения.

В статье рассмотрены информационно-коммуникационные технологии, позволяющие использовать новые методы обучения студентов в образовательном процессе. Представлены средства информационно-коммуникационных технологий, дающие возможность дифференцированно обучать студентов с разным уровнем подготовки.

В настоящее время в современном российском обществе происходят значительные модернизационные изменения, связанные со стремительным ростом информационно-коммуникационных технологий (далее ИК-технологий), формированием мирового информационного пространства. Эти тенденции находят свое отражение и в функционировании системы образования, как важнейшего социального института общества. Современный образовательный процесс невозможно представить без новейших технических и программных средств обучения. Он подразумевает внесение изменений в содержание, организацию учебно-воспитательного процесса и технологии обучения.

Информационно-коммуникационные технологии – это процессы и методы взаимодействия с информацией, которые осуществляются с применением устройств вычислительной техники, а также средств телекоммуникации.

На сегодняшний день рынок труда предъявляет высокие требования к уровню подготовки выпускников и их соответствию профессиональным компетенциям. Работодатели заинтересованы в специалистах, имеющих достаточный теоретический и практический уровни образования, поскольку это снижает финансовые и временные затраты организации на профессиональную подготовку и переподготовку персонала в реальных условиях.

В процессе перехода на новые образовательные стандарты высшего образования происходит сокращение контактной работы преподавателя со студентами, что ведет к увеличению роли информационно-коммуникационных технологий в рамках образовательного процесса. Возникает потребность в поиске новых методов обучения, которые могут быть реализованы в следующих формах:

- применение новых способов подачи материала;
- использование готовых электронных образовательных курсов;
- закрепление полученных знаний с помощью различных электронных тренажеров, в том числе и дистанционных;
- контроль полученных знаний и сформированных компетенций путем решения электронных тестовых заданий.

При внедрении в образовательный процесс данных форм обучения используются различные средства ИК-технологий:

- дидактические – передающие знания и формирующие навыки для дальнейшей профессиональной деятельности;

- тренажеры – для закрепления и диагностики усвоенного материала;
- справочные и информационно-поисковые – осуществляющие поиск и систематизацию информации;
- демонстрационные – повышающие наглядность и доступность в обучении;
- лабораторные – позволяющие проводить практические эксперименты;
- моделирующие - предоставляющие возможность создания модели объекта, явления или процесса с целью его изучения;
- расчетные – автоматизируют различные вычислительные операции [1].

Современные информационно-коммуникационные технологии в обучении позволяют дистанционно привлекать преподавателей из различных образовательных организаций, специалистов-практиков к процессу обучения, а также увеличивать аудиторию обучающихся. Это выражается в проведении видеолекций, вебинаров, видеоконференций.

Одним из методов изложения учебного материала является компьютерная презентация. Её применение позволяет наглядно визуализировать информацию, которую студенты получают от преподавателя. Это облегчает восприятие и усвоение учебного материала, так как позволяет задействовать все виды памяти. Помимо этого, презентация всегда вносит элемент новизны в учебный процесс, повышая мотивацию к учебной деятельности. Преимуществами компьютерных презентаций является использование рисунков, фотографий, графиков, таблиц, диаграмм, схем и т.д. [2].

При подаче учебного материала важно не нарушать последовательность изложения, темп и объем подачи информации, а также соблюдать деловой стиль общения со слушателями. Компьютерные презентации находят широкое применение не только в ходе лекционных занятий, но и в самостоятельной работе и индивидуальной подготовке обучающихся, как очной так и заочной форм обучения. Поэтому и сами студенты могут создавать и использовать презентации в учебной и научно-практической деятельности.

В процессе использования ИК-технологий происходит взаимодействие не только между преподавателем и обучающимися, но последними между собой. В ходе таких занятий наблюдается становление более тесных коммуникативных связей, являющихся необходимой основой процесса социализации личности обучающегося. Таким образом, из пассивного объекта обучения студент или слушатель становится активным субъектом обучения, т.е. не только деятельность преподавателя направлена на обучающихся, но и деятельность последних, в свою очередь, направлена на преподавателя и на других участников образовательного процесса. Это находит свое применение в проведении занятий с использованием интерактивных форм: деловые и ролевые игры, технологии проблемного обучения, проведение видеоконференций, круглый стол, тренинги и другие. Характерной чертой таких форм обучения является получение студентами знаний, приобретенных в процессе собственной активности и учебной коммуникации.

Использование в образовательном процессе ИК-технологий позволяет:

- увеличить объем и глубину учебного материала;
- повысить мотивацию к обучению;
- активно вовлекать обучающихся в образовательный процесс;
- расширить наборы применяемых учебных задач;
- сформировать у обучающихся приемы исследовательской деятельности;
- развить коммуникативные способности;
- развить творческие способности;
- изменить контроль за деятельностью обучающихся [3,4].

Применение ИК-технологий дает возможность дифференцированно подходить к обучающимся с разным уровнем учебной подготовки. Это обеспечивает одновременное обучение студентов с различными возможностями и способностями и создание комфортных условий для обучения. Однако не стоит забывать, что проведение подобных занятий

требует от преподавателя не только владения учебным материалом на высоком профессиональном уровне, но и минимальных информационных компетенций, т.е он должен обладать необходимым уровнем знания компьютерной техники и владеть навыками работы с программным обеспечением [5]. А это, в свою очередь, существенно увеличивает время подготовки к занятиям. В связи с этим, в организации необходимы рычаги для повышения мотивации к работе с использованием ИК-технологий.

Таким образом, в настоящее время информационно-коммуникационные технологии широко используются в процессе обучения, что позволяет повысить качество образовательного процесса, и как результат, обеспечить достаточный уровень подготовки выпускников. Развитие рассмотренных технологий повышает уровень конкурентоспособности образовательной организации, являющийся стратегической целью её развития.

Литература

1. Информационные технологии в образовании [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://physics.herzen.spb.ru/teaching/materials/gosexam/b25.htm>, свободный. – (Дата обращения: 15.02.2017).
2. Лескина О.Н Использование информационных технологий в преподавании базовых экономических дисциплин [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://novainfo.ru/article/3290> свободный. – (Дата обращения: 09.02.2017).
3. Дрешер Ю.Н. Применение мультимедийных технологий в образовательном процессе [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>, свободный. – (Дата обращения: 10.02.2017).
4. Эзергайль К.В., Горбунов А.В., Чучунов В.А., Авоян И.А. Использование информационных технологий при интерактивном обучении бакалавров // Известия Волгоградского государственного технического университета. - № 15 (142) / том 12 / 2014.
5. Горбунова Л. И., Субботина Е. А. Использование информационных технологий в процессе обучения // Молодой ученый. — 2013. — №4. — С. 544-547.

Технология лесозаготовительных и древоперерабатывающих производств

УДК 631.658

Определение оптимальных параметров устройства для извлечения ядер из кедрового ореха

В.А. Вовк

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: кедровый орех, устройства для разрушения ореха, лущение, переработка ореха.

В данной статье рассматривается экспериментальное исследование по определению силы разрушения скорлупы кедрового ореха. В ходе эксперимента определена величина критической силы разрушения скорлупы кедрового ореха. На основе полученных данных построены графические зависимости углового ускорения диска устройства от радиуса диска r_n , массы диска m_n и угла α . По полученным графическим зависимостям определены оптимальные параметры устройства, обеспечивающие его стабильную работу.

С целью повышения качества очистки кедровых орехов от скорлупы было разработано устройство для извлечения ядер из кедрового ореха, которое работает следующим образом [1].

Кедровый орех из загрузочного бункера поступает в зазор между неподвижной металлической крышкой и конусообразным диском. Орех под действием центробежных и гравитационных сил продвигается по конусообразному диску и подвергается попеременному воздействию секторов с абразивным и металлическим покрытием находящиеся на поверхности конусообразного диска, что приводит к постепенному уменьшению толщины скорлупы и последующему ее разрушению. Далее орех, попадая в область между резиновым кольцом диска и резиновым кольцом крышки, сжимается из-за уменьшения зазора, что приводит к полному разрушению скорлупы ореха. После этого, под действием центробежной силы орех и очищенная скорлупа попадает на направляющую и высыпается через выпускной патрубок.

На рисунке 1 изображена схема сил действующих на орех в процессе работы устройства.

Из схемы и принципа работы устройства видно, что разрушение ореха происходит под действием центробежной силы вращения диска, которая, в свою очередь, зависит от его массы и углового ускорения. Проведя математическое описание схемы (рис. 1) и преобразовав полученные выражения, была определена следующая зависимость:

$$\omega = \sqrt{\frac{F_{кр}}{2 \cdot m_n \cdot r_n} \cdot [0,95 \cdot \cos \alpha - \cos(90 - \alpha) + 1,3 \cdot \cos(90 - \beta)]}. \quad (1)$$

Проанализировав выражение (1) делаем вывод о том, что m_n , r_n , α , и β - регулируемые параметры определяющиеся конструкцией устройства, $F_{кр}$ - нерегулируемый параметр, зависящий от прочности скорлупы кедрового ореха.

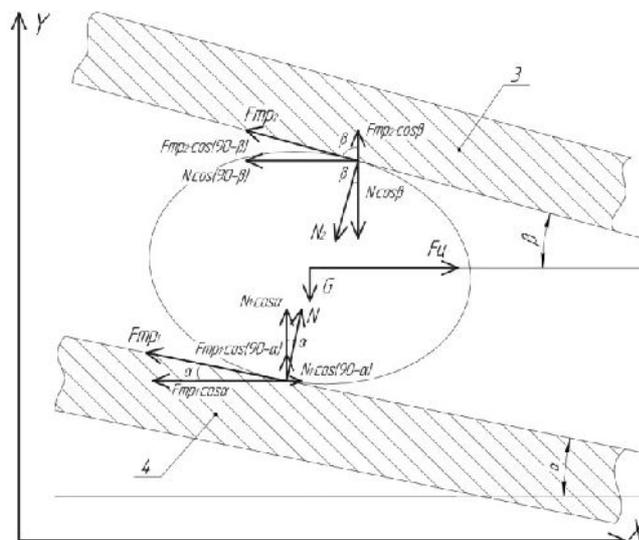


Рис. 1. Схема сил действующая на орех:

$F_{тр1}$ - сила трения действующая со стороны поверхности рабочего диска; $F_{тр2}$ - сила трения действующая со стороны поверхности крышки; N_1 - сила действующая на орех со стороны конусообразного диска; N_2 - сила действующая на орех со стороны крышки;
 $F_{ц}$ – центробежная сила

Далее, с целью определения усилия разрушения скорлупы кедрового ореха ($F_{кр}$), были проведены лабораторные исследования. В лабораторных условиях с помощью весов электронных настольных «Massa-K» и механического пресса был проведен эксперимент по определению усилия разрушения кедровых орехов при статическом сжатии.

Принципиальная схема лабораторных исследований и экспериментальная установка представлены на рисунке 2.

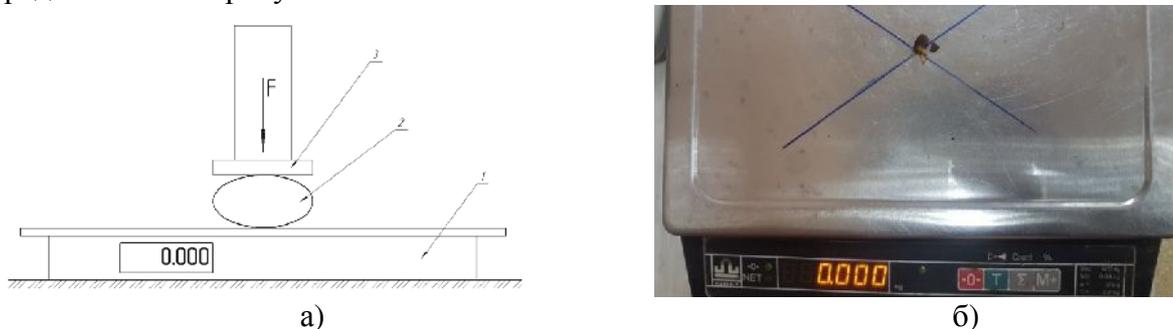


Рис. 2. Экспериментальные исследования:

а) Принципиальная схема экспериментальных исследований: 1 – весы электронные настольные «Massa-K», 2 – орех кедровый, 3 – механический пресс; б) Экспериментальная установка

В процессе эксперимента на весы 1 помещался кедровый орех 2, на который постепенно оказывалось давление механическим прессом 3. Значения с электронного циферблата весов снимались и фиксировались покадровой видеосъемкой. После разрушения скорлупы ореха давление механическим прессом прекращалось, а показатель веса в момент разрушения, зафиксированный видеокамерой, записывался. Далее эксперимент повторялся.

В конце эксперимента, ручным подсчетом значений сил разрушения, была выявлена следующая генеральная совокупность (рис. 3), которая в дальнейшем была исследована на определение характера распределения.

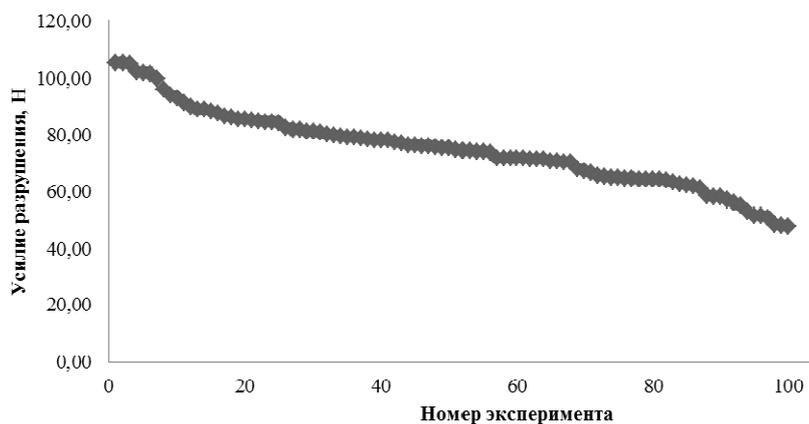


Рис. 3. Статистический ряд значений силы разрушения скорлупы кедрового ореха

На основании полученных данных был построен график распределения значений силы разрушения, представленный на рисунке 4.

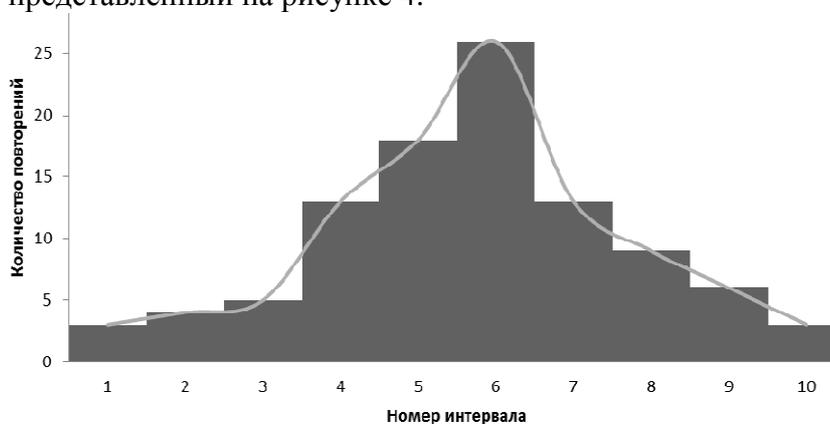


Рис. 4. График плотности распределения значений силы разрушения скорлупы кедрового ореха

На основании построенного графика (рис. 4), выдвинем гипотезу о нормальном распределении значений силы разрушения скорлупы кедрового ореха. Для подтверждения или опровержения данной гипотезы, проведем проверку по критерию согласия Пирсона χ^2 .

$$\chi^2_{\text{рас.}} = 5,13$$

Табличный критерий согласия Пирсона $\chi^2_{\text{таб.}}$ определяется по таблице П.4 [4] при уровне значимости $q=0,05$ и числе степеней свободы $f=7$ составит:

$$\chi^2_{\text{таб.}} = 14,1$$

$$5,13 < 14,1$$

Тождество выполняется, следовательно, гипотеза о нормальном распределении значений силы разрушения скорлупы кедрового ореха подтверждается. Из полученных исследований делаем вывод, что среднее значение силы разрушения скорлупы кедрового ореха равно 76,5 Н.

Для определения оптимальных параметров устройства для разрушения скорлупы кедрового ореха были проанализированы зависимости углового ускорения диска от массы и радиуса диска, угла α .

Из графика (рис. 5 а) видно, что при увеличении массы диска с 1 до 5 кг, происходит резкое снижение углового ускорения на 9 единиц. С изменением массы с 5 до 10 кг, происходит снижение углового ускорения на 2 единицы. Соответственно, при выборе массы конусообразного диска следует придерживаться диапазона с 5 до 10 кг. В этом диапазоне работа устройства будет наиболее стабильна.

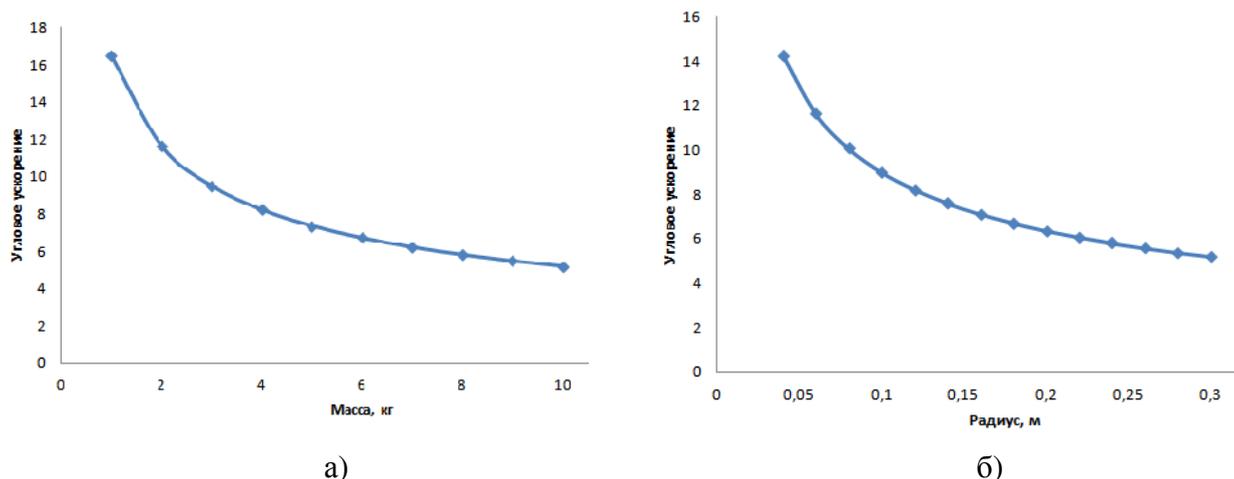


Рис. 5. График зависимости углового ускорения от геометрических параметров диска: а) от массы диска; б) от радиуса диска

Из графика (рис. 5 б) следует сделать вывод, что при увеличении радиуса диска с 0,05 до 0,15 м, происходит резкое снижение углового ускорения на 6 единиц. С изменением радиуса с 0,15 до 0,3 м, происходит снижение углового ускорения на 3 единицы. Соответственно, при выборе радиуса конусообразного диска следует придерживаться диапазона с 0,15 до 0,3 м. В этом диапазоне работа устройства будет наиболее стабильна.

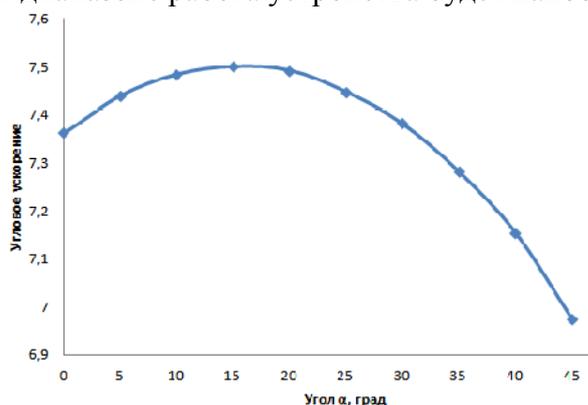


Рис. 6. График зависимости углового ускорения диска от угла наклона конуса диска α

Из графика (рис. 6) следует сделать вывод о том, что максимальное значение углового ускорения достигается при угле α равным 15 °, что и будет оптимальным значением данного параметра.

Вывод. Оптимальными параметрами устройства обеспечивающими более стабильную работу являются: масса конусообразного диска с 5 до 10 кг, радиус диска с 0,15 до 0,3 м, угол α 15 °.

Литература

1. Вовк В.А., Гуленко В.Е. Устройство для извлечения ядер из кедрового ореха; Молодая мысль: наука, технологии, инновации: Матер. VIII науч. техн. конф. – Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ»; 2016. С 289 – 291.
2. Вовк В.А. Исследование устройств для извлечения ядер из кедрового ореха; Молодая мысль – развитию лесного комплекса: Матер. XVII науч. техн. конф. – Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ»; 2015. С 14 – 19.
3. Вовк В.А., Гуленко В.Е. Математическое моделирование рабочего процесса устройства для разрушения скорлупы кедрового ореха; Молодая мысль – развитию лесного комплекса: Матер. XVIII науч. техн. конф. – Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ»; 2016. С 11 – 15.

4. Ларионова О.Г., Геврасева С.А. Математическая статистика: учеб. пособие. – 4-е изд. переработ. и доп. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 66 с.

УДК 630*681.3

Центрифугирование влажной щепы

Б.М. Локштанов, В.В. Орлов, В.А. Соколова, И.В. Бачериков

Санкт–Петербургский Государственный Лесотехнический Университет им. С. М. Кирова, Институтский пер. д.5, Санкт–Петербург, Россия

Ключевые слова: щепы, влажность древесины, обезвоживание, центрифугирование.

В статье рассматриваются свойства топливной щепы из лесосечных отходов. Описан процесс удаления свободной влаги из капилляров древесины (щепы) с целью снижения влажности древесины и повышения ее теплотворной способности. Разработана математическая модель обезвоживания щепы в поле центробежных сил при центрифугировании. Приведен расчет производительности промышленной центрифуги, устанавливаемой в системе производства топливной щепы.

Топливная щепы, заготовленная из лесосечных отходов, имеет определенные физико–механические свойства, показатели которых оценивают щепу как топливо и позволяют рассчитать экономические показатели применения этой щепы при получении тепловой энергии.

Как топливо щепу оценивают по ее влажности и теплотворной способности. Они взаимосвязаны, например, если свежесрубленная древесина имеет влажность порядка 80 – 120% (абс.), то ее относят к высоковлажным видам топлива, а ее теплотворная способность составляет 1860 – 2870 ккал/кг. Снижение влажности древесины до 30% позволит повысить ее теплотворную способность до величин 4000 – 4500 ккал/кг, то есть до показателей некоторых углей: бурый уголь – 3100, каменный уголь – 6450 ккал/кг.

Древесина относится к пористым материалам в составе волокон и капилляров, в составе которых находится влага, причем в волокнах влага связанная и ее количество обычно составляет ~ 30% (абс.) от массы древесины, а в капиллярах влага свободная [4]. Обычно влажность свежесрубленной древесины составляет 80 – 120% (абс.) или 47 – 52% (отн.), т.е. около половины массы составляет жидкость – вода. Так как древесина хорошо впитывает воду и ее влажность может достигать 150 – 170% и тогда ее плотность может превысить 1000 кг/м³ и древесина тонет – возникает топляк при сплаве ее по рекам и озерам [1].

Во многих случаях требуется удаление влаги из древесины: сухие бревна при строительстве, сухие древесные материалы как топливо, сухие доски в деревообработке и т.д.

Известно много способов обезвоживания древесины: термический (естественный или искусственный), механический, комбинированные. Механические способы обезвоживания включают: пневматический, вибрационный, центробежный, электрокинетический, вибрационно–конвективный, конвективно–центробежный (ротационный), центробежно–высокочастотный и т.д. [5], но наиболее простой и менее затратный – это способ центрифугирования в поле центробежных сил. Кроме того, снижение влажности топливной щепы позволит одним щеповозом перевозить больший объем щепы при той же массе. Таким образом, основной задачей повышения эффективности использования щепы как топлива является снижение ее влажности, осуществляемое путем центрифугирования.

Из перечисленных способов снижения влажности древесины наименее затратными является центрифугирование, которое мы применили для щепы, и исследовали процесс удаления свободной влаги из древесной щепы.

Нами была взята щепа, выработанная из лесосечных отходов двух пород: сосна и береза, как представители хвойных и лиственных пород.

Исходя из теории центрифугирования разделяющихся материалов можно отметить важную характеристику – фактор разделения F_r

$$F_r = \frac{\omega_o^2 R_{PT}}{g} \quad (1)$$

где R_{PT} – максимальный внутренний радиус ротора (барабана центрифуги), м;

ω_o – угловая скорость вращения центрифуги, c^{-1} ;

g – ускорение свободного падения $g = 9,85 \text{ м/с}^2$.

Жидкость, находящаяся в капиллярах. древесины (щепы) вытекает из них, под действием центробежной силы:

$$\bar{F} = m\omega_o^2 \bar{r} \quad (2)$$

где m – масса отсека жидкости в капилляре кг;

r – радиус капилляра, м.

Для описания процесса удаления свободной влаги из капилляра используем уравнение динамики тела с переменной массой [3]:

$$F = \frac{d(mv)}{dt} = m \frac{dv}{dt} + v \frac{dm}{dt}, \text{ Н} \quad (3)$$

где: F – сумма сил, действующих на отсек жидкости в капилляре, Н;

m – масса отсека жидкости в капилляре кг;

v – скорость движения жидкости в капилляре вдоль его оси, м/с;

t – время удаления жидкости из капилляра, с.

Масса влаги в капилляре будет:

$$m = \rho_{ж} r^2 \pi \cdot (R - l) \quad (4)$$

где $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, находящейся в капилляре, кг/м^3 ;

R – расстояние от оси вращения центрифуги до капилляра (до торца капилляра), м;

l – расстояние от оси вращения капилляра (от оси вращения центрифуги) до ближайшего к оси центра мениска жидкости в капилляре, м;

r – радиус капилляра, м.

Формула скорости движения жидкости в капилляре имеет вид:

$$v = \frac{d(R-l)}{dt} = -\frac{dl}{dt}, \text{ м/с} \quad (5)$$

Время t , в течение, которого из капилляра будит удаляться жидкость под действием центробежных сил, будет:

$$t = \frac{16\mu}{\rho_{ж} r^2 \omega^2 \cos^2 \alpha} \ln \left(\frac{\sqrt{R^2 - \frac{\rho_{ж} r^2 \omega^2 \cos^2 \alpha}{16\mu} + R}}{2R - l_0} \right) \quad (6)$$

где μ – динамический коэффициент вязкости.

α – угол наклона капилляра $-\frac{\pi}{2}$ до $+\frac{\pi}{2}$,

Рассмотрев единичный капилляр, можно перейти к расчетам по удалению свободной влаги из щепы, находящейся в центрифуге.

Количество жидкости dQ , удаляемой из древесины (щепы) за единицу времени можно подсчитать по уравнению:

$$dQ = \frac{dl}{dt} \omega_{\phi} \quad (7)$$

где ω_{ϕ} – площадь фильтрации с каждого 1 мм^2 , мм^2 .

Величина ω_{ϕ} у цельной древесины различных пород разная. Так у березы $\omega_{\phi} = 0,259 \text{ мм}^2$, а для сосны $\omega_{\phi} = 0,495 \text{ мм}^2$. Эти величины указывают, что у сосны радиус капилляра значительно меньше, чем у березы, а сопротивление жидкости к удалению в 1,5 – 2,5 раза выше.

Для исследования процесса центрифугирования щепы была создана установка – центрифуга рис.1 с фактором разделения $F_r=350G$; $700G$; $1050G$ в которой засыпали щепу с влажностью 120%, 100%, 80% и 60% (абс.) За счет небольшой конусности барабана щепка по мере обезвоживания поднималась вверх и выходила подсушенной из центрифуги:

С помощью подвижного загрузочного устройства 1 можно регулировать количество загружаемой щепы в барабан 2, т.е. величину слоя щепы.

Благодаря некоторой конусности барабана (угол конусности $1 - 2^\circ$) обеспечивается движение слоя щепы (вверх) и выход обезвоженной щепы из барабана в пространство между корпусом центрифуги 5 и отбойником жидкости 6. Сухая щепка выходит из установки через выпуск 4. Удаляемая жидкость из щепы через перфорацию барабана сливается через выпуск 7 в чашку 15 электронных весов 16. С пульта управления 8 ведется включение двигателя 9 и установка режима его работы. Через съемные шкивы 12, 14, вал 13 производят изменения скорости вращения центрифуги для обеспечения факторов разделения $F_r=350G$; $700G$; $1050G$.

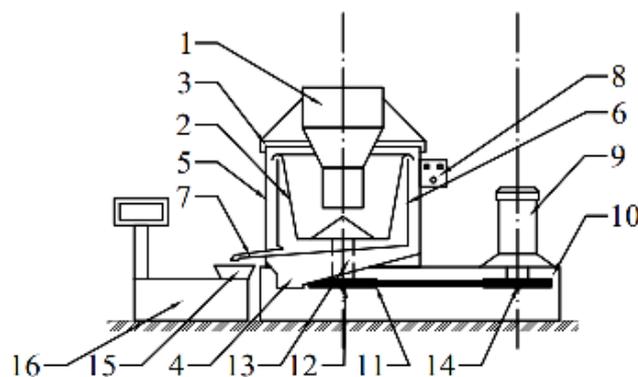


Рис. 1. Экспериментальная центрифуга для обезвоживания щепы

Некоторые результаты исследований приведены на рис.2, рис.3, рис.4, рис. 5.

При проведении экспериментов выявлено, что процесс обезвоживания щепы зависит от породы древесины. Время удаления свободной влаги из березы почти в 1,5 раза меньше, чем у сосны. При увеличении фактора разделения интенсивность удаления свободной влаги из березовой и сосновой щепы увеличивается (рис. 5).

Полученная щепка со сниженной влажностью до 35–40% обладает повышенной теплотворной способностью: для березы 4500 ккал/кг, для сосны 4000 ккал/кг.

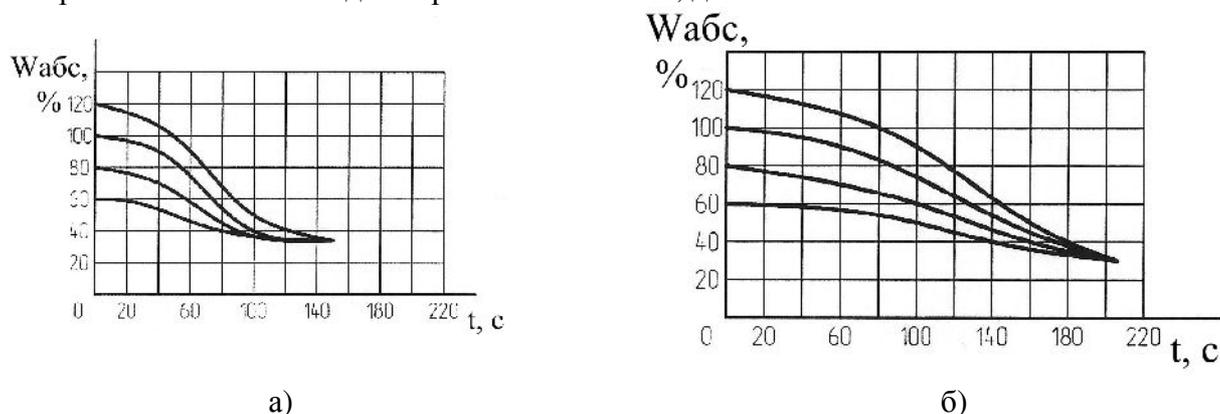


Рис. 2. Интенсивность снижения влажности щепы при факторе разделения $F=1050G$: а) березовая щепка б) сосновая щепка

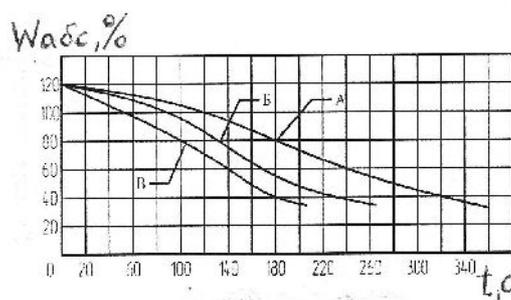


Рис. 3. Интенсивность обезвоживания сосновой щепы при первоначальной влажности 120% при различных факторах разделения F : А) - 350G; Б) – 700G; В) – 1050G.

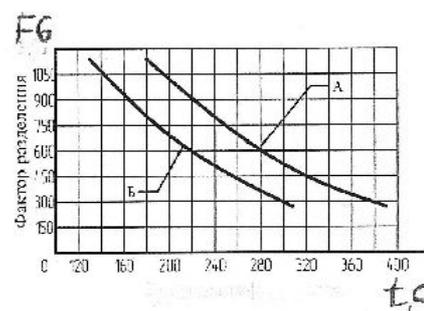


Рис. 4. Продолжительность удаления свободной влаги из щепы влажностью 120% при различных факторах разделения А) - сосна Б) - береза

Опыты по центрифугированию щепы показали, что этот способ позволяет, обезвоживать щепу до влажности 30 – 40% (абс.), что позволяет эффективнее использовать такую щепу в качестве топлива, так как теплотворная способность ее составляет 4000 – 4500 ккал/кг вместо 2000 – 2500 ккал/кг при влажности 80 – 110% [2].

Промышленная центрифуга производительностью ~ 16 пл.м³/час может устанавливаться на мобильной рубительной машине для производства топливной щепы из лесосечных отходов [6]. По расчетам, при первоначальной влажности такой щепы порядка 80 – 110% (абс.) за один час можно удалить порядка 2000 кг жидкости. Перевозка обезвоженной щепы после центрифугирования дает ~ 20% экономии топлива. Перспективным является использование центрифугирования при обработке щепы, имеющей повышенную влажность, щепы после гидротранспорта, опилок при производстве пеллет и брикетов и т.д.

Литература

1. Пятакин В. И. Проблема повышения плавучести круглых лесоматериалов. – М.: «Лесная промышленность», 1976 г. 264 с.

2. Орлов В. В., Бачериков И. В. Снижение влажности щепы из лесосечных отходов // Леса России в XXI веке [Текст]: Материалы девятой международной научно-технической интернет-конференции. Сентябрь 2012 г. / Под. ред. авторов; Министерство образования и науки Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» – Санкт-Петербург, 2012. – с.87–89.
3. Фихтенгольц Г. М. Основы математического анализа, том I. М.:Наука, 1968 г. 440 стр. с илл.
4. Уголев Б. Н. Древодиноведение с основами лесного товароведения: Учебник для лесотехнических вузов. Изд. 3–е, перераб. и доп. – М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.
5. Соколова В.А. Результаты экспериментальных исследований влияния эффекта биполярности обезвоживания на интенсивность и качество сквозной пропитки. - Вестник КрасГАУ, 2010 г., №2 (41) - 178 с., с.133-135.
6. Орлов В.В., Локштанов Б.М., Пейович Д.Д. Новые технологии производства энергетической щепы.- Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы Международной научно-технической конференции / М-во обр. и науки РФ ; Правительство Вологод. обл. ; Департамент лесн. комплекса Вологод. обл. ; Вологод. гос. ун-т. – Вологда : ВоГУ, 2016. с.133-134.

УДК 631.658

Теоретические особенности контактного нанесения жидких химических препаратов на поверхность сеянцев

Д.Н. Ящук, П.В.Бырдин

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: сеянцы хвойных пород, питомник, химическая обработка, повышение эффективности.

Нанесение водных растворов жидких препаратов на поверхность растения в лесных механизированных питомниках осуществляет опрыскиванием или контактным способом. Важнейшим недостатком опрыскивания является частичная, а иногда и полная неуправляемость аэрозольного облака. В результате надежность технологического процесса химической обработки при использовании аэрозольных генераторов оказывается весьма невысокой. Для реализации контактного метода используются устройства с рабочим органом, выполненным в виде шнура, барабана и фитилей [1-7]. Последние являются более эффективными и способствуют объемной обработке сеянцев хвойных пород при всестороннем взаимодействии рабочего органа-фитиля со всей поверхностью растения, которое достигается за счет круговых колебательных движений устройства и равномерного смачивания самого рабочего органа. Автором статьи был разработан рабочий орган-фитиль устройства для обработки сеянцев хвойных пород жидкими препаратами в лесных механизированных питомниках. Проведен его теоретический анализ, в результате которого определена взаимосвязь краевого угла смачивания образовавшейся капли жидкости с геометрическими размерами капилляра, скоростью течения и физическими характеристиками жидкости, при условии нескапываемости образовавшейся капли постоянного объема.

Введение. При постоянном выращивании одного и того же вида посадочного материала на одном месте наступает снижение ростовых процессов сеянцев или саженцев. Основные причины - это односторонний вынос питательных веществ из почвы, а также накопление специфичных вредителей и возбудителей болезней [8]. В некоторых случаях древесные растения настолько поражаются нематодами, что их рост в значительной

степени угнетается и выращивание становится невозможным. По некоторым исследованиям, длительное выращивание сеянцев и особенно саженцев на одном месте без перерыва приводит к чрезмерному накоплению токсических веществ, выделяемых корневой системой или образующихся при разложении корневых остатков после выкопки растений, что в конечном итоге ведет к снижению выхода стандартного посадочного материала с единицы площади. Чтобы не допустить этого, в лесных питомниках проводят комплекс операций по химической обработке, уходу за почвой, и защите посадочного материала с применением, в том числе, жидких химических препаратов.

Постановка и решение задачи. Для обеспечения равномерности распределения жидких препаратов по поверхности рабочего органа и повышения уровня механизации технологических процессов в лесных питомниках при уходах за лесными культурами была разработана новая конструкция рабочего органа-фитиля (рис. 1) устройства для обработки сеянцев хвойных пород жидкими препаратами [9, 10].

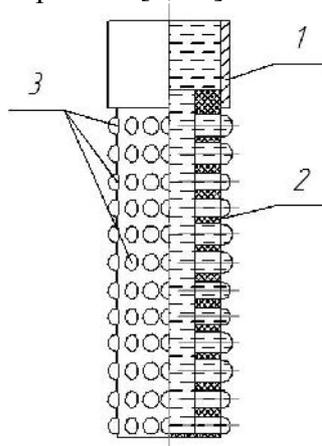


Рис. 1. Конструкция рабочего органа-фитиля устройства для обработки сеянцев жидкими препаратами:

1 – крепление фитиля; 2 – фитиль; 3 – образовавшиеся капли химического препарата на поверхности фитиля

Методика. Максимальный размер капли, которая может висеть на вертикальной поверхности и не сползть вниз, наступает тогда, когда равновесные углы стекания и натекания капли одинаковы по значению [11, 12]. Это условие нескапываемости капли можно описать следующим выражением:

$$D_{ок}^2 = \frac{2\sigma}{\rho g}$$

или

$$D_{ок} = \sqrt{\frac{2\sigma}{\rho g}} \quad (1)$$

где $D_{ок}$ – диаметр основания капли;

σ – поверхностное натяжение жидкости;

ρ – плотность жидкости;

g – ускорение свободного падения.

Очевидно, что в таком случае, капля на поверхности будет иметь шарообразную форму. Объем шара определяется как:

$$V_{ш} = \frac{3}{4}\pi r^3 = \frac{1}{6}\pi D_{ш}^3$$

где r – радиус шара, м;

$D_{ш}$ – диаметр шара, м.

Тогда объем капли V_k определится как половина объема шара и будет равен:

$$V_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{6} \pi D_{0.k.}^3 = \frac{1}{12} \pi D_{0.k.}^3.$$

Выразим $D_{0.k.}$ и получим

$$D_{0.k.} = \sqrt[3]{\frac{12V_k}{\pi}} \quad (2)$$

Приравняем (1) к (2),

$$\sqrt{\frac{2\sigma}{\rho g}} = \sqrt[3]{\frac{12V_k}{\pi}}$$

и проведя математические преобразования, выразим σ и получим:

$$\sigma = \rho g \sqrt[3]{\frac{18V_k^2}{\pi^2}} \quad (3)$$

Учитывая то, что жидкость в предлагаемом фитиле будет вытекать из отверстий малого диаметра, тогда процесс истечения жидкости будет описываться теорией капиллярной смачиваемости. Согласно которой, при движении жидкости по капилляру (рис. 2), её объемная скорость течения v_k при установившемся режиме, имеет вид:

$$v_k = \frac{\pi r_k^4 P_k}{8\eta l_k} \quad (4)$$

где r_k - радиус капилляра;

P_k – давление в капилляре;

η – вязкость жидкости;

l_k – длина капилляра.

Движение жидкости по капиллярам осуществляется в результате действия капиллярного давления P_k , которое определяется углом смачивания θ жидкостью стенки капилляра, поверхностным натяжением жидкости σ и радиусом капилляра r_k . Связь между всеми этими величинами описывается уравнением Лапласа:

$$P_k = \frac{2\sigma \cos\theta}{r_k} \quad (5)$$

где θ – краевой угол смачивания жидкостью стенок капилляра.

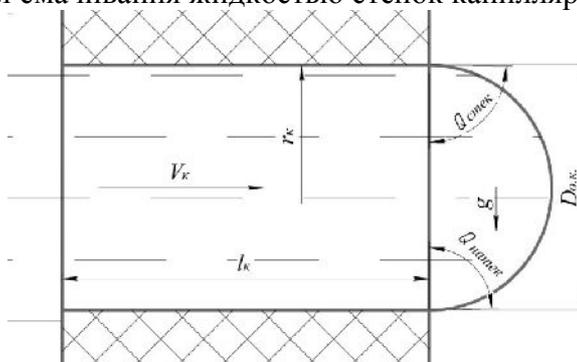


Рис. 2. Схема капиллярного движения жидкости в фитиле:

$D_{0.k.}$ – диаметр основания капли; v_k - объемная скорость течения жидкости в капилляре;
 r_k - радиус капилляра; l_k – длина капилляра; – соответственно, краевой угол стекания и натекания капли на поверхность

Подставим (5) в (4), получим:

$$v_{\text{к}} = \frac{\pi r_{\text{к}}^3 \sigma \cos\theta}{4\eta l_{\text{к}}} \quad (6)$$

Выразим из (6) σ , получим:

$$\sigma = \frac{4\eta v_{\text{к}} l_{\text{к}}}{\pi r_{\text{к}}^3 \cos\theta} \quad (7)$$

Приравняем (3) к (7)

$$\rho g \sqrt{\frac{18V_{\text{к}}^2}{\pi^2}} = \frac{4\eta v_{\text{к}} l_{\text{к}}}{\pi r_{\text{к}}^3 \cos\theta}$$

и выразим $\cos\theta$

$$\cos\theta = \frac{4\eta v_{\text{к}} l_{\text{к}}}{\pi r_{\text{к}}^3 \rho g \sqrt{\frac{18V_{\text{к}}^2}{\pi^2}}}$$

После математических преобразований будем иметь:

$$\cos\theta = \frac{v_{\text{к}} l_{\text{к}}}{D_{\text{с.к.}}^3} \cdot \frac{\eta}{\rho g} \cdot \frac{32}{\sqrt{18\pi V_{\text{к}}^2}} \quad (8)$$

Выводы. Выражение (8) показывает взаимосвязь краевого угла смачивания образовавшейся капли жидкости с геометрическими размерами капилляра, скоростью течения и физическими характеристиками жидкости, при условии нескапываемости образовавшейся капли постоянного объема.

Литература

1. Патент РФ № 132677, МПК А 01 G 13/00 Устройство для обработки семян жидкими препаратами / П.В. Бырдин, Ключ С.С., Ренькас Я.Г.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Братский государственный университет». - № 2013105877/13; заявл.12.02.2013; опубл. 27.09.2013. бюл. 27.
2. Патент РФ № 132687, МПК А 01 G 13/00 Устройство для обработки семян хвойных пород жидкими препаратами / П.В. Бырдин, Ключ С.С., Ренькас Я.Г., Сыромаха С.М.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Братский государственный университет». - № 2013108520/13; заявл.26.02.2013; опубл. 27.09.2013. бюл. 27.
3. Патент РФ № 2146439, МПК А 01 G 13/00 Устройство для объемной обработки растений / В.А. Морозов, В.Н. Невзоров.; заявитель и патентообладатель «Сибирский технологический университет». - № 98118307/13; заявл. 07.10.1998; опубл. 20.03.2000.
4. Патент РФ № 2050762, МПК А 01 В 49/00 Круговое тяговое устройство для обработки почвы / В.Н. Холопов, В.А. Лабзин, В.Н. Невзоров.; заявитель и патентообладатель «Сибирский технологический университет». - № 93037087/15; заявл. 19.07.1993; опубл. 27.12.1995.
5. Патент РФ № 2251252, МПК А 01 G 13/00, А 01 М 21/04 Устройство для объемной обработки семян / В.Н. Невзоров, П.В. Бырдин; заявитель и патентообладатель «Сибирский государственный технологический университет». - № 2003128812/12; заявл. 25.09.2003; опубл. 10.05.2005. бюл. 13.
6. Патент РФ № 2251266, МПК А 01 М 7/00 Устройство для объемной обработки лесных семян жидкими препаратами / В.Н. Невзоров, П.В. Бырдин; заявитель и патентообладатель «Сибирский государственный технологический университет». - № 2004103439/12; заявл. 05.02.2004; опубл. 10.05.2005. бюл. 13.
7. Патент РФ № 2386240, МПК А 01 G 13/00 Устройство для обработки семян с использованием переохлажденного пара / П.В. Бырдин, В.Н. Невзоров, Сыромаха С.М., Ключ С.С.;

заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Братский государственный университет». - № 2009113405/12; заявл. 09.04.2009; опубл. 20.04.2010. бюл. 11.

8. К вопросу об особенностях обработки семян с повышенной гидрофильностью поверхности / Бырдин П.В. // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 338-340.

9. Невзоров, В.Н., Бырдин, П.В. Исследование устройства для обработки семян с использованием переохлажденного пара / В.Н. Невзоров, П.В. Бырдин // Вестник КрасГАУ. 2015. - №1. – С. 66-70.

10. Бырдин, П.В. Теоретические предпосылки повышения гидрофильности семян хвойных пород при их обработке жидкими химическими препаратами в лесных механизированных питомниках / Вестник КрасГАУ. 2014. - № 12. – С. 113-118.

11. Бырдин, П.В. Теоретико-экспериментальные исследования гидрофильности хвои кедра сибирского / Системы. Методы. Технологии. 2014. - № 2 (22). – С. 179-182.

12. К определению краевого угла смачивания хвои с повышенными гидрофильными свойствами поверхности / Бырдин П.В. // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 335-337.

УДК 630

Лесопромышленный комплекс Сибири: проблемы развития и способы их решения

А.В. Панченко, Е.Л. Есаулова, В.С. Жилкина

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: лесная промышленность, ресурсы, инвестиции, лесное хозяйство, рыночная среда.

В центре внимания исследовательской работы лежит анализ перспектив развития лесопромышленного комплекса Сибири. Также подробное рассмотрение проблем лесного сегмента и их возможные решения. Будут предложены пути оптимизации развития данной отрасли, ввиду его востребованности на мировом рынке.

Россия - крупнейшая лесная держава. Общий объем запасов древесины в нашей стране составляет 82,1 млрд куб. м, что в 4 раза больше, чем в США, в 40 раз больше, чем в Швеции, и в 16 раз больше, чем в Финляндии. Расчетная лесосека в России составляет 550 млн куб. м. В стране сосредоточено около 20% мировых запасов древесины. Однако наличие значительных объемов древесных ресурсов не характеризует лесной комплекс как развитый сектор экономики. Эффективность использования лесных ресурсов в России существенно ниже, чем в других государствах.

Кроме неэффективного использования древесных ресурсов, можно выделить и другие факторы неудовлетворительной работы отраслей лесного комплекса России.

1. Объем лесозаготовок в России, в частности, в Сибири, в расчете на 1 га лесопокрытой площади в 5-6 раз меньше, чем в Канаде, и в 20 раз меньше, чем в Финляндии. Съем древесины составляет 0,3 куб. м/га, тогда как в промышленно развитых странах этот показатель достигает 2-3 куб. м/га.

2. Россия занимает лидирующие позиции по экспорту круглого леса, но по вывозу древесины в расчете на 1 га лесопокрытой площади в 7 раз уступает Канаде и почти в 25 раз - Финляндии. Объем экспорта лесобумажной продукции из нашей страны в несколько раз меньше объема экспорта данной продукции из Финляндии, где эта статья дает значи-

тельную часть национального дохода. Уровень дохода с 1 га эксплуатируемых лесов в России в 10-15 раз ниже, чем в Финляндии или Швеции.

Основа российского экспорта лесопродукции - круглый лес, пиломатериалы, целлюлоза, то есть продукция с высокой добавленной стоимостью[1].

Лесопромышленный комплекс (ЛПК) занимает одно из ведущих мест в экономике региона. Он представлен следующими предприятиями:

- лесозаготовительными предприятиями;
- предприятиями, занятыми обработкой древесины и производством изделий из дерева;
- предприятиями, занятыми производством древесной массы, бумаги, картона и производством фанеры. Большой процент производимых пиломатериалов и целлюлозы отправляется на экспорт.

Лесопромышленный комплекс продолжает играть важную роль в экономике региона и в значительной мере определяет его производственно-экономический потенциал. Вместе с тем, в функционировании ЛПК региона остро обозначились проблемы, сдерживающие его развитие [2]. Негативными особенностями функционирования отраслей регионального ЛПК являются:

- 1) неэффективное использование лесных ресурсов как конкретными арендаторами - гражданами и предприятиями, так и муниципальными образованиями;
- 2) неразвитость транспортной инфраструктуры;
- 3) дефицит сырья на лесоперерабатывающих предприятиях;
- 4) недостаток инвестиций;
- 5) высокий уровень износа основных фондов;
- 6) недостаток мощностей по глубокой переработке древесины;
- 7) незаконные рубки треть леса. Показатель использования холдингами выделенных лесных участков составляет 67%, то есть выделенным арендаторам участков не осваивается.

Одной из главных проблем регионального ЛПК является не достаточное развитие транспортной инфраструктуры и низкий объем строительства дорог. Для развития сети магистральных дорог следует разработать механизм частичного возмещения затрат на строительство за счет средств, поступающих в региональные бюджеты в виде лесных платежей[3].

Наряду с этим, для развития транспортной инфраструктуры лесного комплекса региона могут привлекаться ресурсы федерального инвестиционного фонда. Вместе с тем, важно вести строительство так называемых лесовозных дорог. Не стоит забывать и о том, что высокую экономическую эффективность при доставке лесного сырья показывает использование речного транспорта.

Проблема освоения ресурсов связана, главным образом, с удаленностью и труднодоступностью некоторых лесных массивов, а также отсутствием транспортной инфраструктуры. В настоящее время качество произрастающей в них древесины высокое. Резервирование данных участков на будущее может привести к общему ухудшению качества лесного сырья в регионе. Отчасти решению этой задачи будут содействовать приоритетные инвестиционные проекты в области освоения региональных лесов. Все проекты предусматривают создание транспортной инфраструктуры.

Лесная промышленность и лесное хозяйство - это две взаимосвязанные части одной системы. Поэтому координация действий различных отраслей ЛПК - необходимое условие рационального использования лесных ресурсов.

Активное освоение новых районов, строительство лесовозных дорог и железнодорожных магистралей, использование для транспортировки леса водных путей позволят значительно увеличить объемы лесозаготовок и поставки сырья. Привлечение бизнеса к

строительству лесных дорог, использование программных методов при решении проблем транспортной инфраструктуры отрасли создадут надежную основу долгосрочного развития регионального лесопромышленного комплекса [4].

По мнению экспертов, в ближайшие годы многие природные ресурсы будут близки к исчерпанию, при этом значение лесных ресурсов будет лишь возрастать. Имеющийся у России лесной потенциал используется далеко не в полном объеме, что может крайне негативно сказаться на имидже России как одного из важнейших поставщиков леса на мировой рынок и привести к тому, что наша страна может перейти в разряд покупателей леса и лесопродукции. Уже сейчас создаются новые мировые центры лесопереработки, располагающие огромными лесными массивами, дешевой рабочей силой и имеющие достаточно низкие издержки производства. Указанные факты позволяют этим центрам занять лидирующие позиции на мировом рынке, оттеснив ряд стран (в том числе и Россию).

В данных условиях становится очевидным, что для обеспечения устойчивых и высоких темпов роста производства в лесном комплексе, совершенствования его структуры и повышения эффективности необходимы нововведения. В этой связи одним из главных элементов новой системы управления организациями лесного комплекса становится управление инновациями.

Современный этап реформирования лесного комплекса характеризуется возрастанием роли инноваций как фактора повышения эффективности деятельности ЛПК. Необходимо отметить, что внедрение инноваций следует осуществлять одновременно с решением инфраструктурных проблем лесной отрасли. Поскольку отсутствие должной инфраструктуры в ЛПК Сибири усугубляет проблему незаконных рубок: они происходят там, где есть возможность подвести тяжелую технику, - зачастую на участках, отведенных для местного населения.

Кроме того, вырубка лесонасаждений вдоль дорог делает транспортные магистрали более зависимыми от погодных факторов. Наконец, пока идет рубка в недозволенных местах, теряет свои качества - переставая и не дает развиваться молодым деревьям - лес, отведенный для санитарной либо промышленной рубки [4]. Таким образом, для решения проблем в отрасли необходимо:

- активнее вести поиск альтернативных возможностей получения древесины (использование ресурсов промежуточного пользования, рубок ухода за лесом);
- быстрее решать вопросы перевода земель бывших сельхозугодий в земли лесного фонда и земли промышленности;
- повысить уровень работ по лесовыращиванию и лесовосстановлению;
- увеличить эффективность мероприятий, связанных с лесным контролем и надзором.

Ключевая задача заключается в развитии производств по глубокой переработке древесины и увеличении выпуска продукции с высокой добавленной стоимостью. Реализация организационно-экономических механизмов внедрения и управления инновациями вместе с решением инфраструктурных проблем лесного комплекса региона на основе изучения зарубежного опыта, анализа теоретических основ управления инновациями и особенностей технологий инновационного маркетинга и управления на предприятиях ЛПК является важной научной проблемой. Это обуславливает актуальность разработки методологических положений теории управления инновациями в лесном комплексе с целью формирования новых технологий управления лесными ресурсами в современной рыночной среде.

Литература

1. Прытков А.Т. Лесопромышленный комплекс России на мировом рынке. -М.: Научная книга, 2015.

2. Петрунин В.В. О платежах за лесопользование и иных финансовых отношениях в сфере лесного хозяйства // Финансовый вестник: финансы, налоги, страхование, бухгалтерский учет. - 2008. - № 9.

3. Починков С.В. Рыночная модель лесопользования: экономические аспекты // Лесное хозяйство. - 2009. - №1. - С. 18-24.

4. Секерин В.Д. Формирование инновационного маркетинга в системе Росатома. - Пенза: ПГТА, 2010. – С. 104.

УДК 630

Оценка влияния внешних условий на лесозаготовительный процесс

А.В. Панченко, Е.Л. Есаулова, В.С. Жилкина

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: лесозаготовительные машины, внешние условия, почва, производительность, трансмиссия, динамические процессы.

Опыт лесозаготовительного производства показывает, что в ближайшей перспективе будет увеличиваться объем работ в древостоях на переувлажненных с низкой несущей способностью грунтах в сложных рельефных условиях; острее станут проблемы повышения проходимости, топливной экономичности и производительности лесосечных машин, созданных на базе энергонасыщенных лесопромышленных тракторов; возрастут экологические и социальные требования к лесозаготовительному производству. Решение перечисленных проблем во многом определит дальнейшее развитие отрасли.

В данной статье рассмотрены типы внешних факторов, которые оказывают непосредственное влияние на лесозаготовительный процесс, а так же рассмотрены виды лесосечных машин, и сделаны выводы, применение которых на практике увеличат эффективность комплекса лесосечных машин и, следовательно, лесозаготовительного процесса в целом.

Повышение эффективности комплекса лесосечных машин в настоящее время ограничивается низкой производительностью лесопромышленных тракторов. Существуют два основных пути решения проблемы повышения производительности машин: увеличение рейсовой нагрузки на машину и повышение рабочих и транспортных скоростей ее движения.

Увеличение рейсовой нагрузки на машину приведет к увеличению массы конструкции и соответственно к переуплотнению грунта, что губительно влияет на процесс естественного лесовозобновления, а также оказывает негативное воздействие на процесс колеобразования и приводит к повышению энергопотерь на самопередвижение техники. Можно, конечно, пойти по пути дальнейшего решения данного вопроса, например увеличить размеры опорной поверхности машины. Однако, этот путь имеет определенные ограничения в связи с тем, что «уширение» опорной поверхности приводит к значительному росту габаритов машины и массы ходовой системы.

Поэтому наиболее перспективным считается путь увеличения скорости движения.

Особенностью поверхностей движения лесосечных машин является наличие на полотне пути различных неровностей. При движении по неровным дорогам и волокам в системе «лесопромышленный трактор - пачка деревьев» происходят колебательные процессы, вызывающие значительные динамические нагрузки на детали корпуса, трансмиссии,

двигателя и ходовой части, снижение КПД, скорости, увеличение энергопотерь и другие отрицательные последствия.

Поскольку динамические процессы интенсивно растут при увеличении скорости движения и массы машины, они порождают существенное ограничение повышения производительности лесопромышленных тракторов.

Необходимо отметить, что наиболее существенное влияние на конструкцию оказывают колебательные процессы трех видов: вибрации - высокочастотные колебания, вызываемые неуравновешенными силами инерции двигателя, низкочастотные колебания остова, вызываемые движением трактора по неровностям пути, и взаимодействиями его ходовой системы с препятствиями (по данным ученых МГУЛ при трелевке трактор в течении смены преодолевает не менее 100 препятствий высотой 200-400 см) и крутильные колебания в трансмиссии.

Способность трактора поглощать при движении толчки и удары определяет плавность хода. Плавность хода - важное эксплуатационное качество, оказывающее влияние на самочувствие водителя, безопасность движения, производительность и экономичность работы, тяговые и эксплуатационные показатели, а также долговечность машины.

Повышенная вибрация деталей трактора приводит к резкому снижению их срока службы, разбалтыванию соединений, ослаблению крепежа, увеличению шума в кабине и т.д.

Крутильные колебания в трансмиссии могут быть вызваны неравномерностью движущего момента двигателя в установившемся режиме работы машины, либо резким изменением момента в переходных режимах, например при трогании трактора с места. Динамические нагрузки, возникающие в трансмиссии трактора, в ряде случаев приводят к снижению срока службы шестерен, валов, подшипников, а иногда к их поломкам, и поэтому требуют специального рассмотрения и учета при расчете и конструировании тракторов.

В свете вышесказанного важным направлением исследований последних лет является изучение динамических процессов, возникающих в системах и агрегатах гусеничного трактора при движении по неровному пути. Многочисленные работы, например [1, 2, 3, 4, 5], подтверждают неблагоприятное влияние динамических процессов на плавность хода, тяговые свойства машины, надежность и долговечность трактора. Кроме того, отмечено увеличение расхода энергии двигателя при движении по неровному пути [6, 7]. В работе [8] отмечается, что одной из основных причин потерь мощности является рассеивание энергии при вынужденных колебаниях трактора.

Анализ указанных выше работ показал, что повышение технического уровня тракторов в значительной степени зависит от снижения динамических процессов в их системах и агрегатах.

Основной особенностью движения машины, которую необходимо учитывать при оценке с вероятностных позиций, является то, что внешние условия, определяющие воздействие на машину как динамическую систему, изменяются по мере ее движения по заданному пути. Вероятностные характеристики внешнего возмущения в практике можно получить лишь в результате статистической обработки результатов экспериментальных исследований отдельных реализаций внешних возмущений по пути предполагаемого движения машины. В связи с этим вероятностные характеристики отражают изменение вероятностной меры по пути движения машины.

Также необходимо отметить, что уже несколько десятилетий ученые, производственники, конструкторы и технологи лесной промышленности дискутируют о том, каким движителем целесообразно оснащать лесопромышленный трактор. При этом участники дискуссии ссылаются на производственную необходимость, зарубежный опыт, выделяют некоторые достоинства движителя, какие-либо конструктивные решения.

Важно отметить, что с 60-х годов основные научные, конструкторские и производственные ресурсы были направлены на совершенствование колесного движителя. В связи с этим прогресс в данной области закономерен. Если сравнивать металлическое колесо с грунтозацепами (шпорами) тракторов СТЗ - ХТЗ и «Универсал», применявшихся до конца 50-х годов в сельском хозяйстве, да и в лесной промышленности, с шиной колеса К-701 (К-703), то можно отметить, что технический прогресс за три десятилетия оказал революционное влияние на развитие конструкции и технический уровень колесного тракторного движителя.

Гусеница трактора 30-х годов и гусеница трелевочного, а также сельскохозяйственного трактора 80-х годов практически не отличаются по конструкции и техническому уровню; это один и тот же узел, собранный из тяжелых, шарнирно сочлененных между собой стальных звеньев. Такая гусеница имеет большую массу, рассеивает много энергии, интенсивно изнашивается. В течение 50 лет технический прогресс не коснулся гусеницы трелевочных тракторов, находящихся в серийном производстве.

Снижению эффективности работы гусеничного движителя трелевочных тракторов класса тяги до 50 кН способствуют несовершенные ступенчатые механизмы поворота с фрикционными элементами управления, работающими всухую и обладающие плохой управляемостью.

Между тем гусеничный движитель обладает рядом существенных преимуществ перед колесным. По данным Г.М. Анисимова [9] у колесного движителя в контакте с грунтом находится около 10 % (шины сверхнизкого давления до 16 %) периметра колеса. Следовательно, сцепные свойства гусеничного движителя в несколько раз выше, а потери мощности от буксования в 3-4 раза меньше, чем у колесного. Создана гусеница с разнесенными звеньями, масса которой меньше, а сцепные свойства в 3-4 раза лучше, чем у обычной. Исследованиями сельскохозяйственных тракторов установлено, что у колесного трактора на вспашке погектарный расход топлива на 30-40 % больше, чем у гусеничного. В шарнирах и на перематывание гусеницы образца 30-х годов теряется до 10 % энергии, а при качении шины по бетонной дороге на ее деформации затрачивается только 1-2 % энергии. При движении машины по сильно деформированному грунту потери в обоих типах движителей практически одинаковы.

Решение проблемы проходимости колесных машин увеличением числа ведущих осей привело к значительному усложнению трансмиссии, снижению ее коэффициента полезного действия и циркуляции паразитной мощности, с которой до сих пор не найдены меры борьбы. Несмотря на это, проходимость колесных машин не достигла проходимости гусеничных, а собственная масса некоторых колесных машин в 2-3 раза превосходит полезную нагрузку. Гусеничный трелевочный трактор обладает лучшей динамической устойчивостью.

При системном подходе к оценке перспективности движителя также необходимо учитывать экологическую совместимость его с почвой. Этой проблемой занимаются ученые Европы, США, Канады и др. Широкие исследования оценки экологических последствий машинной заготовки леса проводятся лесохозяйственными, лесопромышленными, академическими и учебными институтами нашей страны.

Всесторонние, обширные исследования взаимодействия движителей тракторов и почв показали, что наибольший отрицательный эффект заключается в чрезмерном уплотнении почвы. Плотность почвы является существенной характеристикой, от которой зависит комплекс ее физических свойств, водный, воздушный и тепловой режимы, а следовательно, и биологическая активность. Степень уплотнения определяет пористость, содержание влаги, размеры почвенных частиц и пор между ними, размеры микро - и макроагрегатов, количество живых организмов и микроорганизмов. Сельскохозяйственная практика показывает, что можно создать высокий уровень плодородия с помощью удобрений, добиться удовлетворительной водообеспеченности поля, но при чрезмерно высокой плотно-

сти почвы не получить хороший урожай. В системе обработки сельхозугодий проводится постоянное регулирование плотности почвы. Иное обстоятельство в лесной экосистеме, где воздействие машин на почвы происходит один раз в 20-80 лет и дальнейшее восстановление их свойств происходит естественным длительным путем [10].

Плотность почвы в следах движителя зависит от давления движителя и числа проходов машин. Даже после одного прохода энергонасыщенного трактора К-701 (давление движителя у которого значительно меньше, чем у К-703) плотность пахотного слоя в следе по подзолистой почве увеличивается на 21-33 %.

Исследователи сельскохозяйственных тракторов установили для различных почв и их свойств (спелости, влажности) допустимые с экологической точки зрения значения показателя воздействия максимального q_M и среднего q_c давления движителя на почву. Однако движение колесных энергонасыщенных тракторов, таких как К-700, сопровождается сильным переуплотнением почвы. Например, при 3-кратном проходе этого трактора по одному следу значение показателя воздействия в 3-4 раза больше допустимого.

В шинах перспективных колесных движителей лесопромышленных тракторов можно ожидать снижения давления воздуха только до 0,15 МПа. Снижение давления воздуха сопровождается уменьшением долговечности шины, увеличением рассеивания энергии за счет внутримолекулярного трения при ее деформации, уменьшением скорости движения трактора. Следовательно, можно ожидать, что давление колесного движителя лесопромышленного трактора будет значительно выше допустимого по экологической совместимости системы движитель - почва. Кроме того, с увеличением максимального давления движителя на опорную поверхность ухудшается проходимость лесных машин по глубокому снежному покрову и почвам с малой несущей способностью [8].

В 60-х годах в нашей стране и за рубежом было создано несколько вариантов пневмогусениц, ленточных гусениц, пневмотраков из различных синтетических материалов, позволяющих оснастить машину движителем с очень низким средним давлением. Например, трелевочный трактор «Фор-мост-195», выпускавшийся в начале 70-х годов, общей массой с грузом около 20 т, на гусеницах из резинонеилоновой ленты, армированной стальным канатом, имел давление 0,04 Мпа. Легкая эластичная гусеница позволила создать трелевочный трактор, обладающий высокой энергонасыщенностью (11 кВт/т) и скоростью движения до 23,5 км/ч. Финская фирма «Nogmet» экспонировала на выставке «Лесдревмаш-84» сортиментовоз «Farmi-Trak» на ленточных гусеницах с рекордно малым давлением движителя на почву. Особо следует отметить уменьшение отрицательного влияния на почвенный покров и подрост гусеничного движителя с малым удельным давлением в сочетании с трансмиссией, обеспечивающей плавный бесступенчатый поворот машины. Трелевочная система на базе такого гусеничного трактора будет обладать высокой экологической эффективностью и проходимостью, иметь низкий удельный технологический расход топлива, т.е. обеспечит рост производительности при снижении энергозатрат на трелевку.

Все вышеперечисленное обуславливает актуальность поиска новых технических решений и научное обоснование их именно для гусеничного типа движителя.

Литература

1. Анисимов, Г.М. Исследование нагруженности трансмиссии трактора ТДТ-55 при работе на лесозаготовках: дисс. ... канд. техн. наук / Г.М. Анисимов. - Л., 2016.
2. Анисимов, Г.М. Научные основы применения трелевочных тракторов в перспективных технологических процессах: дисс. ... д-ра техн. наук / Г.М. Анисимов. - Л., 2008.
3. Анисимов, Г.М. Условия эксплуатации и нагруженности трансмиссии трелевочного трактора / Г.М. Анисимов. - М.: Лесная пром-сть, 2007 -166 с.
4. Кутин, Л.Н. Исследование и выбор параметров подрессоривания гусеничного сельскохозяйственного трактора: дисс. ... канд. техн. наук / Л.Н. Кутин. - М., 2015.

5. Силаев, А.А. Спектральная теория подрессоривания транспортных машин / А.А. Силаев. - М.: Машиностроение, 2015- 192 с.
6. Кожуханцев, А.Н. Исследование влияния низкочастотных колебаний в тракторе тягового класса 3-4 на его тягово-динамические показатели: дисс. ... канд. техн. наук / А.Н. Кожуханцев. - М., 2010.
7. Халфман, Р.Л. Динамика.: пер. с англ / Р.Л. Халф-ман. - М.: Наука, 1999. - 568 с.
8. Беккер, М.Г. Введение в теорию систем местность - машина.: пер. с англ. / М.Г. Беккер. - М.: Машиностроение, 1973. - 520 с.
9. Анисимов, Г.М. Эксплуатационная эффективность трелевочных тракторов / Г.М. Анисимов. - М.: Лесная пром-сть, 2015. - 208 с.
10. Котиков, В.М. Воздействие лесозаготовительных машин на лесные почвы: дисс. ... д-ра техн. наук / В.М. Котиков. - М., 2005.

УДК 631.658

Определение состояния двигателя в целом по его мощности

В.В.Стасевич, М.Д.Чупин

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: лесосека, трактор, двигатель, мощность, датчик.

В данной статье рассматривается экспериментальное исследование по определению неисправности или неправильной регулировки двигателя в условиях лесосеки. В ходе эксперимента проведены исследования по созданию универсального оборудования для определения мощности двигателя в условиях лесосеки. На основе полученных данных при помощи датчика с фотоэлементом, построены скоростные графики интенсивности набора оборотов. По данной методике можно искать конкретную причину снижения мощности, исключая предыдущие, таким образом можно определить какой узел двигателя требует регулировки или ремонта.

Ремонт отечественной техники работающей в лесу на сегодняшний день производится на лесосеке, так как вывозить ее и проводить ремонт затратно для предприятия. Но в полевых условиях ремонт не всегда выполняется качественно, так как иногда нет специального оборудования или специалистов. Особенно это касается двигателей тракторов. Детали цилиндро-поршневой группы в отличие от остальных деталей двигателя (за исключением клапанов газораспределения) работают в наиболее тяжелых условиях, так как они непосредственно соприкасаются с горячими газами, образующимися при сгорании топлива.

Основной показатель, для двигателя лесозаготовительной машины - мощность.

Неисправности или неправильные регулировки двигателя, приводят к снижению мощности. Все это ведет к ухудшению тяговых характеристик трактора, к большому расходу топлива, повышенной концентрации вредных выбросов в атмосферу и как в следствии к большим затратам предприятия.

Самым точным способом для измерения мощности, являются тормозные стенды, но они не работают в условиях лесосеки, так как нужно снимать двигатель с трактора, требуется помещение для проведения испытания, постоянное напряжение тока.

Для определения мощности ДВС тормозным методом устанавливают ведущие колеса машины на стенд с беговыми барабанами, связанными с тормозной установкой или без снятия с машины подключают тормоз к валу отбора мощности.

Тормозной метод имеет следующие преимущества: высокую точность, стабильность и длительность режимов работы двигателя, возможность непосредственного измерения и определения показателей эффективности и экономичности в широком диапазоне нагрузок и частоты вращения.

Недостатками метода является сложность и громоздкость оборудования, высокая металлоемкость, применимость только в стационарных условиях.

Одним из реальных способов определения мощности в полевых условиях, являются приборы, принцип работы которых основан на динамическом безтормозном методе. Такими приборами можно измерять мощность, но не на всех двигателях, поэтому применение их ограничено. Данные приборы сложны в своей конструкции, громоздки и дорогостоящие.

В этой связи проведение исследований по созданию универсального оборудования для определения мощности двигателя, в полевых условиях разработка энерго- и ресурсосберегающей технологии определения мощности является актуальной задачей для лесной науки.

Успешное решение данной задачи, позволит проводить диагностику двигателей на лесосеке, снизит трудоемкость процесса, сэкономит электроэнергию, сократит необходимость в большом количестве рабочих и уменьшит экономические затраты предприятия.

Для измерения интенсивности частоты набора оборотов в полевых условиях нужен компьютер (ноутбук) с программой обрабатывающей входящие данные, соединительный провод (между датчиком и компьютером) с встроенным резистором, датчик с фотоэлементом, крепление для датчика на двигатель.

Измерение осуществляется датчиком с фотоэлементом, который подает сигнал через каждый оборот коленчатого вала двигателя на звуковую карту компьютера. Датчик измеряет вне зависимости от частоты вращения детали на которой прикреплена отражающая наклейка.

Скоростные графики и все измерения будут храниться в памяти компьютера, чтоб при необходимости данные можно было посмотреть еще раз.

Звуковая карта компьютера, должна иметь частоту дискретизации не менее 48 000 Гц, при меньшем значении, карта может не уловить сигнал от датчика.

Набор интенсивности частоты будет следующий: при каждом обороте шкива вентилятора, сигнал будет фиксироваться в компьютере, чем мощность двигателя выше, тем чаще будет подаваться сигнал после очередного оборота шкива. Фиксация оборотов выглядит следующим образом, рисунок (1):

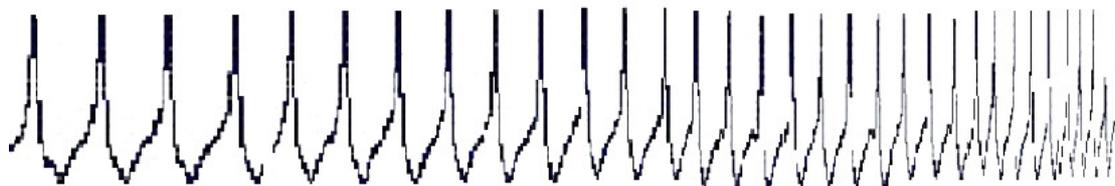


Рис. 1. Интенсивность набора оборотов

ИК сенсор (оптопара) представляет собой миниатюрный компонент с ИК светодиодом и фотодиодом в одном корпусе, посылает ИК излучение на вращающийся механизм (вал, ротор двигателя), на котором должна быть небольшая отражающая наклейка

Благодаря этой наклейке, каждый оборот вала вызывает появление отраженного импульса ИК излучения.

Общий вид прибора в сборе изображен на рисунке (2):

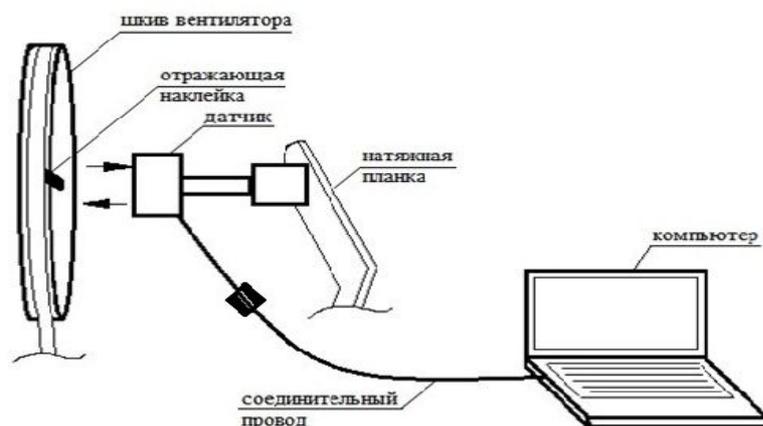


Рис.2. Общий вид прибора для определения мощности двигателя в полевых условиях

Для настройки оборудования под конкретный двигатель нужно ввести дополнительные данные – указать марку ДВС.

Регулятор числа оборотов должен быть отрегулирован. Измерение ведется от минимально устойчивых, до максимально возможных оборотов. Следует записать результаты и вывести на экран график измерений. Если по результатам эксперимента, на графике видно падение мощности, нужно определить причину этого и устранить её. После устранения причины необходимо провести все испытания еще раз в той же последовательности и так до тех пор, пока не будет выявлена и устранена причина снижения мощности.

Если мощностная характеристика практически не отличается от характеристики завода, значит, двигатель исправен.

По данной методике можно искать конкретную причину снижения мощности, исключая предыдущие, таким образом можно определить какой узел двигателя требует регулировки или ремонта.

Вывод. Проанализировав вышеописанное можно сделать вывод, что методика проста, не требует громоздких и высокотехнологичных приборов, не требует больших усилий и больших финансовых вложений для того чтоб измерить мощность двигателя, ей можно пользоваться как на предприятии так и на лесосеке, чтоб не вывозить трактор к месту ремонта. Методика может существенно снизить затраты на предприятиях, так как экономит электроэнергию, не нужны большие помещения для определения мощности, нет необходимости в большом количестве рабочих.

Литература

1. Пат. 2266527 Российская Федерация, МПК 7 G 01 L 3/24, G 01 M 15/00. Способ определения мощности двигателя внутреннего сгорания.
2. Анисимов Г. М. Основы научных исследований лесных машин / Г. М. Анисимов, А. М. Кочнев – М.: Лан, 2010.-528с.

УДК 631.658

Анализ устройства для срезания затопленной древесины на корню

Д.В. Смирнов, В.В. Стасевич

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: водохранилище, лесосека, валка, топляк, древесина.

В данной статье рассматривается экспериментальное исследование по определению причин накопления и добычи затонувшей древесины в ложе водохранилища. В ходе исследований определен процесс очистки водохранилищ от затопленных стоящих деревьев. На основе анализа существующих устройств для добычи затопленной древесины, можно заметить, что применяемые в настоящее время устройства энерго- и металлоемкие и неэффективные. Для повышения эффективности процесса добычи затопленного на корню дерева предлагается устройство для добычи затопленной на корню древесины, основанное на срезании дерева ножами.

Появление деревьев в водохранилищах связано с оставлением в ложах водохранилищ заготовленного леса, затоплением на корню при формировании водохранилищ. Экологические требования обязывают поддерживать качество водоемов в надлежащем санитарном состоянии и систематически проводить их очистку от древесины.

Затопленную древесину необходимо добывать из ложа водохранилища, решая тем самым множество проблем: экологических, экономических и других.

Сохранение всех полезных свойств лесов, при эффективном лесопользовании, в том числе и затопленной древесины, является одним из магистральных направлений научно-технического прогресса в лесозаготовительном производстве. Развитие отраслевой науки и практические действия предприятий всех основных и обслуживающих подотраслей должны быть направлены на создание «эффективной системы использования природных ресурсов».

В Иркутской области, и других регионах Сибири, наблюдается серьезный дефицит древесины, доступной для освоения, что сдерживает развитие лесопромышленного комплекса в данных субъектах РФ, а это, в свою очередь, негативно сказывается на экономических результатах их деятельности, социальной обстановке и пр. Вместе с тем, на настоящее время отсутствуют научно обоснованные методы прогнозирования изменения запасов затопленной древесины. Также не существует обоснованных методик по выбору систем машин и технологических процессов для освоения и переработки древесины затопленной древесины в ложа водохранилищ.

Основными причинами накопления затонувшей древесины являлись необоснованное увеличение объемов молевого сплава леса в ряде бассейнов, несоблюдение технологических процессов подготовки древесины к молевому сплаву и его проведению. Кроме того, при строительстве гидроэлектростанций грубо нарушались технологические процессы по подготовке ложа водохранилищ и лесосводке, что впоследствии обернулось появлением значительных объемов затопленного леса. В настоящее время в водоемах России по этим причинам находится более 30 млн. кубм затопленной древесины, запасы которой могут в течение длительного периода служить источником сырья для лесопромышленного производства. При этом следует отметить возрастание доли деловой древесины среди залегаемого топлива по мере продвижения его на восток страны: от 40-53% в Европейской части РФ и до 70-77% на Дальнем Востоке. Объясняется это возрастанием удельного веса хвойных пород.

Затопленная древесина, долго пролежавшая под водой, теряет или изменяет окраску. При нахождении в воде более 7-10 лет древесина ели приобретает голубой или сероватый цвет. Пихта при длительном нахождении в воде изменяет окраску только в заболонной части ствола, ядро остается естественного цвета.

Затопленная древесина березы часто приобретает красивую окраску, которой невозможно достигнуть окрашиванием или протравливанием. Древесина березы желтой становится нежно-розового цвета. Из затопленной на корню древесины можно получить несколько видов высококачественной продукции, такой как пиломатериал, древесный уголь, а также модифицированную древесину.

Затопленная древесина хвойных пород имеет широкий спектр использования.

Для реализации затопленной древесины необходимо знать качественные характеристики и фракционный состав затопленной древесины. Древесина находящаяся длительное время в воде изменяет свои качественные показатели, знать которые необходимо для вовлечение их в производство. Особенно сложным является процесс очистки водохранилищ от затопленных стоящих деревьев.

Анализ существующих устройств для добычи затопленной древесины показал, что применяемые в настоящее время устройства энерго- и металлоемкие и неэффективные.

Для повышения эффективности процесса добычи затопленного на корню дерева предлагается устройство для добычи затопленной на корню древесины, основанное на срезании дерева ножами.

Технический результат достигается тем, что устройство для очистки водоёмов от древостоев состоит из плавучего основания, рубки управления и гидравлического манипулятора оснащённого захватным и срезающим устройствами, при этом срезающее устройство выполнено ножевого типа.

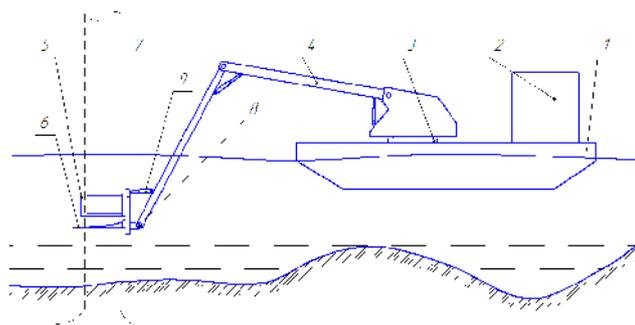


Рис 1. Устройство для очистки водоёмов от древостоя

Устройство для очистки водоёмов от древостоя содержит плавучие основание 1, на котором размещены рубка управления 2 и поворотная платформа 3 с гидравлическим манипулятором 4, оснащённым захватным устройством 5 клещевого типа и срезающим устройством 6 ножевого типа, установленными на стойки 7 соединённой со стрелой манипулятора 4 через цилиндрический шарнир 8 и гидроцилиндр 9.

Устройство для очистки водоёмов от древостоя работает следующим образом.

Плавучие основание 1 подводится в зону очистки водоёма от древостоя. Гидравлический манипулятор 4 наводится на дерево гидроцилиндром 9, захватным устройством 5 зажимает его и срезает дерево срезающим устройством 6.

В дальнейшем срезанное дерево гидравлическим манипулятором 4 укладывается, например, в рядом стоящую баржу. Цикл повторяется.

Эффективность достигается тем, что срезание затопленной древесины на корню происходит с помощью двух ножей. Применение двух пластинчатых ножей, движущихся встречно позволяет в значительной мере уменьшить глубину трещин и предотвратить отщепы. В данном случае требуется опорные и фиксирующие приспособления для перерезаемого лесоматериала. Два движущихся встречно ножа позволяют в два раза уменьшить площадь контакта ножей F с перерезаемым лесоматериалом. За счет этого общее усилие резания снижается на 10-15%. Силы резания в системе нож-дерево-нож замкнуты. Такой режущий орган нашел широкое применение захватно-срезающих устройствах лесосечных машин. Недостатком подобного режущего органа является наличие недореза в средней части перерезаемого лесоматериала, что снижает качество поверхности среза и ухудшает товарный вид получаемых лесоматериалов.

Вывод. Предлагаемое устройство для очистки водоёмов от древостоя при расчетах физических величин показало, что сила резания древесины зависит от трех основных показателей: прочности древесины, угла заострения и угла между боковой гранью поверхности древесины и ножа.

Литература

1. Полезная модель №2010118277/11. Устройство для очистки водоемов от древостоя, 2010.
2. Полезная модель № 2010118276/11. Универсальный плавучий агрегат для сбора древесины, 2010.

УДК 631.658

Технологическая эффективность при эксплуатации бензиномоторных пил

Д.В. Смирнов, М.Д. Чупин

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: лесосека, валка, обрезка сучьев, бензиномоторные пилы.

В данной статье рассматривается экспериментальное исследование первичной обработки деревьев переносными моторными инструментами. В ходе эксперимента на экспериментальном стенде происходит штатная распиловка бревен, а для контрольных замеров распиливаются брусья. Для получения большей производительности чистого пиления за счет увеличения скорости резания при работе с высотой пропила больше 0,2 м требуются приводные двигатели мощностью более 3,0 кВт, обеспечивающие возможность работы с достаточным усилием подачи. Анализируя технологическую эффективность различных пильных цепей, можно сделать вывод, что с увеличением скорости резания интенсивность прироста потребной мощности и производительности чистого пиления возрастает.

На лесосечных работах первичная обработка деревьев (валка, обрезка сучьев, раскряжевка) может выполняться машинами или переносными моторными инструментами. В качестве режущего устройства на них обычно применяются пильные цепи, обеспечивающие высокую производительность пиления и надежность работы, как в летний, так и зимний периоды, а также бездефектное резание древесины; простоту в эксплуатации; возможность технического обслуживания и ремонта в полевых условиях.

Бензиномоторные пилы относятся к группе ручных механизированных инструментов, у которых главное рабочее движение осуществляется за счет работы двигателя, а вспомогательные движения и управление выполняются путем воздействия рабочего на инструмент вручную.

До последнего времени крупнейшим отечественным производителем бензиномоторных пил являлся Пермский ФГУП «Машиностроительный завод им. Ф.Э. Дзержинского» выпускающий наиболее известные отечественные марки специализированных (Дружба, Урал) и универсальных (Тайга, Крона) пил. Однако, известно, что большим спросом у потребителей пользуются пилы известных иностранных производителей, таких как Хускварна, Штиль и др., причем, сборка этих пил производится как за рубежом, так и в РФ, например ЗАО «Химки-Хускварна». Это во многом связано с несовершенством пильных аппаратов отечественных пил (и в особенности пильных цепей), а также слабой маркетинговой кампанией по продвижению на рынок новых модификаций отечественных пил.

В технологическом процессе заготовки сортиментов при эксплуатации бензиномоторных пил выполняются следующие операции: валка деревьев, их очистка от сучьев, раскряжевка хлыстов. Валку деревьев в крупномерных лесонасаждениях целесообразно выполнять с помощью специализированных пил с высоким расположением рукояток, при

этом на очистке от сучьев и раскряжевке эффективно применение универсальных безредукторных пил.

Технологическая эффективность при эксплуатации бензиномоторных пил зависит во многом от основного режущего инструмента бензиномоторных пил – пильных цепей, которые как раз ведут к уменьшению потребной величины крутящего момента, за счет использования мелкозвенных цепей с небольшой подачей на зуб.

В идеале следует стремиться к такому конструктивному решению, когда двигатель устанавливается непосредственно на рабочий орган без передаточного механизма. Однако следует учитывать, что при изменении параметров рабочего органа в сторону повышения его быстроходности могут возникнуть условия для снижения его конвертирующей способности. Поэтому для оценки эффективности рассматриваемых конструктивных решений необходимо проведение сопоставительных экспериментальных исследований.

Использование быстроходных двигателей для бензиномоторных пил оправдано с точки зрения снижения общей металлоемкости, и, соответственно, массы, (что чрезвычайно важно с точки зрения ручного моторного инструмента), поскольку масса скоростного двигателя, снижется на большую величину, нежели возрастает при этом масса трансмиссии за счет удлинения кинематической цепи (что необходимо для обеспечения соответствующей величины крутящего момента).

В идеале следует стремиться к такому конструктивному решению, когда двигатель устанавливается непосредственно на рабочий орган без передаточного механизма. Однако следует учитывать, что при изменении параметров рабочего органа в сторону повышения его быстроходности могут возникнуть условия для снижения его конвертирующей способности.

Для проведения сравнительных испытаний пильных цепей необходимо установить одинаковые значения влияющих факторов, относящихся к древесине, к технологии пиления и к пильному механизму.

Технологические факторы – скорость подачи пильного механизма на образец древесины и скорость резания могут быть установлены одинаковыми для различных пильных цепей путем конструктивных возможностей стенда.

Факторы, относящиеся к пильному механизму – монтажное натяжение и интенсивность смазки пильных цепей устанавливается при наладке и регулировке механизма.

Тарировку измерительных каналов нужно проводить обычными методами при одинаковом креплении пильных аппаратов. Перед испытаниями с цепей удалить антикоррозийная смазка, для чего цепи погрузить на 3-4 часа в масляную ванну.

Подготовка пильных цепей заключается в заточке режущих граней, фуговке одноименных зубьев по высоте, смазке и контроле.

Проверка параметров зубьев производится у новых пильных цепей или в процессе испытаний. Проверка величины снижения ограничителя подачи производится через 3-4 заточки. Смазка пильных цепей производится после каждой заточки, путем погружения цепи на 30-40 минут в масляную ванну.

В процессе испытаний на экспериментальном стенде происходит штатная распиловка бревен, а для контрольных замеров распиливаются брусья. За один рабочий ход три пилы, установленные на каретке параллельно друг другу, отпиливают от бревна три сплошных диска. Для обеспечения устойчивого остатка бревна, при совершении последних пропилов, оставляется остаток длиной 0,5 м.

Измеряемыми параметрами в процессе сравнительных испытаний являются: P_p – сила резания, измеряемая на инструменте; P_o – сила отжима пильной шины древесиной, измеряемая на инструменте; N_g – мощность, потребляемая электродвигателем из сети. Сила отжима P_o измеряется в середине высоты пропила и представляет собой результат совместных отжимов, воспринимаемых всеми зубьями в пропиле. Значения P_o и P_p фиксируются на осциллограмме, а мощность N_g записывается самопишущим ваттметром.

Анализируя технологическую эффективность различных пильных цепей, можно сделать вывод, что с увеличением скорости резания интенсивность прироста потребной мощности и производительности чистого пиления возрастает. Увеличение удельной работы пиления при повышении скорости резания свидетельствует о том, что затраты мощности в этом случае возрастают более быстро, чем производительность чистого пиления. Большую часть мощности трения пильной цепи о шину составляет мощность холостого хода пильной цепи. Этот показатель с увеличением скорости движения цепи возрастает сначала незначительно, а затем – ощутимо.

Частота изменения тягового усилия цепи зависит от скорости резания и шага зубьев цепи – чем больше скорость резания и меньше шаг цепи, тем больше частота изменения усилия тягового усилия цепи.

Вместе с тем, при больших скоростях резания перед лезвием зуба возникает эффект, аналогичный гидравлическому удару. Под воздействием удара стенки клеток древесины уплотняются и разрываются. Учитывая весьма малую сжимаемость жидкости, возникает явление, аналогичное увеличению твердости материала перед лезвием.

Кроме этого, при высоких скоростях резания, под воздействием сил трения, лезвие сильно нагревается, что может приводить к мгновенному вскипанию жидкости в клетках, соприкасающихся с лезвием, что также будет способствовать неупорядоченным разрушениям структуры древесины и увеличению сил сопротивления резанию.

Вывод. Для получения большей производительности чистого пиления за счет увеличения скорости резания при работе с высотой пропила больше 0,2 м требуются приводные двигатели мощностью более 3,0 кВт, обеспечивающие возможность работы с достаточным усилием подачи.

Литература

1. Бит Ю. А., Залесов С. В., Лобанов А. Н., Мехренцев А. В. Использование бензопил при сортиментной заготовке древесины: учебное пособие; АНО "Международный учебный центр по обучению операторов лесозаготовительных машин". - СПб.: ЛТА, 2003. - 49 с.

УДК 631.658

Анализ технологических процессов освоения древесины в зоне водохранилищ

А.Ю.Ожерельев, Д.В.Красносчек

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: древесная масса, плавсредства, манипулятор, водохранилище.

В данной статье рассматриваются исследования технологии и сборки обсохшей древесины с береговой отмели, в сброске ее на воду, транспортировке и дальнейшей переработке. В ходе исследований изучены агрегаты для сбора аварийной древесины, предназначенные для очистки берегов от остатков пня, аварийного леса и подъема топляка. При проведении анализа существующих технологий и оборудования для очистки водохранилищ выявлено, что на данный момент нет эффективных и не требующих больших капитальных вложений технологий, позволяющих производить очистку береговой зоны водохранилищ от обсохшей древесины.

Действующие гидроэлектростанции Ангарского каскада - Иркутская, Братская и Усть-Илимская - проектировались и сооружались в 50-70-е г.г., когда просторы Сибири

казались бескрайними, богатства - неисчерпаемыми, а природные ресурсы общедоступными и бесплатными. Мощные Ангарские ГЭС строились с размахом, основательно и «на века», но без достаточного учета местных интересов, без оглядки на негативные последствия и наносимый ущерб природе, хозяйству и населению региона.

Каскад Ангарских водохранилищ оказывает существенное влияние природную среду. В целом это водоемы энергетического значения, являющиеся водохранилищами, сформированными по долинам рек, линейно-вытянутых сложных конфигураций с чередованием сужений и озеровидных расширений. Созданные водоемы оказали существенное влияние на геоэкологическую среду и серьезно осложнили геоэкологическую обстановку.

Основные показатели, которые являются определяющими в формировании берегов, это прежде всего:

- геолого-геоморфологические условия;
- волновые условия;
- ровный режим водохранилища.

Наряду с этими факторами, большое значение имеет морфология береговой линии. Влияние ее на развитие отдельных процессов оказывается таким же важным, как и вышеперечисленных.

И еще одна проблема, имеющая прямой выход на охрану геологической среды в зонах влияния водохранилищ, - это проблема защиты лесов. Казалось бы, внешне она не имеет прямого выхода на водохранилища, однако создание ГЭС для обеспечения энергией крупных предприятий региона, существенно воздействуют на природную среду.

Одной из экологических проблем, возникающих в процессе строительства ГЭС и эксплуатации водохранилищ, является проблема появления на акватории водохранилищ плавающей древесной массы.

Источники засорения водохранилищ плавающей и затопленной древесной массой можно классифицировать на два вида: результат хозяйственной деятельности человека и проявление природных факторов в процессе формирования и эксплуатации водохранилищ.

На основе многолетних натурных наблюдений были установлены основные источники засорения водохранилищ древесной массой - антропогенные (техногенные) и природные. К антропогенным источникам засорения водохранилищ относятся:

- порубочные остатки от проведения работ по лесосводке и лесочистке (хлысты, вершинник, бревна, коротье и др.);
- поступление древесной массы в результате нарушения технологии лесосплавных и лесозаготовительных работ;
- потери древесины при сгрузке леса на воду, сплотке, погрузке в суда, буксировке плотов, выгрузке на берег, т.е. лесосплавные работы, проводимые непосредственно на акватории водохранилища или его заливах;
- потери древесины на реках, впадающих в водохранилища;
- нарушение технологии лесосплава;
- хозяйственная деятельность предприятий и населения на берегах водохранилищ (мелиоративные и строительные работы на берегах, деятельность туристов, рыбаков, самозаготовителей);
- аварии от стихийных бедствий на лесосплавных предприятиях при буксировке лесотранспортных единиц;
- вынос древесной массы из рек, впадающих в водохранилище, от деятельности человека. К природным источникам засорения относятся:
- падение деревьев в воду с береговой линии водохранилищ в результате размыва и обрушения берегов;
- отпад частично или полностью затопленного на корню древостоя от воздействия волн и подвижек льда;

- поступление древесной массы с площадей ложа водохранилища после проведения работ по лесосводке и лесочистке;
- вынос древесной массы из рек, впадающих в водохранилища;
- стихийные явления (интенсивный ветроповал, наводнение).

Протяженность береговой линии, предназначенной к очистке, только на Братском водохранилище достигает нескольких сот километров. На береговой отмели по подсчетам специалистов скопились сотни тысяч кубометров обсохшей древесины различного размера и качества, в том числе в завалах почти 10,0 тыс. м³.

Как правило, любая технология сборки обсохшей древесины с береговой отмели заключается в сбросе ее на воду, транспортировке и дальнейшей переработке.

Одним из вариантов сброса является сброска древесины специальными тракторами с толкателями, например агрегатами ЛС-36, ЛТ-35 или многооперационным лесосплавным агрегатом ЦЛС-1. Универсальный агрегат ЛС-36 монтируется на базе трактора ТТ-4, обладает высокой проходимостью, оснащен лебедкой и бревнотолкателем. Лебедка применяется в случае растаскивания завалов. Сбрасыватель ЛТ-35 на базе трактора ТДТ-55 оснащен челюстным захватом. Работа сбрасывателя ЛТ-35 включает два этапа: подготовительный (расчистка проездов) и основной; при котором ЛТ-35 набирает пачки бревен и сбрасывает их в воду. Недостатком является то, что, как правило, отмели песчаные, а на сыпучих песках работа ЛС-36 и ЛТ-35 может быть затруднена.

Если ширина береговой отмели небольшая, то сбор обсохшей древесины можно производить с помощью плавсредств.

В частности, для этих целей можно предложить топлякоподъемный агрегат ЛС-41 или ЛС-41А. Вследствие малой осадки плавающего топлякоподъемного агрегата осуществляется подход к береговой линии на малых глубинах, и в зоне работы манипулятора осуществляется сбор разбросанной на берегу древесины. Если вылет стрелы манипулятора не позволяет собрать всю древесину на берегу, то для сброса ее на воду можно использовать лебедку со специальными чокерами.

Для сбора аварийной и обсохшей древесины можно предложить также специальные агрегаты В-96А или В-90.

Агрегат для сбора аварийной древесины В-96А предназначен для очистки берегов от остатков пыжа и аварийного леса, подъема топляка. Агрегат производит сбор обсохшей древесины с производительностью 30 м /час при среднем объеме бревна 0,15 м и плотностью залегания 0,09 м/м вдоль береговой полосы. Глубина опускания манипулятора 3 м, максимальный вылет стрелы - 5,5 м.

Лесоподборщик В-90 предназначен для сбора обсохшей древесины. Он производит сбор и транспортировку древесины на расстояние до 300 метров, оснащен манипулятором с вылетом стрелы 6 м.

Для сбора древесины [1], разнесенной по берегам рек, разработан многооперационный лесосплавной агрегат ЦЛС-1, который прошел приемочные испытания. Агрегат, кроме того, временно позволяет механизировать работы по формированию плотов на береговых складах. В состав агрегата входят трактор Т-150К, гидроманипулятор ЛВ-184 или гидроманипулятор СФ-65С, тракторный полуприцеп грузоподъемностью 10-11 т.

Для сбора короткомерной древесины на берегу можно использовать плавающий трактор ТП-90, который может применяться и для сбора затонувшей древесины. Трактор ТП-90 оснащен толкателем.

В местах скопления обсохшей древесины плавающий трактор выходит на берег, производит сбор и сброс древесины на воду.

Достаточно широкое распространение для сброски лесоматериалов с отмели на воду получили сплотно-транспортные агрегаты В-43Б, В-53А, ЛТ-84 и др.

Транспортно-сплотноным агрегатом В-43Б пачки лесоматериалов транспортируют к месту сплотки, сбрасывают на воду и увязывают в линейки, а затем формируют в плоты

с помощью катера БМК-130. Транспортировка плотов осуществляется тем же буксирным катером, который движется в зону рейда приплава, где древесина выгружается из воды.

Вывод. При проведении анализа существующих технологий и оборудования для очистки водохранилищ выявлено, что на данный момент нет эффективных и не требующих больших капитальных вложений технологий, позволяющих производить очистку береговой зоны водохранилищ от обсохшей древесины.

Литература

1. Румянцев, Ю.И. Организация работ по сбору плавающей древесины на водохранилищах и подъему топляка на реках предприятиями отрасли /Ю.И. Румянцев// Лесоэксплуатация и лесосплав: экспресс-информ. /ВНИПИЭИлеспром. - 1990. - Вып 16. - С. 2-13.

УДК 631.658

Анализ способа сбора и транспортировки древесины в зоне водохранилищ

А.Ю.Ожерельев, Д.В.Красносчек

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: древесная масса, хлысты, сортименты, водохранилище.

В данной статье рассматриваются исследования по определению очистки берегов водохранилищ от обсохшей древесины, с целью ее дальнейшей транспортировки к местам переработки на товарную продукцию. В ходе эксперимента определены технические задачи, решаемые разработанными устройствами, для очистки берегов озёр и водохранилищ от древесины. На основе исследований предлагается схема для очистки береговой зоны от обсохшей древесины с применением механизированного сбора древесины на берегу и подвесной трелевки до накопителя или плашкоута устройством для сбора и доставки обсохшей аварийной древесины.

Деревья, находящиеся на берегу водохранилищ, подмываются во время паводков, а также в весенний период в результате резкого повышения уровня верхнего бьефа водохранилища, оказываются в воде и в конечном итоге - у тела плотины ГЭС. По результатам исследований, такие явления имеют место на большинстве ГЭС. Так как на сбор такой древесины обычно нет средств, она превращается в топляк, опускается на дно, усугубляя и без того не благоприятную экологическую обстановку.

По разным данным на акваториях водохранилищ ГЭС Ангаро - Енисейского региона находится более 4 млн.м плавающей древесной массы, затоплено более 22 млн.м древесины, а также сотни тысяч кубометров обсохшей древесины; разбросано по берегам.

Наличие такого большого объема древесной массы; оказывает негативное влияние на экосистемы водных объектов на территории Сибири. Произошло ухудшение общей экологической обстановки в затопленных зонах водохранилищ. Резко ухудшилось качество воды, сократилось количество нерестовых рыб, стало невозможно использовать воду в качестве питьевой.

Очистка берегов водохранилищ от обсохшей древесины с целью ее дальнейшей транспортировки к местам переработки на товарную продукцию является актуальной и своевременной, поскольку это позволит восстановить экологическое равновесие водных бассейнов, где ранее формировалось ложе водохранилища; увеличить объемы древесного сырья без увеличения объемов вырубki леса.

На водохранилищах ГЭС АЕР лесочистки, т.е. уборка всей древесно-кустарниковой растительности, предусматривалась лишь на площадях специального назначения (судовые ходы, охранный зона гидроузла, санитарные зоны у поселков, рыбопромысловые участки). Поэтому площадь лесосводки и лесочистки от общей лесопокрытой площади составила по водохранилищам: Братской ГЭС - 43 %, Усть-Илимской ГЭС - 20 %.

В ложе водохранилищ Саяно-Шушенской и Красноярской ГЭС работы по лесосводке не проводились. В ложах Братского и Усть-Илимского водохранилищ было затоплено на корню соответственно 12 и 5 млн. м деревьев и горельников. Это явилось основной причиной появления плавающей древесной массы. Кроме того, подготовленная и уложенная вдоль берегов во время лесосводки древесина не была вовремя вывезена.

Объемы плавающей древесной массы на водохранилищах Братской, Усть-Илимской, Саяно-Шушенской ГЭС практически не изменились с начала ее освоения. На сегодняшний день в водохранилищах ГЭС АЕР скопилось большое количество аварийной древесины, сбор которой не только дает возможность вовлечь в производство дешевое дополнительное сырье, но и спасает от вырубки тысячи гектаров лесопокрытых площадей, а также позволит улучшить экологическую обстановку на водохранилищах.

Существующая техника и технология сбора и переработки древесины на водохранилищах, как показывает анализ, непроизводительна, связана с большими затратами труда и средств, не удовлетворяет возросшим требованиям; охраны водных объектов и не может обеспечить очистку водохранилищ в сжатые сроки.

Так, принятой технологией освоения древесины на Братском водохранилище (отсортированные на воде хлысты и сортименты, а также хлысты, получаемые от разделки плавающих и обсохших деревьев, сплавиваются и в плотках отправляются на Братский ЛПК, дровяное сырье отгружается в баржах БЛПК и идет на технологическую щепу), предусмотрено только выборочное освоение с оставлением на плаву отрубков, древесного лома, отходов и не кондиции, т.е. полная очистка водохранилища не производится.

Объясняется такое положение тем, что в этом случае себестоимость работ покрывается доходами от реализации древесины.

При использовании канатных установок для трелевки древесины с берега на судно или в акваторию необходимо учитывать дифферент судна для обеспечения безопасности технических средств и персонала.

Существуют различные варианты устройств для сбора и доставки аварийной древесины с береговой зоны.

Так, например, разработаны устройства и получен патент на полезные модели № 83767,83737,83759 от 20 июня 2009 г.

Технической задачей, решаемой разработанными устройствами, является количественная и качественная очистка берегов озёр и водохранилищ от древесины, транспортировка пучков из собранной древесины в акваторию для формирования плотов, или непосредственно на плавучее основание, снижение количества машин, участвующих в сборе древесины, снижение металлоёмкости.

Все технологические схемы предназначены для очистки береговой зоны от обсохшей аварийной древесины с помощью устройства для сбора и транспортировки на базе канатной установки с применением механизированного сбора древесины на берегу.

На рисунке 1 показана схема для очистки береговой зоны от обсохшей древесины с применением механизированного сбора древесины на берегу и подвесной трелевки до накопителя или плашкоута устройством для сбора и доставки обсохшей аварийной древесины. Перед началом работ по сбору древесины, в залив доставляется вся необходимая для работы техника, а затем он перекрывается боновым ограждением (7). В акватории залива (8) закрепляются с помощью якорей плавучие основания устройств для сбора и транспортировки древесины (5) и устанавливается канатно-блочная система (16), которая состоит из несущего каната (12), по которому имеет возможность перемещаться каретка (14) с

грузом, и тягово- подъемный канат (4). Канат закрепляется на берегу с помощью блоков, расположенных на опорах. В качестве опор выступают растущие деревья, прилегающие к береговой зоне (6). На берегу обсохшая древесина (4) собирается тракторами с манипуляторами (1) либо оборудованными лебедками и чокерами и укладывается в пачки (15) вдоль пролета тягово-несущего каната и подцепляется к тягово-подъемному канату и с помощью лебедки. Затем каретка 12 с собранной древесиной поднимается и перемещается в подвешенном положении по несущему канату 3 к понтону 1, находящемуся в акватории залива, где древесина выгружается в накопитель или на плашкоут.

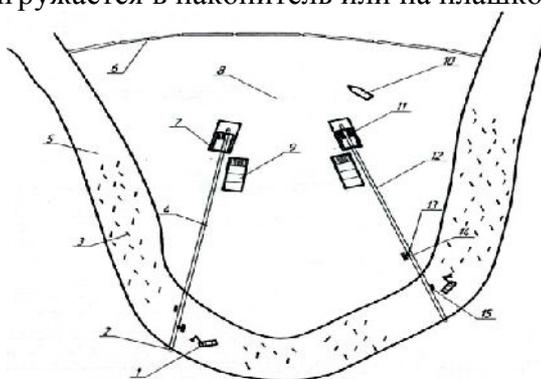


Рис.1. Схема очистки береговой зоны от обсохшей древесины с применением механизированного сбора на берегу и подвесной трелевки:

1 - трактор с манипулятором для сбора древесины на берегу; 2 - опоры канатной установки; 3 - обсохшая древесина; 4 -тяговый канат; 5 - береговая зона; 6 - боновое ограждение; 7 - устройство для сбора и транспортировки древесины; 8 - акватория залива; 9 — плашкоут для транспортировки собранной древесины; 10 - буксирный катер; 11 - накопитель с древесиной; 12 — несущий канат; 13 - тяговая каретка; 14 - трелеваемая пачка древесины; 15 - собранная на берегу древесина

Вывод. При проведении анализа по данной схеме, выявлено, что уменьшается время простоя оборудования, снижается количество машин, участвующих в сборе аварийной древесины и возможность его в условиях, где применение другой техники затруднительно. Имеется возможность транспортировки свежесрубленной древесины при заготовках в береговой зоне.

Литература

1. Пат. 83759 Российская федерация, МПК В 63 В 35/28. Устройство для сбора и древесины с береговой зоны.
2. Пат. 83737 Российская федерация, МПК В 60 Р 1/00. Устройство для сбора и доставки обсохшей аварийной древесины.
3. Пат. 83759 Российская; федерация, МПК В 65 G 69/20, В 60 Р 3/41. Агрегат для сбора и транспортировки аварийной «бесхозной» древесины с берегов.

УДК 674

Формирование древесных клееных материалов на основе модифицированных лигносульфонатами карбамидоформальдегидных смол

Г.С. Варанкина, Д.С. Русаков, Д.С. Мойжес

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М.Кирова

Ключевые слова: шпон, фанера, карбаминоформальдегидные смолы, лигносульфонаты, модификация, режимы склеивания, прочность клеевого соединения.

Наибольший интерес для разработчиков современных качественных смол представляют химически активные вещества, вступающие в реакцию с формальдегидом. Такими эффективными модификаторами, карбаминоформальдегидных смол могут быть продукты сульфитно-целлюлозного производства, в частности лигносульфонаты. Введение в клеящие составы на основе карбаминоформальдегидных смол продуктов сульфитно-целлюлозного производства, позволяет улучшить технологические свойства клеев, а именно ускорить процесс отверждения клея и увеличить прочность клеевого соединения.

Введение.

Карбаминоформальдегидные смолы получают путем поликонденсации карбамина с формальдегидом. Образование карбаминоформальдегидных смол – сложный процесс, поскольку в системе протекает одновременно несколько параллельных реакций присоединения, конденсации и гидролиза по различным механизмам, с разной скоростью и непрерывным видоизменением функциональных групп и связей.

Для склеивания шпона и древесных частиц используют как карбаминоформальдегидные, так и фенолоформальдегидные и совмещённые карбамино- и фенолоформальдегидные клеи горячего отверждения, совершенствованию которых посвящено большое число работ [1-4].

Анализ результатов исследований [2,4] показывает, что наибольший интерес для разработчиков современных качественных смол представляют химически активные вещества, вступающие в реакцию с формальдегидом и снижающие содержание ядовитых веществ. Такими эффективными модификаторами, карбаминоформальдегидных смол могут быть продукты сульфитно-целлюлозного производства, в частности лигносульфонаты. Введение в клеящие составы на основе карбаминоформальдегидных смол продуктов сульфитно-целлюлозного производства, позволяет улучшить технологические свойства клеев, а именно ускорить процесс отверждения клея и увеличить прочность клеевого соединения [4], это и явилось целью работы, выполненной в Санкт-Петербургском государственном лесотехническом университете.

Методика проведения исследований.

Широкое применение в промышленности водорастворимых производных лигнина - лигносульфонатов (ЛСТ), связано с ценными коллоидно-химическими свойствами этих полиэлектролитов, в частности наличием поверхностной активности. Макромолекула ЛСТ образует нелинейную структуру (рис. 1), приближающуюся к глобулярным полимерам.

Особенностью подобных структур является их компактность и гибкость даже при большой молекулярной массе и относительно низкое содержание связанной воды. В этой макромолекуле частицы лигносульфонатов разной степени дисперсности связаны друг с другом поперечными связями, главной из которых является С β -О-С4 \square связь, кроме того, допускается наличие водородных связей. Чем выше молекулярная масса этих частиц, тем в большей мере возникает потенциальная возможность образования после соответствующей модификации трехмерной структуры [2].

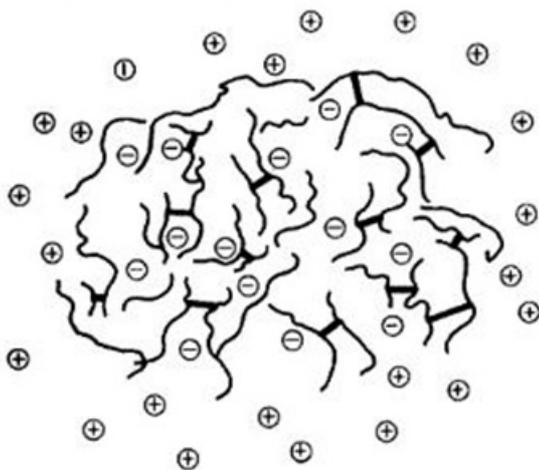


Рис. 1. Макромолекула лигносульфоната

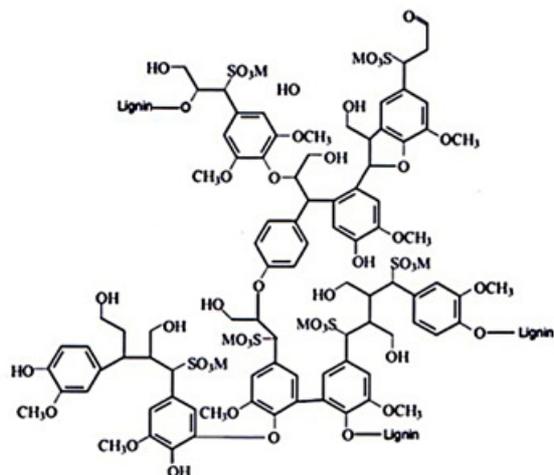


Рис. 2. Фрагмент структуры макромолекулы лигносульфоната (M=Na или NH₄)

Вязкость растворов таких полимеров при высокой степени концентрирования остается значительно меньше вязкости растворов природных линейных полимеров, например целлюлозы. Внутри макромолекулы находятся ионизированные сульфогруппы, придающие ей отрицательный заряд, уравновешенный при pH=7 окружающим облаком положительно заряженных катионов. В ходе сульфитных варочных процессов происходит разрыв лабильных α-эфирных связей и замещение бензилспиртовых гидроксильных групп на сильнополярные сульфоновокислотные группы. Одновременно появляются новые углерод-углеродные связи. По химической природе промышленные лигносульфонаты - анионные водорастворимые полимеры (рис. 2) с широким диапазоном значений молекулярной массы (ММ) - 2000-100000 [2].

Действие лигносульфонатов сульфитного щелока и сульфитно-дрожжевой бражки, вызвано взаимодействием лигносульфонатов в процессе концентрирования при температуре выше 100 °С с присутствующими в сульфитно-дрожжевой бражке аминокислотами и олигомерами белковой природы. Образующиеся продукты конденсации остаются растворимыми и обладают повышенной поверхностно активностью. Факт наличия поверхностно-активных свойств у лигносульфонатов широко известен, исследования коллоидно-химических свойств этих веществ, практически отсутствуют. Даже по техническим указаниям ЛСТ характеризуются без установления величин поверхностной активности. Связано это с различием в способах получения ЛСТ, составом, катионной формой, молекулярно-массовым распределением. Естественно, что такое разнообразие состава ЛСТ будет определять различие в поверхностно-активных свойствах реагента.

Известно, что растворение коллоидных ПАВ происходит иначе, чем всех прочих веществ: после достижения предела растворимости они не выделяются в виде осадка или жидкости, а образуют в растворителе конгломераты, называемые мицеллами. Мицеллы, как и всякая частица, характеризуются несколькими параметрами: размером, формой, концентрацией раствора, при которой они образуются (критическая концентрация мицеллообразования - ККМ), а также термодинамическими функциями, которые рассчитываются из значений ККМ. Естественно, что поверхностная активность вещества зависит от его строения и физико-химических свойств.

ЛСТNa представляют собой анионоактивный полимер, содержащий метоксильные, фенольные, гидроксильные, карбонильные, карбоксильные и сульфогруппы в натриевой форме. При этом лигносульфонат натрия является высокомолекулярным веществом с характерными кислотными свойствами (табл. 1).

Таблица 1

Физико-химические характеристики ЛСТNa

Показатель	Величина
Массовая доля сухих веществ, %	62,5
Массовая доля золы к массе сухих веществ, %	15
Массовая доля нерастворимых в воде веществ к массе сухих веществ, %	0,3
pH 20%-ного раствора	4,6
Вязкость условная на вискозиметре ВЗ-1, с	325
Вязкость эффективная на ротационном вискозиметре «Rheotest-2» при	0,15
Количество SO ₃ ⁻ групп, моль/г	0,00456
Средняя молекулярная масса, а.е.м	95 000

При повышении концентрации ЛСТNa более 15 г/л наблюдается установление постоянных значений pH (табл. 2).

Поверхностное натяжение водных растворов ЛСТNa снижается по мере увеличения концентрации реагента в растворе. Значительное влияние на поверхностное натяжение и ККМ водных растворов ЛСТNa оказывает присутствие NaOH в растворе. Уже при концентрации NaOH=0,1 г/л в водном растворе лигносульфоната натрия происходит резкое снижение поверхностного натяжения.

Таблица 2

pH водных растворов ЛСТNa различной концентрации

Концентрация ЛСТNa, г/л	pH
0,01	10,37
0,05	9,42
0,1	6,94
0,5	6,04
1,0	5,11
1,5	4,79
10,0	4,71
15,0	4,63
20,0	4,6
25,0	4,6

Поскольку количество NaOH, израсходованное на нейтрализацию всех потенциально возможных функциональных групп элементарного звена сульфированного лигнина, которые могли бы принимать участие в реакции, значительно меньше, можно предположить, что нейтрализация функциональных групп кислотного типа лигносульфонатов с помощью NaOH происходит, по-видимому, за счет ионного обмена, в частности на катион Na⁺, не только в макромолекулах сульфированного лигнина, но и между моно- и полисахаридами, а также другими органическими соединениями, входящими в состав лигносульфонатов. Реакция формальдегида со структурной единицей лигносульфоната представлена на рис. 3.

Для проведения исследования использовали березовый шпон. Испытания проводили в соответствии с ГОСТ 20907 и ГОСТ 9624. В качестве активного модификатора использовали лигносульфонаты технические. Определению подлежали: прочность клеевого соединения при статическом изгибе и скалывании по клеевому слою.

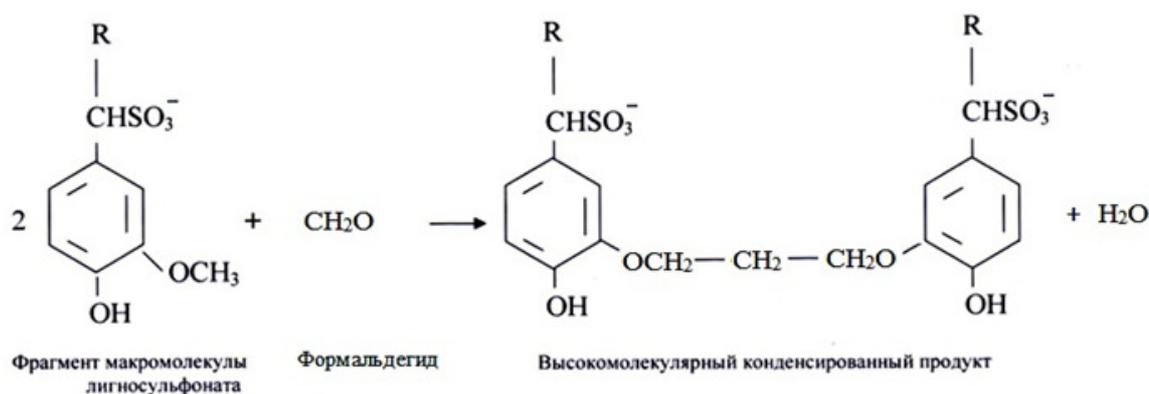


Рис. 3. Реакция формальдегида со структурной единицей лигносульфоната

Результаты исследований и их анализ. Для обоснования ускорения процесса склеивания и увеличения прочности готовой продукции, проведён многофакторный эксперимент по склеиванию берёзового шпона толщиной 1,15 и 1,8 мм на модифицированной лигносульфонатами карбамидоформальдегидной смоле КФ-МТ-15. Обоснованию подлежали содержание лигносульфонатов в смоле и температура прессования.

В результате математико-статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии (1,2):

$$\sigma^{изг} = 104,93 - 0,3346 n - 0,2156 T + 0,0427 n^2 + 0,0003 T^2 - 0,0129 nT \quad (1)$$

$$\sigma^{скал} = 2,0998 + 0,0032 n - 0,0041T + 0,00187 n^2 - 0,00016 nT \quad (2)$$

$$\text{при } 5\% \leq n \leq 15\%; 125^\circ\text{C} \leq T \leq 135^\circ\text{C}$$

где $\sigma^{изг}$ – прочность при статическом изгибе, МПа;

$\sigma^{скал}$ – прочность при скалывании по клеевому слою, МПа;

n – содержание лигносульфонатов в смоле, %;

T – температура плит пресса, °С.

Эксперименты показали, что лигносульфонаты при введении в смолу 10 % от ее массы, уменьшают продолжительность процесса склеивания.

Графическая интерпретация зависимости продолжительности прессования фанеры от содержания лигносульфонатов в смоле приведена на рис. 4.

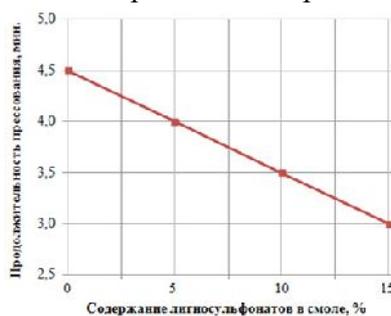


Рис. 4. Зависимость продолжительности прессования фанеры от содержания лигносульфонатов в смоле

Зависимость продолжительности прессования фанеры от содержания лигносульфонатов в смоле описывается уравнением регрессии (3):

$$\tau = -0,2 n + 5,5 \quad (3)$$

$$\text{при } 5\% \leq n \leq 15\%$$

где τ – продолжительность прессования фанеры, мин;

n – содержание лигносульфонатов в смоле, %.

Введение лигносульфонатов в карбамидоформальдегидную смолу повышает реакционную способность клея, уменьшает продолжительность его отверждения. В случае введения в смолу марки КФ-МТ-15 лигносульфонатов, достигается ускорение процесса

отверждения клея, а значит, и степени его отверждения. Подтверждением этого служат инфракрасные спектры поглощения, показавшие наличие изменений в структуре, соответствующих минимальному времени желатинизации [2].

Полученные уравнения регрессии, связывающие прочность клеевого соединения с влияющими факторами, позволяют определить рациональные режимы склеивания шпона модифицированным лигносульфонатами клеем на основе смолы КФ-МТ-15.

Графическая зависимость прочности при изгибе и скалывании от влияющих факторов представлена на рис. 5,6.

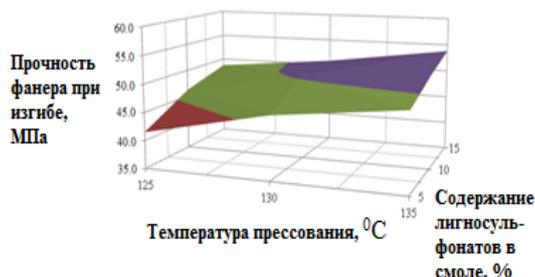


Рис. 5. Зависимость прочности фанеры при изгибе от содержания лигносульфонатов в смоле и температуры прессования

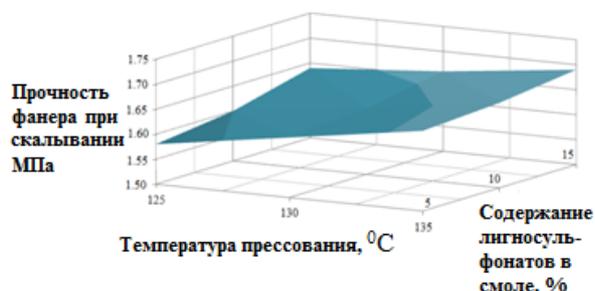


Рис. 6. Зависимость прочности фанеры при скалывании от содержания лигносульфонатов в смоле и температуры прессования

Анализируя результаты исследования (рис. 5,6) можно сделать вывод, что вследствие сетчатой структуры и образования новых углерод-углеродных связей, макромолекулы лигносульфонатов встраиваются в молекулу полимера карбамидоформальдегидной смолы, образуя пространственно-разветвленную структуру, что ведёт к повышению прочности клеевого соединения.

Выводы. Введение в клеящие составы на основе карбамидоформальдегидных смол продуктов сульфитно-целлюлозного производства, позволяет улучшить технологические свойства клеев, а именно ускорять процесс отверждения клея и увеличивать прочность клеевого соединения в готовой продукции.

Ускорение процесса отверждения модифицированной лигносульфонатами карбамидоформальдегидной смолы происходит, за счет «кислой природы» лигносульфонатов (рН ниже 4), что способствует взаимодействию лигносульфонатов с формальдегидом на стадии кислой конденсации в процессе варки карбамидоформальдегидной смолы.

Технические лигносульфонаты благодаря своим клеящим и поверхностно активным свойствам обладают способностью к повышению прочности клеевого соединения готовой продукции, за счёт химического взаимодействия лигносульфонатов с формальдегидом, вследствие сетчатой структуры и образования новых углерод-углеродных связей.

Литература

1. Варанкина Г. С. Модификация фенолоформальдегидной смолы побочными продуктами сульфатно-целлюлозного производства / Г. С. Варанкина, Д. С. Русаков // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 204. – СПб.: СПбГЛТУ, 2013. – С. 130-137.
2. Варанкина Г.С., Русаков Д.С., Иванова А.В., Иванов А.М.Снижение токсичности древесных клееных материалов на основе модифицированных лигносульфонатами карбамидоформальдегидных смол / Научный периодический журнал Братского государственного университета. 3 (31). «СИСТЕМЫ. МЕТОДЫ. ТЕХНОЛОГИИ». Братск, БрГУ, 2016, - с. 154-160.
3. Русаков Д. С. Влияние технологических факторов производства фанеры на качество готовой продукции [Текст] / Д. С. Русаков, Г. С. Варанкина // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – Вып. 197. – СПб.: СПбГЛТУ, 2011. – С. 154-159.
4. Чубинский А. Н. Ускорение процесса склеивания шпона фенолоформальдегидными клеями [Текст] / А. Н. Чубинский, Г. С. Варанкина, Д. С. Русаков, С. В. Денисов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – Вып. 194. – СПб.: СПбГЛТА, 2011. – С. 121-128.

УДК 674-419.32

Математическое описание процесса склеивания шпона фенолоформальдегидной смолой с использованием пектола

А.Н. Чубинский, Д.С. Русаков, А.И. Мельников

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М.Кирова

Ключевые слова: шпон, фанера, фенолоформальдегидная смола, модификация, пектол, режимы склеивания, прочность фанеры, объект исследования, функция отклика, математическая модель, полнофакторный эксперимент.

Целью работы является повышение эффективности изготовления фанеры путем модификации фенолоформальдегидной смолы пектолом. Анализ результатов предыдущих исследований позволяет сделать вывод о том, что наибольший интерес могут представлять химически активные наполнители – отходы различных производств. Их использование позволяет не только улучшить свойства клеев, но и утилизировать отходы промышленности, особенно химической, тем самым, разрешая актуальные задачи в области экологии. Наряду с ранее исследованными модификаторами, положительный эффект показывает пектол. Введение в клеящие составы на основе фенольных смол побочных продуктов сульфатно-целлюлозного производства, позволяет улучшить технологические свойства клеев и повысить прочность клеевого соединения. На основе реализации трехфакторного эксперимента по исследованию процесса склеивания шпона фенолоформальдегидной смолой с использованием пектола получена статистически адекватная математическая модель прочности фанеры при изгибе и скалывании вдоль волокон. Разработанную математическую модель можно применять для решения научно-прикладных задач по оптимизации свойств объекта исследования, подбора рецептуры и технологических параметров.

Введение. Фенолоформальдегидные смолы применяют в производстве фанеры и другой клеёной продукции, эксплуатируемой в условиях повышенной влажности. Их модифицируют [1,2], когда необходимо ускорить процесс склеивания, повысить прочность и надежность склеивания. В связи с этим, одной из актуальных задач отрасли является поиск новых модификаторов для смол, которые позволят получать продукцию из древесины, обладающую требуемыми эксплуатационными свойствами. Эффективными модификаторами, могут быть побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства, к ним относятся талловое масло, талловые жирные кислоты, талловая канифоль, пек, пековый клей, лигнин, скипидар и др. [3,5].

Целью работы является повышение эффективности изготовления фанеры путем модификации фенолоформальдегидной смолы пектолом.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Исследование процессов склеивания шпона и влияние их на прочность готовой продукции;
2. Получение уравнений регрессии, связывающих прочность фанеры с основными влияющими факторами.

Методика проведения исследования. Для проведения исследования использовали сосновый шпон. Испытания проводили в соответствии с ГОСТ 20907 и ГОСТ 9624. В качестве модификатора использовали пектол. Пектол представляет собой раствор пека в легком талловом масле в соотношении 2:1 и содержит смоляные и жирные кислоты (изопимаровая, олеиновая, линоленовая), которые вступают в реакцию этерификации с фенолформальдегидом с образованием сложных эфиров. Моно- и диметилфенолы, входящие в

состав продуктов конденсации фенолоформальдегидных смол, также вступают в реакцию этерификации и присоединения с кислотами по двойным связям с формальдегидом с образованием многоядерных щелочных полимеров. Определению подлежали: прочность клеевого соединения при статическом изгибе и скалывании по клеевому слою.

Для обоснования, повышения прочности готовой продукции, был проведен многофакторный эксперимент склеивания соснового шпона толщиной 2,0 и 2,2 мм на модифицированной пектолом фенолоформальдегидной смоле СФЖ-3013. Обоснованию подлежали содержание пектола в смоле, продолжительность прессования и температура плит пресса.

Для проведения исследования применен трехфакторный план В-D13, который позволяет получать нелинейные квадратичные модели и обладает хорошими статистическими характеристиками [4]. Математическое описание экспериментальных данных выполнено в программно-алгоритмической среде обработки данных трехфакторного планированного эксперимента, позволяющего рассчитать план и обработать выходные данные эксперимента. Программа функционирует в среде визуального объектно-ориентированного программирования Microsoft Visual Basic.

Результаты исследования и их анализ.

В результате исследования установлено, что зависимость прочности фанеры при статическом изгибе ($\sigma_{изг}$, МПа) и прочности фанеры при скалывании по клеевому слою ($\sigma_{ск}$, МПа) от содержания пектола в смоле, продолжительности и температуры прессования могут быть описаны уравнениями регрессии (1,2):

$$\sigma_{изг} = 74,78 + 1,231n + 1,478t - 0,125T - 1,204n^2 - 0,727t^2 + 0,61T^2 - 0,607nt - 1,768nT - 0,604tT \quad (1)$$

$$\sigma_{ск} = 1,29 - 0,016n + 0,011t - 0,003T + 0,013n^2 + 0,049t^2 + 0,017T^2 + 0,018nt - 0,02nT - 0,004tT \quad (2)$$

$$\text{при } 5\% \leq n \leq 15\%; 6,5 \text{ мин} \leq t \leq 8,5 \text{ мин}; 108^\circ\text{C} \leq T \leq 122^\circ\text{C}$$

где $\sigma_{изг}$ – предел прочности при статическом изгибе, МПа;

$\sigma_{ск}$ – предел прочности при скалывании по клеевому слою, МПа;

$n(x1)$ – содержание пектола в смоле, %;

$t(x2)$ – продолжительность прессования, мин;

$T(x3)$ – температура прессования, $^\circ\text{C}$.

Математические модели прочности фанеры при статическом изгибе и прочности фанеры при скалывании после кипячения в течение часа адекватны по критерию Фишера ($F_{расч} = 2,37 < F_{табл} = 2,39$ и $F_{расч} = 2,29 < F_{табл} = 2,39$, соответственно) и применимы для решения технологических задач.

Полученные уравнения регрессии, связывающие прочность клеевого соединения с влияющими факторами, позволяют определить рациональные режимы склеивания шпона модифицированным пектолом клеем на основе смолы СФЖ - 3013.

Графическая интерпретация функции трех переменных требует четырехмерного пространства, поэтому для визуального упрощения и удобства работы с математической моделью функцию трех переменных необходимо преобразовать в функцию двух переменных, поочередно принимая константой один из факторов. В результате преобразования получаются варианты математических моделей: $\sigma_{изг} = f(x2, x3)$ при $x1 = \text{const}$; $\sigma_{ск} = f(x2, x3)$ при $x1 = \text{const}$. Для визуализации каждого из трех видов уравнений строится диа-

грамма линий равного уровня (изолиний), представляющая собой проекции трехмерных поверхностей на плоскости (x_2 ; x_3), рис. 1,2.

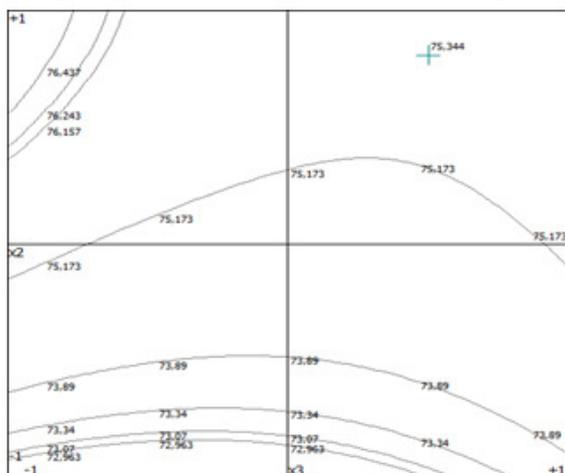


Рис. 1. Диаграмма изолиний математической модели прочности фанеры при изгибе: $x_1 = \text{const}$

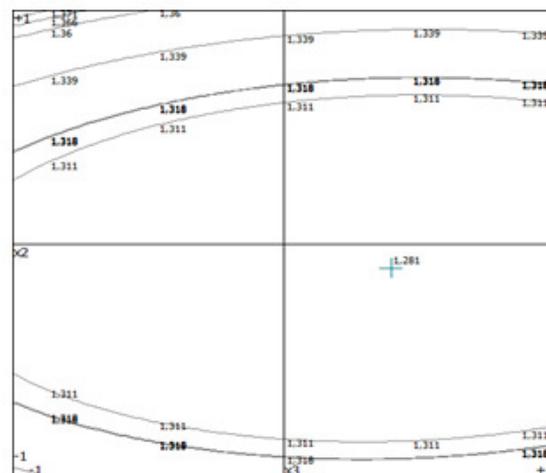


Рис. 2. Диаграмма изолиний математической модели прочности фанеры при скалывании: $x_1 = \text{const}$

Таким образом, кривая каждой изолинии может строиться в координатах (x_2 , x_3), (x_1 , x_3) и (x_1 , x_2), а ее построение производится по квадратичным функциям $x_2 = f(x_3)$, $x_1 = f(x_3)$ и $x_1 = f(x_2)$ соответственно. Интерактивная диаграмма изолиний, позволяет снимать координаты факторного поля и значения выходного параметра в режиме реального времени.

Обработка данных планированного эксперимента завершается процедурой обнаружения экстремума функции отклика. Для определения координат точки экстремума производится автоматическое вычисление первой производной по каждому из значений факторов. Корни полученной системы уравнений (3) представляют собой координаты точки экстремума исследуемого уравнения регрессии:

$$\begin{cases} \frac{dy(x_1, x_2)}{dx_1} = 0, \\ \frac{dy(x_1, x_2)}{dx_2} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Экстремум функции отклика математической модели прочности фанеры при изгибе обнаружен в пределах варьирования переменных факторов, значение экстремума составляет 75,34 МПа. Экстремуму функции отклика соответствуют значения факторов: $t = 8,31$ мин. (продолжительность прессования) и $T = 118,5$ °С (температура прессования) при $n = 10$ % (содержание пектола в смоле). Экстремум функции отклика математической модели прочности фанеры при скалывании обнаружен в пределах варьирования переменных факторов, значение экстремума составляет 1,28 МПа. Экстремуму функции отклика соответствуют значения факторов: $t = 7,39$ мин. (продолжительность прессования) и $T = 115,5$ °С (температура прессования) при $n = 10$ % (содержание пектола в смоле).

Программа PlanExp по обработке трехфакторного эксперимента В-D13 оснащена дополнительными функциями загрузки/сохранения данных, а также функцией экспорта результатов расчетов в математический пакет Microsoft Excel, где можно построить поверхность отклика в трехмерной системе координат (рис. 3,4).

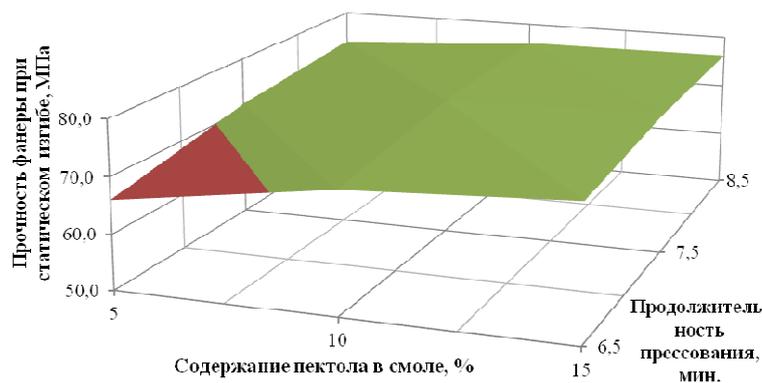


Рис. 3. Зависимость прочности фанеры при статическом изгибе от содержания пектола в смоле и продолжительности прессования

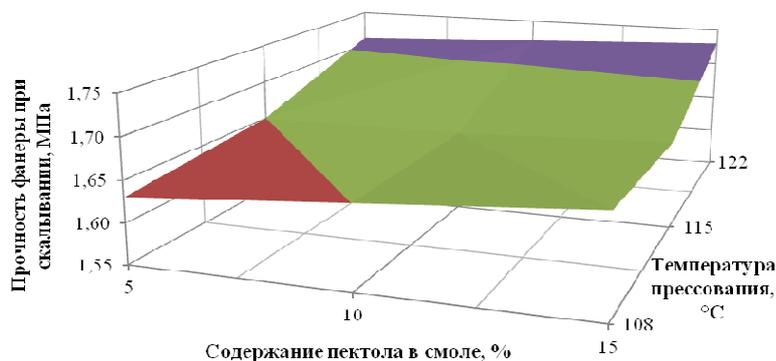


Рис. 4. Зависимость прочности фанеры при скалывании вдоль волокон от содержания пектола в смоле и температуры прессования

Анализируя результаты исследования (рис. 3,4) можно сделать вывод, что с введением пектола в фенолоформальдегидную смолу марки СФЖ-3013 увеличивается прочность клеевого соединения и скорость отверждения клея, а значит, и производительность прессового оборудования. Мицеллы встраиваются в молекулу полимера фенолоформальдегидной смолы, образуя пространственно-разветвленную структуру, что ведет к образованию щелочного полимера с новым комплексом свойств обеспечивающим ускорение процесса отверждения клея и повышение прочности склеивания.

Выводы.

1. Проведен трехфакторный эксперимент по исследованию процесса склеивания шпона фенолоформальдегидной смолой с использованием пектола, получена статистически адекватная математическая модель прочности фанеры при изгибе и скалывании вдоль волокон. Разработанную математическую модель можно применять для решения научно-прикладных задачах по оптимизации свойств объекта исследования, подбора рецептуры и технологических параметров.

2. Введение в клеящие составы на основе фенолоформальдегидных смол относительно дешевых побочных продуктов сульфатно-целлюлозного производства, позволяет не только улучшить свойства клеев и снизить себестоимость готовой продукции, но и утилизировать отходы целлюлозно-бумажной промышленности тем самым, решать актуальные задачи в области экологии.

3. Введение пектола в фенолоформальдегидную смолу марки СФЖ-3013 позволит увеличить прочность склеивания и повысить производительность прессового оборудования.

Литература

1. Варанкина Г. С. Модификация фенолоформальдегидной смолы побочными продуктами сульфатно-целлюлозного производства. [Текст] / Г. С. Варанкина, Д. С. Русаков // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – Вып. 204. – СПб.: СПбГЛТУ, 2012. – С. 112-118.
2. Варанкина Г.С., Русаков Д.С., Иванова А.В., Иванов А.М. Снижение токсичности древесных клееных материалов на основе модифицированных лигносульфонатами карбаминоформальдегидных смол / Научный периодический журнал Братского государственного университета. 3 (31). «СИСТЕМЫ. МЕТОДЫ. ТЕХНОЛОГИИ». Братск, БрГУ, 2016, - с. 154-160.
3. Русаков Д. С. Влияние технологических факторов производства фанеры на качество готовой продукции [Текст] / Д. С. Русаков, Г. С. Варанкина // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – Вып. 197. – СПб.: СПбГЛТУ, 2011. – С. 154-159.
4. Спиринов Н.А., Лавров В.В., Бондин А.Р., Лобанов В.И. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: Учебное пособие / Под общ. ред. Н.А.Спирина. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. 260 с.
5. Чубинский А. Н. Ускорение процесса склеивания шпона фенолоформальдегидными клеями [Текст] / А. Н. Чубинский, Г. С. Варанкина, Д. С. Русаков, С. В. Денисов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – Вып. 194. – СПб.: СПбГЛТА, 2011. – С. 121-128.

УДК 674

Повышение эффективности лесопользования, путем минимизации вреда окружающей среде

Я.С. Зубарев

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: лесной сектор, лесные машины, лесная сертификация, сохранность подроста.

В данной статье рассмотрены проблемы современного лесопользования, современный рынок лесозаготовительной техники, ее влияние на лесопользование и окружающую среду. Так же в данной статье предложены несколько вариантов для повышения эффективности работы техники с сохранением требований систем лесной сертификации.

Среди задач, стоящих сегодня перед лесным сектором экономики РФ:

- повышение эффективности лесопользования;
- увеличение объемов заготовки древесины на всех видах рубок леса при обязательном соблюдении критериев устойчивого лесопользования.

Для увеличения объема заготовки были созданы и введены в эксплуатацию новые специальные лесные машины, которые показывают более высокую производительность и наносят меньший вред окружающей среде.

Современный рынок лесозаготовительной техники переживает настоящий бум - специализированные машины и трактора самых различных конфигураций активно продаются и покупаются, берутся в аренду и сдаются в наем. И все это потому, что интерес к лесопромышленному комплексу значительно вырос за последнее десятилетие, как у государственных структур, так и у частного бизнеса.

Отечественная промышленность не обеспечивает пока весь спрос на спецтехнику, поэтому на освоении массивов в большинстве случаев работают американские, канадские и корейские машины.

Ведущие позиции на лесозаготовительном рынке сегодня занимают фирмы, чья продукция определяет технический уровень и вообще всю политику в данной области машиностроения. Это такие гиганты, как: Caterpillar, John Deere, Tigercat, и Ponsse .

Продажа лесозаготовительной техники этих компаний в нашей стране производится относительно давно, и их машины пользуются неизменно высоким спросом из-за высочайшего качества и невероятной надежности. Все три концерна выпускают широкие линейки моделей различного назначения, начиная с моделей для хлыстовой или сортиментной заготовки и заканчивая многофункциональными машинами, способными осуществлять весь цикл лесозаготовки, вплоть до транспортировки до склада. В настоящее время эти фирмы больше уделяют внимания маневренным и многофункциональным машинам, например форвардерам и харвестерам.

Колесные трактора являются перспективной базой для лесных машин, по сравнению с гусеничными, производительность у них выше за счет более высоких транспортных скоростей. Наиболее массовыми моделями тракторов и машин на современном рынке лесозаготовительной техники являются скиддеры и харвестеры, причем 75% скиддеров, и 53% харвестеров предлагаются на колесных шасси.

Сохранение биоразнообразия лесных экосистем является одним из основных требований систем лесной сертификации. В соответствии с ним, перед практической реализацией должны быть оценены последствия воздействия рассматриваемых альтернативных систем машин на лесную среду. При данной оценке необходимо принимать во внимание следующие два аспекта:

- способ выполнения валки дерева (на землю или с переносом срезанного дерева на волок в вертикальном положении);

- вид используемой ходовой системы (колесная или гусеничная) и тип трансмиссии применяемых машин (механическая, гидрообъемная или гидромеханическая).

Факторы воздействия технологий и машин на среду можно также классифицировать по следующим группам:

- воздействие на лесные почвы (колееобразование, уплотнение, изменение пористости, минерализация и т.д.);

- воздействие на оставляемые деревья и их корневые системы, что актуально для несплошных рубок леса (повреждения коры, обломы вершин, ветвей, наклоны ствола, перерезание крупных корней);

- воздействие на подрост и молодняк;

- изъятие площадей под технологические нужды (волока, верхние склады и др.).

В рамках реализации проекта ТАСИС «Impacts on Wood Quality and Overall Performance of Wood Harvesting Companies» были проведены исследования по воздействию лесозаготовительной техники на лесную среду. Исследовались последствия лесозаготовок, проведенных с использованием валочно – пакетирующих машин (Timberjack 850), колесных и гусеничных харвестеров (Timberjack 1270, John Deere 1270D, Volvo EC210BLC, Valmet 901.3), гусеничных трелевочных тракторов (ТДТ-55А, ТЛТ-100А), колесных форвардеров (Timberjack 1410, John Deere 1110D, John Deere 1410D, Valmet 840.3), гусеничных сучкорезных машин (ЛП-30Б) и процессоров (Hitachi Zaxis 230).

В качестве основных показателей влияния были выбраны сохранность подроста, доля площади делянки занятая волоками и промышленными площадками, изменение структуры почвы (уплотнение, уменьшение пористости, минерализация поверхностного слоя). При исследовании последствий не сплошных рубок также определялась повреждаемость остающегося на доращивание древостоя.

Исследования проводились на делянках 11 лесозаготовительных предприятий Республики Карелия. Объектами исследований стали 7 зимних и 11 летних делянок после рубок главного пользования и 2 летние делянки после рубок промежуточного пользования.

В ходе исследований производилась закладка пробных площадей, на которых подсчитывался сохраненный и поврежденный подрост и велся пересчет деревьев (не сплошные рубки), в пасаках и на магистральных и пасечных волоках проводился отбор грунто-

вых проб из поверхностного и глубинного почвенных горизонтов. Грунтовые пробы исследовались в лаборатории.

Проведенное пофакторное исследование по оценке воздействия на лесную среду машин и технологий позволяет сделать следующие выводы:

1. Технологии, базирующиеся на применении гусеничных трелевочных тракторов, обеспечивают сохранность подроста в пасаках на уровне 72 - 81 %. Применение ВПМ и скиддеров позволяет сохранить подрост в пределах 54 - 65%. Данная технология не всегда применима на делянках с сохранением подроста. Использование харвестеров и форвардеров на лесозаготовках при должном уровне квалификации операторов позволяет повысить уровень сохранности подроста до 80 - 89 %.

2. Взаимодействие ходовых систем машины с почвой происходит в основном при их движении по волоку. В местах работы сучкорезных машин или заменяющих их в комбинированных технологиях харвестерах на экскаваторной базе почва также повреждена.

Следует отметить, что песчаные грунты уплотняются быстрее, а глинистые грунты медленнее, но на большие величины. Изменение пористости песчаных грунтов после сопоставимого числа проходов практически всех видов лесной техники составило порядка 8 - 10% в сравнении с ненарушенным грунтовым массивом.

Суглинистые грунты уплотнились на 3 - 6 % на пасечных волоках и на 11 - 15 % на магистральных волоках. Причем уплотнение почвы после проездов гусеничной и колесной техники было сопоставимо. Меньшее значение уплотнения было получено после работы колесного скиддера (11%).

3. На влажных почвах машины могут нарезать глубокую колею. В ней застаивается вода, вызывая амелиорацию отдельных лесных участков. Глубина колеи на песчаных почвах составила 0,12 - 0,17 м., что свидетельствует о применимости широкого ряда лесной техники на данном типе почв. На суглинистых грунтах форвардеры нарезали колею глубиной 0,30 - 0,32 м., колесный скиддер - 0,18 м, гусеничный трелевочный трактор – 0,13 м. По величине давления ходовых систем на почву применяемые на Северо-Западе России отечественные гусеничные машины, харвестеры на экскаваторной базе, ВПМ оказывают практически одинаковое воздействие.

4. Помимо уплотнения почвы, ее повреждения могут быть обусловлены буксованием машин, что вызывает срез верхнего слоя и усиленное колеобразование. При этом возникает опасность обдира корневой коры. Так весной - летом сопротивление корневой коры сдвигу составляет для сосны 43 Н/см² в поперечном направлении и 57 Н/см² в продольном направлении (для ели соответственно 40 Н/см² и 70 Н/см²). Чтобы избежать повреждения корневой коры, например, для лесной машины при площади контакта колеса с грунтом около 40 см², необходимо не превышать тягового усилия на ободу колеса более чем 1,6 - 3,2 кН. Современные зарубежные лесные машины имеют гидростатическую или гидромеханическую трансмиссии, что снижает уровень возникновения подобного рода воздействий на почвы.

5. Системы машин «колесный харвестер + колесный форвардер» и «бензопила + колесный форвардер» меньше травмируют верхний слой песчаных почво - грунтов (8 - 10 % от площади делянки), что в условиях хвойных лесов благоприятствует естественному возобновлению леса.

6. Применение колесных харвестеров и форвардеров на несплошных рубках позволяет обеспечить повреждаемость древостоя на уровне 1,65%, что ниже, чем при применении бензопил и гусеничных трелевочных тракторов (3%)

В результате данного исследования можно сделать следующий вывод: для того чтобы минимизировать вред окружающей среде, при минимальной потере производительности, наиболее подходящими являются колесные трактора оборудованные гусеничными вспомогательными элементами. При движении по лесосеке они наносят меньший вред почве, что в дальнейшем способствует ускорению лесовосстановления; не теряют

свои высокие производительные качества и не уступают в проходимости гусеничным тракторам.

Литература

1. Григорьев И.В., Валяжонков В.Д. Современные машины и технологические процессы лесосечных работ. Учебное пособие. СПб.: Издательство ЛТА, 2009.
2. Григорьев И.В., Редькин А.К., Валяжонков В.Д., Матросов А.В. Технология и оборудование лесопромышленных производств. Технология и машины лесосечных работ. Учебное пособие. СПб.: Издательство ЛТА, 2010.
3. А. С. Большаков ; . Организация лесопользования : учебное пособие , Сыкт. лесн. ин-т. – Сыктывкар : СЛИ, 2013.
4. Герасимов Ю.Ю., Карвинен Сюньёв В.С., Катаров В.К. (ПетрГУ, г. Петрозаводск, РФ) Воздействие лесозаготовительной техники на лесную среду. Герасимов Ю.Ю., Карвинен С. (НИИ Леса Финляндии, г. Йёнсуу, Финляндия), Сюньёв В.С., Катаров В.К. С. (НИИ Леса Финляндии, г. Йёнсуу, Финляндия), (ПетрГУ, г. Петрозаводск, РФ), 2012

УДК 674

Повышение эффективности процесса трелевки сортиментов на базе колесных машин

Я.С. Зубарев

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Ключевые слова: ресурсоемкие операций, эффективности трелевки, Рациональная компоновка системы машин.

В данной исследовательской работе рассмотрены проблемы транспортировки древесины по лесосеке, варианты их решений путем выбора наиболее эффективной системы машины, а так же повышение эффективности трелевки путем выбора более эффективной схемы разработки лесосеки.

Трелевка древесины относится к числу наиболее ответственных и ресурсоемких операций лесозаготовительного производства. Эффективная организация этого процесса во многом определяет показатели работы всего предприятия. Поэтому ученые, как в нашей стране, так и за рубежом, традиционно уделяют значительное внимание исследованию и совершенствованию процесса трелевки. Тем не менее, ввиду сложности и многогранности задачи, ряд вопросов по-прежнему исследован не полно. Известно, что лесозаготовительные предприятия Северо - Западного федерального округа все больше переходят на скандинавскую технологию заготовки, предусматривающую производство сортиментов у пня и их трелевку в полностью погруженном положении при помощи сортиментоподборщиков, которые принято называть форвардерами. Форвардеры производятся как отечественными заводами, так и большим числом иностранных компаний. Их параметры варьируются по таким техническим характеристикам, как: давление движителя на почвогрунт, установленная мощность, масса, допускаемый максимальный объем рейсовой нагрузки, диапазон скоростей движения и т.д. Получение максимального количества продукции при минимальных затратах энергии является одной из важнейших задач производственной эксплуатации техники. Применительно к трелевочным машинам, эту задачу можно сформулировать, как поиск оптимального соотношения энергонасыщенности машины, скорости движения и рейсовой нагрузки.

Транспортные операции поглощают наибольшую часть энергозатрат лесозаготовительного производства. Эффективность применения конкретных технологий и систем

машин определяется во многом их соответствием производственным условиям. При процессе трелевки на лесосеке лесозаготовительная бригада может столкнуться с многочисленными факторами, влияющими на производительность техники: слабонесущий грунт, переувлажненная местность, пересеченный рельеф и так далее.

В настоящее время большинство технологических процессов лесозаготовительных работ основывается на применении систем машин, классификация которых может быть выполнена по следующим основным признакам:

по виду получаемой продукции; перечню и последовательности операций; технологическим, эксплуатационным и нагрузочным режимам; по энергоемкости, удельным затратам заготовки 1 м³ древесины; типу машин; конструктивным особенностям и параметрам машин, в том числе лесотехнологического оборудования; по требованиям экологического равновесия окружающей среды.

Рациональная компоновка системы машин позволяет лесопользователям оптимизировать не только эксплуатационные, но и экологические показатели своей деятельности. Рациональный выбор системы машин для эффективного проведения лесосечных работ зависит, прежде всего, от принятого технологического процесса, а также от финансовых возможностей предприятия. Под системой машин понимается совокупность машин и оборудования различного функционального назначения, взаимосвязанных по техническим и технологическим параметрам и предназначенных для последовательного выполнения технологического процесса лесосечных работ.

Одной из наиболее эффективных форм организации работы систем машин являются комплексы (комплекты). Комплекс (комплект) формируется для эффективного функционирования системы машин в конкретных природно-производственных условиях и характеризуется видом и количеством машин каждого типа, последовательностью их расстановки, а также наличием и типом технологических связей между ними. В настоящее время отечественные и зарубежные производители предлагают лесозаготовительным предприятиям широкий спектр машин и механизмов для лесосечных работ. К основным требованиям, предъявляемым к указанной технике, можно отнести: соответствие параметров и конструкции машины назначению и условиям применения; обеспечение минимальной энергоемкости процессов выполнения технологических операций; обеспечение минимальных нагрузок, воспринимаемых машиной и технологическим оборудованием; минимальные масса и габаритные размеры конструкции; простота устройства, прочность и надежность конструкции; унификация и универсальность машин; износостойкость рабочих органов; минимальные затраты на обслуживание и ремонт.

Для разработки лесосек рекомендуются различные схемы. На выбор схемы оказывают влияние: принятый технологический процесс и вид рубки; вид трелеваемой и вывозимой древесины, комплекс машин; рельеф местности и несущие способности почвогрунтов; размеры вырубаемых лесных площадей и пасек. Схемы разработки лесосек определяют схемы их планировки, размещения трелевочных волоков и валки деревьев на пасеках и лентах. При выборке схемы разработки лесосек необходимо предусматривать обеспечение безопасных условий труда, возможность создания межоперационных запасов древесины и обеспечения высокопроизводительной работы, машин и оборудования.

Повышение эффективности трелевки путем выбора более эффективной схемы разработки лесосеки.

1. Технология разработки лесосеки со вспомогательным технологическим коридором и применением на валке и раскряжевке харвестера, а на подвозке сортиментов – форвардера. Форвардер работает лишь на волоках, удаленных друг от друга на расстояние 30 м. При работе харвестера во вспомогательном коридоре, как и на волоке, выполняется весь цикл вспомогательных операций: валка, обрезка сучьев, раскряжевка и пакетирование, однако пакеты сортиментов при этом укладываются на максимальном удалении от машины. Этим обеспечивается доступность пакетов, сформированных харвестером при

работе во вспомогательном коридоре, манипулятору форвардера, перемещающегося по волоку.

2. Технология разработки лесосеки при работе харвестера в трех режимах и форвардера на подвозке сортиментов. В основе этой технологии лежит возможность использования харвестера по неполному циклу. Сначала разрубаются смежные пасечные волока, отстоящие друг от друга на расстоянии до 40 м, и прилегающие ленты, достигаемые для манипулятора харвестера. Работа при этом ведется по полному циклу. Затем харвестер переходит для работ на оставленную между волоками ленту леса. Перемещаясь по центру этой полосы таким образом, что бы нанести минимальный ущерб насаждению, харвестер валит деревья, назначенные в рубку, под прямым углом к волоку вершиной в направлении ближайшего волока. Обрезка сучьев и раскряжевка поваленных деревьев осуществляется во время следующего прохода харвестера по разрубленным волокам. Обрезка сучьев производится способом «за вершину», а раскряжевка хлыста, после перехвата его харвестерным агрегатом – «за комель».

3. Рубка рядами. Данный метод рекомендуется при проведении сплошных рубок главного пользования на грунтах с удовлетворительной и хорошей способностью. В состав системы машин входит безредукторная бензиномоторная пила и форвардер. Цель метода – свести ручную обрезку сучьев до минимума, обеспечивая ее на удобной рабочей высоте, оставляя в то же самое время пиловочник там, где он лежит, готовый к погрузке форвардером. Единственное ручное пакетирование, которое нужно сделать – отделить балансы (вершинную часть) от пиловочника. Преимуществом данного метода является также возможность создания толстого настила из веток и сучьев для передвижения форвардера.

Ширина пасеки для данного метода зависит от средней высоты вырубаемых деревьев и не может превышать их двойную высоту. Разработка пасеки начинается с валки толстого ветвистого дерева, расположенного посередине пасеки, прямо на другие деревья. На нем обрезаются сучья и делаются поперечные надрезы в соответствии со схемой раскряжения хлыстов на сортименты. Данное дерево будет служить опорной платформой для последующих деревьев. В зоне поваленного выбирается близстоящее дерево, которое валится на дерево-опору так, чтобы центр его тяжести находился близко к дереву-опоре.

Для перемещения поваленного дерева на дереве-опоре в сбалансированное положение вальщик может использовать лом с кантовальным крюком. После обрезки сучьев и выполнения надрезов сбалансированный хлыст легко повернуть таким образом, чтобы он лег параллельно дереву-опоре. Если необходимо увеличить высоту "опоры", его оставляют лежать. В противном случае делаются поперечные распилы ствола в местах надрезов на сортименты.

Далее продолжается направленная валка других деревьев поперек дерева-опоры по такому же принципу, с двух полупасек. В первую очередь валятся близстоящие деревья, во вторую – отдаленные. После вырубki деревьев в зоне дерева-опоры выбирается новое крепкое дерево для опоры. Осуществляется смещение зоны работ к вновь поваленному дереву и обработанному дереву-опоре. На него аналогично валятся и обрабатываются вначале ближестоящие деревья, а затем деревья, находящиеся далеко от ряда сортиментов. Если некоторые деревья находятся слишком далеко, чтобы их переместить или легко опереть на ряд сортиментов, то их оставляют стоять до работы со следующим рядом (на новой пасеке). Завершаются работы поперечной распиловкой всех деревьев-опор и окучиванием в ряду тонкомерных сортиментов. Сформированные ряды сортиментов готовы к погрузке и вывозке.

4. Продвигаясь вглубь лесосеки, харвестер доходит до ее дальней границы и после разворота начинает валку на следующей пасеке, перемещаясь к лесовозному уссу. У каждого дерева после валки обрезаются сучья и хлыст раскряжевывается на сортименты. Сучья используются для укрепления пасечных волоков. При формировании трелевочной

пачки форвардер грузит крупные сортименты поштучно, средние и мелкие – пачками. На погрузочной площадке им же либо погрузочными машинами происходит формирование штабелей определенных сортиментов. В последующем погрузочные машины осуществляют из штабелей отгрузку сортиментов на автомобильный транспорт.

На труднодоступных для харвестеров участках и при деревьях большого объема для выполнения всех технологических операций используют бензиномоторные пилы. Крупные сортименты, получаемые при этом, остаются на месте, а средние и мелкие собираются в микропачки.

При разработке лесосек данной системой машин волок, располагающийся посередине пасаки, может быть как прямолинейным, что упрощает трелевку, так и непрямолинейным вследствие огибания харвестером куртин подроста, куртин и одиночных деревьев молодняка хозяйственно ценных пород, биогрупп и др. Непрямолинейные волокна, ширина которых около 4 м, также снижают ветровую нагрузку на насаждение при несплошных рубках. Ширина пасаек при такой технологии составляет два эффективных вылета манипулятора.

Технология с заездами на полупасаки может рассматриваться как вариант технологии с волоком посередине пасаки с увеличенной ее шириной до четырех эффективных вылетов манипулятора

Шаг примыкания заездов к волоку с каждой стороны также составляет четыре R. Заезды на смежных полупасаках смещены на половину шага примыкания, что обеспечивает досягаемость всех деревьев. При этом заезды выполняются по дуге, что обеспечивает плавное примыкание к волоку.

В целях уменьшения общей длины пасечных волоков, по которым перемещается форвардер, может применяться схема со вспомогательным коридором (импровизированным волоком) В этом случае расстояние между пасечными волоками составляет примерно 3,5 эффективных вылета манипулятора.

По результатам данного исследования были сделаны следующие выводы: в целях повышения эффективности процесса трелевки и лесозаготовки в целом, в зависимости от вида получаемой продукции и природно – производственных условий, необходимо подобрать наиболее подходящую схему разработки лесосеки или систему машин.

Литература

1. Ширнин Ю.А., Рукомойников К.П. Оптимизация режимов работы форвардеров. Лесной вестник. - №2 (17). - 2001.
2. Ширнин Ю.А., Рукомойников К.П. Технология разработки лесосек с использованием машин для трелевки сортиментов Лесной журнал - 2002. - №3. - С50-57.
3. Григорьев И.В., Валяжонков В.Д. Современные машины и технологические процессы лесосечных работ. Учебное пособие. СПб.: Издательство ЛТА, 2009.
4. Григорьев И.В., Редькин А.К., Валяжонков В.Д., Матросов А.В. Технология и оборудование лесопромышленных производств. Технология и машины лесосечных работ. Учебное пособие. СПб: Издательство ЛТА, 2010.

СОДЕРЖАНИЕ

Строительство и архитектура

Коваленко Г.В., Аёв А.Д. Анализ методов расчета железобетонных купольных покрытий.....	3
Зиновьев А.А., Амридинов У.Н. Повышение эффективности композиционных цементов с использованием местных сырьевых ресурсов.....	7
Лебедева Т.А., Антипина А.А., Бурбо Т.А. Золошлаковые отходы для малоэтажного строительства.....	10
Белых С.А., Артюхова П.Н., Казыева А.И., Сивкова В.И. Пути использования стеклобояв технологии строительных материалов.....	13
Зиновьев А.А., Бурбо Т.А., Антипина А.А. Защита бетона и железобетона от коррозии.....	17
Волкова О.Е., Косых А.В., Серышева Е.П., Волков В.Ю. Перспективы развития газозолобетона в Восточной Сибири.....	20
Глебушкина Л.В., Гребенникова Л.Ю. Анализ развития малоэтажной застройки в планировочной структуре большого города.....	23
Глебушкина Л.В., Грищенко А.В. Современные проблемы строительной сферы как индикатор формирования стратегии градостроительного развития территорий.....	28
Люблинский В.А., Ероцкая А.Е., Ероцкий В.А. Оценка несущих систем многоэтажных зданий серии 1-464А.....	33
Косых А.В., Казимиренок К.М. Железобетонные трубы - современное состояние, перспективы производства.....	36
Дудина И.В., Коплик С.С., Некрылов А.В. Современный подход к оценке эксплуатационной пригодности железобетонных конструкций на стадии изготовления.....	39
Коваленко Г. В., Коронкевич А.Л., Рамазанова Г.А. Некоторые способы аппроксимации диаграмм состояния бетона.....	42
Краснов Д.Н., Юсупов А.С. Особенности оценки надежности усиленных железобетонных колонн.....	47
Белых С.А., Маргарян В.Э. Вяжущее повышенной водостойкости для ограждающих конструкций.....	50
Маргарян Д.Э. Актуальность применения полистиролбетона в малоэтажном строительстве.....	55
Дудина И.В., Митяева А. И., Жданкина Н.В. Снижение материалоемкости железобетонных конструкций как способ их оптимизации и повышения экономической эффективности.....	57
Дудина И.В., Муска Е.А., Попова М.М., Веселов А.А. Особенности оценки напряженного состояния железобетонных конструкций, работающих при сложном характере кратковременного нагружения.....	60
Перетолчина Л.В., Несмеянов А.А. Влияние демографических процессов на перспективы развития города Братска.....	65
Сапегин А.В., Расулов Ш.Ш. Вероятностные модели эксплуатационных нагрузок, действующих на многоэтажные здания.....	69
Свергунова Н.А. Рынок недвижимости города Братска.....	72
Сивкова В.И., Казыева А.И., Артюхова П.Н. Обоснование применения теплоизоляционного штукатурного слоя в фасадных системах.....	75
Белых С.А., Собчук Е.В. Оценка свойств и оптимизация состава малоклин-	

кернаго цемента для строительных растворов.....	78
Перетолчина Л. В., Соколова Д. В. Нормативы структуры жилищного фонда.....	82
Глебушкина Л.В., Стасевич В.А. Основные аспекты формирования общественно-деловых пространств.....	85
Макарова И.А., Дерунов С.И., Тимофеев Ю.А., Гавришук Ю.С. Разработка способа упрочнения глинокремнеземистого керамического материала с органической добавкой.....	90
Перетолчина Л.В., Хамроев А.А. Этапы развития города Душанбе.....	95
Люблинский В.А., Харина Д.В. Определение риска обрушения несущей системы многоэтажного здания 121 серии.....	98
Перетолчина Л.В., Ядрышников М.А. Выявление главной проблемы транспортной инфраструктуры в больших городах России.....	103
Пунтус В.А., Жолудев П.А. Причины возникновения аварий в сооружениях из ЛСТК.....	106
Кряжева Ю.М. Подбор конечных элементов в расчетно-вычислительном комплексе «SCAD 21.1» на примере многоэтажного жилого дома из монолитного железобетона.....	109
Кряжева Ю.М. Расчетная схема на примере многоэтажного здания из монолитного железобетона в расчетно-вычислительном комплексе «SCAD 21.1».....	113

Лесное и зеленое хозяйство, ландшафтное строительство

Чжан С.А., Сараева Е.А. Динамика таксационных показателей сосновых древостоев под влиянием рубок ухода за молодняками.....	116
---	-----

Менеджмент

Глебушкина Л.В., Перетолчина Е.В., Жданова Е.А. Влияние ставки ЦБ РФ на инвестиционную активность Приангарья (Иркутская область).....	120
Кругов И.О. Сравнительный анализ систем поддержки принятия решений... ..	125
Луковникова Е.И., Кутузова Е.И. Исследование тенденций развития современного рынка труда.....	127
Луковникова Е.И., Кутузова Е.И. Проблемы повышения качества человеческого капитала в России и необходимые меры его развития.....	132
Менделева Д.В. Системы поддержки принятия решений: проблемы и пути решения.....	135
Морнова Ю.В. Роль государства в совершенствовании инвестиционной деятельности сельскохозяйственных предприятий.....	137
Серышев М.А. Управленческий учет: сравнительная характеристика программных продуктов.....	142
Сивкова С.Е. Управление муниципальной недвижимостью: сравнительная характеристика информационных систем.....	144
Смирнова В.В. Совершенствование информационного обеспечения учета отходов.....	147
Шамсутдинова Д.С. Инновационная политика: цели, задачи, принципы.....	149

Экология и природопользование

Варданян М.А., Кобзев А.В. Концепция совершенствования системы мониторинга загрязнения окружающей среды на 2017-2025 годы.....	154
Величко Г. Р. Оценка влияния сточных вод лесопромышленного комплекса на состояние реки Вихорева.....	157
Никифорова В.А., Колесникова О.А., Воронцова Е.В. Аспекты здоровья и адаптации человека к воздействиям окружающей среды.....	160
Никифорова В.А., Подойницына Н.А. Роль экологической компоненты в оценке эколого-экономических систем Северных территорий Иркутской области....	164
Ерофеева М.Р., Романычев А.А. К вопросу об обращении с ТКО на уровне муниципальных образований.....	167
Никифорова В.А., Руми Н.А. Оценка риска для здоровья населения в связи с загрязнением атмосферного воздуха мультииндустриального центра.....	170

Современные технологические машины и оборудование

Анисимов А.С. Анализ геометрии сборного сверла со сменными многогранными пластинами.....	174
Бондин А.В. Сбор, интерпретация и адаптация данных для динамического моделирования.....	179
Кутовенко М.В., Бонко М.С. Засаливание алмазных кругов при комбинированной электроалмазной обработке.....	183
Войтухов Ю.Н. Износ алмазных кругов при комбинированной электроалмазной обработке.....	188
Гоибов Н.Р., Мухиддинзода К.Д. Автомобильное колесо повышенной безопасности. Результаты стендовых испытаний.....	192
Гондаленко Е.Т. Алмазное шлифование высокопрочных материалов.....	196
Мазур В.В., Гринштейн Н.М. Математическая модель силового баланса автомобиля при движении по дороге с неровным микропрофилем.....	200
Жихарев В.С., Молоков Д.Г., Храмовских В.В. Планирование эксперимента по обработке твердосплавных материалов.....	205
Коваль В.С., Захаров Д.С. Колесный движитель с безвоздушной шиной из эластичного полиуретана.....	209
Камнев А.В., Малышева А.С., Малышев Д.В. Упруго-демпфирующие свойства листовых рессор. Стенды и оборудование для проведения экспериментов..	212
Рыков С.П., Коваль В.С., Синебрюхов С.А. Упругие свойства пневматических шин. Стенды и оборудование для проведения экспериментов.....	216
Рыков С.П., Коваль В.С., Муратов М.М. Экспериментальные исследования пневматических шин в режиме свободных колебаний. Стенды и оборудование...	220
Рыков С.П., Коваль В.С., Цыганкова Н.В. Неупругое сопротивление в пневматических шинах. Стендовое и приборное обеспечение экспериментов.....	224
Рыков С.П., Коваль В.С., Рыкова О.А. Сглаживающая способность пневматических шин. Стенды и оборудование для экспериментальных исследований.....	229
Кузнецова Е.М., Кузнецова К.Э. Поверхность инструментальных материалов после электроалмазной обработки.....	234
Кузнецова К.Э., Кузнецова Е.М. Источники тепла и его распределение между стружкой, инструментом и деталью.....	238

Кутовенко М.В. Причины потери работоспособности алмазных кругов на металлической связке.....	245
Кутовенко М.В., Хлыстов А.Н. Технология бездефектной обработки инструментальных материалов.....	250
Молоков Д.Г., Жихарев В.С., Храмовских В.В. Анализ эффективности алмазных кругов при обработке деталей машин.....	255
Мухиддинзода К.Д. Гоибов Н.Р. Исследования упругих и демпфирующих свойств безвоздушных шин.....	258
Хлыстов А.Н. Адаптивность алгоритмов моделирования кристаллических решеток.....	261
Храмовских В.В., Молоков Д.Г., Жихарев В.С. Обзор методов шлифования	266
Кулаков А.Ю., Шалыга К. Р. Средства переносного и встроенного диагностирования гидроцилиндров машин по параметрам несущей способности.....	269
Щёголева Т.А., Аганин Л.А. Обзор оборудования для исследования грунта на сдвиг при разработке его землеройными машинами.....	273

Теплоэнергетика и теплотехника

Большаков С.С. Утилизация древесных отходов с получением тепловой и электрической энергии.....	278
Большаков С.С. Виды топочных устройств.....	280
Дербенёв А.В. Исследование газа, подаваемого в сушилку.....	284
Дербенёв А.В. Расчёт установки для термообработки пористых материалов..	287
Евтихов А.С. Тепловые электростанции и их виды.....	290
Евтихов А.С. Перевод котлоагрегата БКЗ-320-140-ПТ на непроектное топливо.....	293
Красногоров Е.В., Панов Д.Д. Реконструкция систем пылеприготовления ПАО «ИркутскЭнерго» ТЭЦ – 6.....	295
Москалёва А.А. Разработка системы воздухоснабжения для предприятия в поселке Магистральный.....	299
Москалёва А.А. К вопросу об энергосбережении в системах воздухоснабжения промышленных предприятий.....	303
Панов Д.Д., Радчук В.Е., Красногоров Е.В. Осадок сточных вод как нетрадиционный источник энергии. Методы производства.....	306
Елсуков В.К., Попова К.А. Надежность тепловых сетей.....	309
Попова К.А. Разработка монтажной схемы жилого района «Лесной» г. Усть-Илимск.....	313
Синельщиков А.К. Эффективность использования гидромурфы на питательном насосе.....	315
Синельщиков А.К. Эффективность внедрения турбопривода на питательный насос.....	318
Старченко А.В. Эффективность ионнитных материалов.....	321
Старченко А.В. Новые технологии водоподготовки.....	325
Юрасов К.Ю. Разработка пневмосистемы малого предприятия.....	329
Юрасов К.Ю. Система автономного отопления предприятия ИП «ЭЛДВИГ»	333

Электроэнергетика и электротехника

Асозода Ахкомиддин, Поздняков С.Е. Развитие автоматизированных систем управления электрических подстанций.....	338
Поздняков С.Е. Методы оптимизации режимов работы электроэнергетических систем.....	341
Санников Н.К., Поздняков С.Е., Пермьяков Э.Р., Кибец Д.С., Асозода А.А., Щепляков С.В., Чернышов А.В., Гуженок Р.С., Шмарина Л.И. Современные типы проводов и кабелей применяемые в электроэнергетике.....	345
Тигунцев С.Г., Корчанова А.С., Яковлева Т.Д. Программный комплекс «Качество» по расчету несимметричных и несинусоидальных режимов в электрических сетях в симметричных координатах.....	349
Лисицкая О.Д. Методика аналитического описания нормализованной частотной характеристики фликерметра.....	352

Автоматизация и управление

Сыготин А. С., Кататова Е. В. Выбор сигнализатора уровня.....	357
Готовцев В.Ю., Дунаев Р.А., Веселов Е.С. Инфокоммуникационные технологии в жизнедеятельности человека.....	359
Еремеева Ж.А. Параметрический синтез системы автоматического регулирования частоты вращения гидротурбины Братской ГЭС.....	362
Казакова Е.А. Сертификация телекоммуникационного оборудования в Российской Федерации.....	365
Короткова К.Е. Способы защиты оптоволоконного кабеля.....	369
Короткова К.Е. Расчет мощности систем бесперебойного электроснабжения	372
Лузгин В.В., Кулов Б.Х. Эвристические программы диагностики промышленных объектов.....	375
Кушнирук А.А. Параметрический синтез локальной САР частоты вращения электродвигателя на базе преобразователя частоты на трубопроводе.....	380
Петухов Н.В. Языки программирования роботов.....	383
Пляскин Д.А. Стандартизация в области связи.....	386
Колтыгин Д.С., Поликевич А.И. Выбор оптического усилителя для волоконно-оптической линии передачи.....	390
Сердюк В.В. Адаптивная система компенсации неизвестного запаздывания...	393
Сердюк В.В. Законы и принципы кибернетики, применяемые в системах автоматического управления.....	395
Славгородская А. А. Параметрический синтез локальной САР частоты вращения ротора турбогенератора с использованием интегрированной среды MATLAB.....	399
Смертин Д. А. Определение передаточных функций промышленных объектов методом восстановления дифференциальных уравнений.....	402
Тимчук Б.С. Исследование методов настройки промышленного ПИД-регулятора.....	405
Трусевич А.В. Параметрический синтез системы автоматического регулирования температуры в электродвигателе.....	408
Григорьева Т.А., Шуманский Э.К. Исследование динамических свойств пресспата на основе многофакторного корреляционно-регрессионного анализа.....	411

Явкин В.С. Сравнение параметров беспроводных технологий WiMAX и LTE.....	415
---	-----

Педагогика и психология в образовании

Лапенко Е.В., Е.В. Гузова Е.В. Использование информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе.....	419
---	-----

Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств

Вовк В.А. Определение оптимальных параметров устройства для извлечения ядер из кедрового ореха.....	422
Локштанов Б.М., Орлов В.В., Соколова В.А., Бачериков И.В. Центрифугирование влажной щепы.....	426
Бырдин П.В., Ящук Д.Н. Теоретические особенности контактного нанесения жидких химических препаратов на поверхность семян.....	430
Панченко А.В., Есаулова Е.Л., Жилкина В.С. Лесопромышленный комплекс Сибири: проблемы развития и способы их решения.....	434
Панченко А.В., Есаулова Е.Л., Жилкина В.С. Оценка влияния внешних условий на лесозаготовительный процесс.....	437
Стасевич В.В., Чупин М.Д. Определение состояния двигателя в целом по его мощности.....	441
Смирнов Д.В., Стасевич В.В. Анализ устройства для срезания затопленной древесины на корню.....	443
Смирнов Д.В., Чупин М.Д. Технологическая эффективность при эксплуатации бензиномоторных пил.....	446
Ожерельев А.Ю., Красносчек Д.В. Анализ технологических процессов освоения древесины в зоне водохранилищ.....	448
Ожерельев А.Ю., Красносчек Д.В. Анализ способа сбора и транспортировки древесины в зоне водохранилищ.....	451
Варанкина Г.С., Русаков Д.С., Мойжес Д.С. Формирование древесных клееных материалов на основе модифицированных лигносульфонатами карбамидоформальдегидных смол.....	453
Чубинский А.Н., Русаков Д.С., Мельников А.И. Математическое описание процесса склеивания шпона фенолоформальдегидной смолой с использованием пектола.....	459
Зубарев Я.С. Повышение эффективности лесопользования, путем минимизации вреда окружающей среде.....	463
Зубарев Я.С. Повышение эффективности процесса трелевки сортиментов на базе колесных машин.....	466

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**Молодая мысль:
наука,
ТЕХНОЛОГИИ,
ИННОВАЦИИ**

**Материалы IX(XV) Всероссийской
научно-технической конференции
студентов, магистрантов, аспирантов
и молодых ученых
20-24 марта 2017 года**

Материалы опубликованы в авторской редакции

Формат 84 x 108 ¹/₁₆

Печать трафаретная

Уч.-изд.л. 29,8. Усл.печ.л. 29,8

Тираж экз. Заказ

Отпечатано в издательстве ФГБОУ ВО «БрГУ»
665709, Братск, ул. Макаренко, 40