

## ШЛИФОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ С НАЛОЖЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

В процессе шлифования режущая способность шлифовального круга постепенно снижается, что приводит к необходимости соответствующего снижения производительности бездефектного шлифования или (и) к ухудшению качества шлифованных деталей. Одним из путей повышения эффективности шлифования заготовок из различных материалов является наложение ультразвуковых колебаний в процессе шлифования, в данном случае на заготовку. Наложение ультразвуковых колебаний позволяет снизить коэффициент трения в зоне контакта круг-заготовка, силы резания, контактные и локальные температуры, что приводит к сохранению режущей способности абразивного зерна (АЗ), а, следовательно, обеспечивается возможность увеличения производительности обработки и периода стойкости круга. Кроме того, в процессе шлифования в поверхностном слое заготовки формируются в большинстве случаев растягивающие остаточные напряжения, негативно влияющие на эксплуатационные характеристики изделия. Одним из способов снятия остаточных напряжений является наложение ультразвуковых колебаний. В данном случае наложение ультразвуковых колебаний на заготовку происходит как в процессе шлифования, так и после его окончания и снятия заготовки вместе с устройством для осуществления данного способа со станка. На станке появляется возможность обработки следующей заготовки. Отпадает необходимость установки-снятия заготовки во второе приспособление, поскольку используется одно приспособление. Это обеспечивает увеличение производительности обработки и эффективности снятия остаточных напряжений.

Технический результат - увеличение периода стойкости шлифовального круга и производительности обработки при обеспечении заданного качества шлифованных деталей.

Указанный технический результат при осуществлении способа плоского шлифования с наложением ультразвуковых колебаний включает непрерывное наложение ультразвуковых колебаний на заготовку в процессе шлифования.

К причинам, препятствующим достижению указанного технического результата при использовании известного способа, принятого за прототип, относится то, что в известном способе ультразвуковые колебания не оказывают заметного влияния на процесс шлифования, так как имеет место локальный участок контакта инструмента для снятия остаточных напряжений и заготовки, и ультразвуковые колебания распространяются по ограниченному объему заготовки.

Особенность заключается в том, что перед шлифованием заготовку устанавливают в устройство для наложения колебаний, причем ультразвуковые колебания накладывают на заготовку не только в процессе шлифования, но и после окончания этого процесса и снятия заготовки с устройством со станка.

Благодаря ультразвуковым колебаниям, сообщаемым заготовке в процессе шлифования, уменьшаются силы резания, контактные и локальные температуры в зоне контакта АЗ с заготовкой. Уменьшение локальных температур в зоне контакта АЗ с заготовкой позволяет улучшить качество шлифованных деталей и уменьшить массу налипов металла на зерна круга, благодаря чему увеличиваются период стойкости шлифовального круга и производительность шлифования. С изменением частоты изменяется длина волны, а место расположения узлов колебаний будет непостоянным, поэтому наложение на заготовку частотно-модулированных ультразвуковых колебаний обеспечивает колебание всех сечений поверх-

ностного слоя заготовки. Увеличенный период наложения на заготовку частотно-модулированных ультразвуковых колебаний позволяет в максимальной степени снять остаточные напряжения с заготовки и улучшить эксплуатационные характеристики детали. Это обеспечивается за счет того, что после обработки шлифованием заготовка вместе с устройством для наложения ультразвуковых колебаний снимается со станка и на нее продолжают накладывать частотно-модулированные ультразвуковые колебания вне зоны обработки, за счет чего увеличивается эффективность снятия остаточных напряжений в поверхностных слоях заготовки, а в это время на станке обрабатывается следующая заготовка. Также отпадает необходимость устанавливать и снимать заготовку в различные приспособления. Для сообщения шлифуемой заготовке ультразвуковых колебаний частотно-модулированной формы используется электрический сигнал, модулированный по частоте, который может быть получен с помощью ультразвукового генератора (УЗГ).

На (рис. 1) представлена схема устройства для осуществления способа плоского шлифования с наложением УЗК.

Устройство содержит: рамку 1, заготовку 2, кронштейн 3, волновод 4, корпус 5, винт 6, пьезопреобразователи 7.

Заготовку 2 устанавливают в рамку 1, поджимают винтом 6 к торцу волновода 4. Рамку 1 устанавливают на магнитную плиту станка. На заготовку 2 накладываются УЗК, и проводится ее обработка шлифовальным кругом. Упругие механические колебания, генерируемые с помощью пьезопреобразователей 7, модулированные по частоте, сообщаются заготовке 2 через волновод 4. Волновод 4 крепится корпусом 5, установленном в кронштейне 3, жестко связанным с рамкой 1. Данное решение позволяет осуществить наложение частотно-модулированных колебаний на заготовку 2 без затруднения процесса шлифования. Наложение на заготовку 2 частотно-модулированных ультразвуковых колебаний обеспечивает колебание всех сечений поверхностного слоя.

Таким образом заготовке 2 сообщаются частотно-модулированные УЗК, что приводит к уменьшению сил резания, локальных температур, коэффициента трения АЗ с заготовкой и снижению остаточных напряжений, возникающих в процессе шлифования.

После обработки шлифованием заготовка 2 вместе с устройством для наложения ультразвуковых колебаний снимается со станка, и на нее продолжают накладывать частотно-модулированные УЗК вне зоны обработки с целью релаксации остаточных напряжений в поверхностном слое заготовки 2.

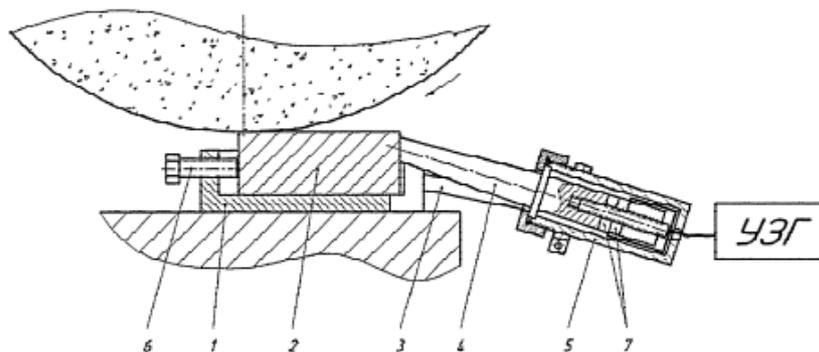


Рис. 1. Способ плоского шлифования с наложением УЗК

Н.В. Вельш, С.Н. Герасимов, А.Н. Степаненко, В.С. Федоров

*Братский государственный университет*

## **ДИСКОВЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН БЕТОНООТДЕЛОЧНОЙ МАШИНЫ С ИЗМЕНЯЕМЫМ ГРАДИЕНТОМ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ**

При обработке незатвердевшей бетонной поверхности изделий бетоноотделочными машинами главным критерием, определяющим качество поверхности, является шероховатость и во многих случаях, прочность поверхностного слоя изделия.

К настоящему времени проведены многочисленные теоретические и экспериментальные исследования по изучению процессов обработки поверхности отформованных железобетонных изделий, исследованы различные способы обработки и разнообразные рабочие органы заглаживающих машин [1]. Одним из перспективных направлений при обработке свежесделанных бетонных смесей является бетоноотделочные машины с воздействием внешних энергетических полей, например электрического или микроволнового поля, которые позволили бы интенсифицировать процесс обработки поверхности незатвердевшего бетона при помощи воздействия внешних энергетических полей. В настоящее время такие бетоноотделочные машины малоизучены.

Установлено, что микроволновое поле способствует образованию в бетоне структуры с мелкими кристаллами и большим числом кристаллизованных контактов, разогревают смесь и ускоряют химические процессы в ней, улучшающие свойства конечной структуры, а, следовательно, и бетона.

Излучатель микроволновых волн – магнетрон рис.1 может работать на различных частотах от 0,5 до 100 ГГц, с мощностями от нескольких Вт до десятков кВт в непрерывном режиме, и от 10 Вт до 5 МВт в импульсном режиме при длительностях импульсов главным образом от долей до десятков микросекунд, при этом обладает высоким КПД (до 80%)

Нагрев основан на принципе так называемого «дипольного сдвига» [2]. Молекулярный дипольный сдвиг под действием электрического поля происходит в материалах, содержащих полярные молекулы. Энергия электромагнитных колебаний поля приводит к постоянному сдвигу молекул, выстраиванию их согласно силовым линиям поля, что и называется дипольным моментом. А так как поле переменное, то молекулы периодически меняют направление. Сдвигаясь, молекулы «раскачиваются», сталкиваются, ударяются друг о друга, передавая энергию соседним молекулам в этом материале. Так как температура прямо пропорциональна средней кинетической энергии движения атомов или молекул в материале, значит, такое перемешивание молекул по определению увеличивает температуру материала. Таким образом, дипольный сдвиг — это механизм преобразования энергии электромагнитного излучения в тепловую энергию материала.

Нагрев от магнетрона в результате дипольного сдвига под действием переменного электрического поля зависит от характеристик молекул и межмолекулярного взаимодействия в среде. Для лучшего нагрева частоту переменного электрического поля нужно установить таким образом, чтобы за полупериод молекулы успели полностью перестроиться. Так как вода содержится в бетонном растворе, частоту СВЧ излучателя подобрали для лучшего разогрева именно молекул воды в жидком состоянии.

Микроволны идут снаружи внутрь, задерживаются в наружных слоях смеси. Микроволны не воздействуют на сухие непроводящие материалы.

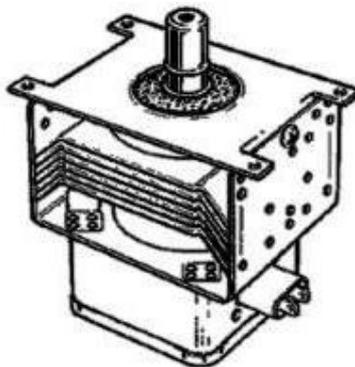


Рис. 1. Орган заглаживающей машины

Сущность установки поясняется чертежами, где на рис.2 представлен дисковый рабочий орган бетоноотделочной машины с СВЧ излучателями, на рис.3 изображены магнетроны, используемые на заглаживающей машине.

Дисковый рабочий орган бетоноотделочной машины состоит из демпфера 6 который имеет возможность гасить вертикальные колебания корпуса 3, приводного вала 1 приводимого в движение электродвигателем. На приводном валу 1 расположена упругая муфта 2, которая в свою очередь закреплена к стакану 3, так же на стакане 3 закреплены скользящие контакты 8, к скользящим контактам присоединено электропитание через реостат 7, заглаживающий диск 4 жестко закреплен к приводному валу 1 при помощи болтового соединения, заглаживающий диск 4 имеет углубления и вставки из тонкого слоя металла, например, стали с расположенными в них магнетронами 5.

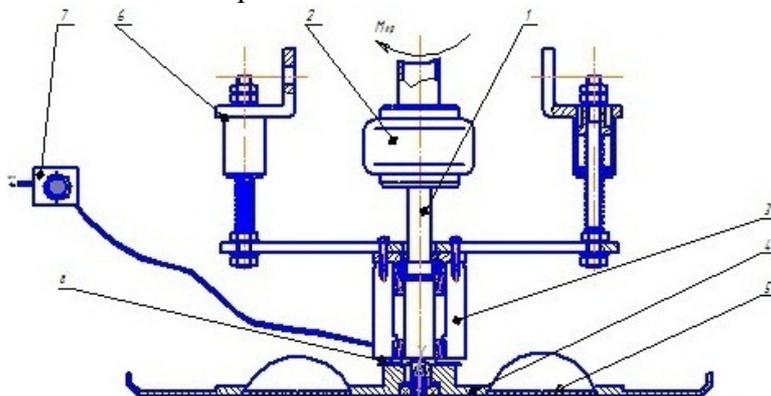


Рис. 2. Дисковый рабочий орган бетоноотделочной машины с СВЧ излучателями

Устройство работает следующим образом. При включении электродвигателя через упругую муфту 2, передается вращение приводному валу 1, который жестко закреплен с заглаживающим диском 4, в углублениях расположены, магнетроны, которые создают СВЧ излучение, градиент которого регулируется с помощью реостата 7, активирующие обрабатываемое изделие.

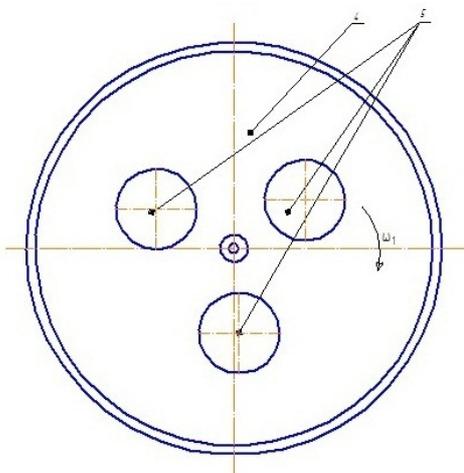


Рис. 3. Магнетроны, используемые на заглаживающей машине

#### Библиографический список

1. Герасимов, С.Н. Определение рациональных параметров и режимов работы вибрационного дискового рабочего органа для обработки бетонных поверхностей//Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. БрГУ. -Братск, 2003. -198 с.
2. Мамаев, Л.А. Экспериментальные исследования в области обработки бетонных поверхностей: монография/Л.А. Мамаев, В.Б. Кашуба, А.А. Кононов, С.Н. Герасимов. -Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2006. -130 с.

М.А. Кашуба

*Братский государственный университет*

## СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ГИДРОПРИВОДЕ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

**Направляющие гидроаппараты.** Управление различными по назначению и конструктивному исполнению рабочими органами и исполнительными механизмами в гидроприводах

с разомкнутым потоком осуществляется многозолотниковыми секционными или моноблочными распределителями, предназначенными для плавного пуска, изменения направления и скорости потока рабочей жидкости (РЖ), остановки рабочих органов машин и механизмов.

Для создания современных мобильных машин серийно поставляют секционные и моноблочные многозолотниковые распределители, представляющие собой сложный гидроагрегат, который предохраняет гидросистему от чрезмерных нагрузок, обеспечивает дистанционное управление исполнительными механизмами, разгрузку от давления и другие функции. Основные параметры распределителей – номинальный расход (от 35 до 1200 л/мин) и максимальное давление (35 МПа). Схемы соединения с исполнительными механизмами у них разные, как и типы и исполнения встраиваемых предохранительных, антикавитационных и других комбинированных клапанов, и разные виды управления золотниками, и способы вращения золотников в нейтральную позицию. Для дистанционного гидравлического управления ЗАО «ГидраПак Холдинг» поставляет пять блоков управления (джойстиков), двух- и четырехкоординатных с ручным, педальным (ножным) управлением и блоки питания системы управления с гидроаккумулятором.

Многозолотниковые распределители позволяют совмещать рабочие операции, предусмотренные гидравлической схемой машины, в соответствии с заданными функциями исполнительных механизмов в конкретных условиях применения. Некоторые конструкции распределителей имеют защитные и другие дополнительные устройства, обеспечивающие безопасность при выполнении грузоподъемных операций.

Наиболее часто применяются четырехлинейные двух- и трехпозиционные (4/2 и 4/3) распределители с цилиндрическими золотниками, имеющие открытый центр в нейтральной позиции золотника (проточная схема), когда напорная гидравлическая линия соединена со сливом внутри распределителя. Однако для некоторых мобильных машин, требующих изменения направления движения и регулировки скорости рабочих органов, применяют шестилинейные трехпозиционные (6/3) и реже четырехпозиционные четырехлинейные (4/4) распределители, чтобы получить «плавающую» позицию.

Современные конструкции распределителей с компенсаторами давления в виде регулируемых дросселей, встроенных в пропорциональные клапаны, постоянно отслеживают давление между регулируемым дросселем и потребителем (гидромотором или гидроцилиндром) и передают сигнал об изменении внешней нагрузки на регулятор насоса, изменяющий в свою очередь подачу насоса в гидроприводе с разомкнутым потоком. Такой гидропривод с системой LS (Load Sensing) обеспечивает быстрое и точное регулирование расхода РЖ практически независимо от внешней нагрузки, уменьшает потери давления, выделение тепла и демонстрирует значительное энергосбережение в отличие от обычных гидравлических систем.

Номенклатура одно- и многозолотниковых селекторных распределителей с ручным и электромагнитным управлением широкая: на давление 21...35 МПа и расход 30...250 л/мин. Конструктивные возможности таких распределителей позволяют применять их в качестве связующего звена между потребителями и основным распределителем, когда необходимо управлять двумя и более потребителями попеременно с помощью основного распределителя.

Обычно селекторные распределители состоят из одного или двух управляющих золотников с возвратными пружинами и электромагнитов. Для переключения золотников в одну из рабочих позиций применяется комбинированное переключение первого или второго электромагнита. В результате переключения открываются каналы для прохождения потока РЖ и устанавливается связь между отверстиями основного потока. При отключении питания электромагнита возвратная пружина перемещает золотник в нейтральную позицию. При необходимости переключить распределитель можно вручную, нажав на кнопку аварийного управления на торце электромагнита.

Основные параметры шестилинейных двухпозиционных распределителей на условный проход 10 мм: максимальное давление 31,5 МПа; 13 класс чистоты РЖ по ГОСТ 17216–2001; кинематическая вязкость РЖ от 15 до 800 мм<sup>2</sup>/с; допустимый диапазон температуры РЖ от –40 до +70 °С. Электрические параметры: напряжение питания электромагнита 12 или 24 В

постоянного тока; потребляемая мощность 45 Вт; температура окружающей среды от – 40 до +50 °С; температура катушки электромагнита до +180 °С.

Эти новые для отечественной промышленности так называемые селекторные (переключающие) распределители, или переключатели, обеспечивают приоритетный выбор направления потока РЖ. Обычно их устанавливают между двумя потребителями и основным распределителем, когда необходимо управлять обоими потребителями попеременно с помощью одного основного распределителя.

Применение этих распределителей показало удобство в управлении исполнительными механизмами и в ряде случаев позволило значительно уменьшить количество и длину применяемых трубопроводов и рукавов высокого давления, а также снизило себестоимость.

**Электрогидравлическая пропорциональная система управления гидравлическими приводами.** По ряду объективных причин и с учетом субъективных факторов внедрение пропорционального электронного управления (ЭПУ) в отечественных машинах начато с некоторым опозданием и крайне медленно. Это объясняется длительным периодом эксплуатации мобильных машин при низких температурах (до –40...–50°С), к которым не были пригодны электронные компоненты. Кроме того, внедрение сдерживали такие факторы, как нелинейность характеристик управляющих электромагнитов при перемещении золотника, относительно высокая стоимость и др. Однако бесспорные преимущества ЭПУ на опыте эксплуатации систем, построенных на зарубежных комплектующих с применением новых технических решений, позволили создать условия для широкого применения ЭПУ в отечественной практике.

Техническими специалистами ЗАО «ГидраПак Холдинг» были созданы электронные блоки, панель ручного управления и рукоятки пропорционального электрогидравлического управления, работоспособные при низких температурах окружающей среды – до –40 °С.

Электронные блоки обеспечивают стабильный управляющий сигнал, подаваемый на катушки управляющих электромагнитов. Рукоятки дистанционного электрогидравлического управления (джойстики) могут управлять как одним, так и несколькими пропорциональными электромагнитами. Напряжение питания электронных блоков – от 10 до 30 В, это позволяет применять один и тот же блок от источников питания напряжением 12 или 24 В.

«ГидраПак Холдинг» начал серийное изготовление двухкоординатных джойстиков в вариантах с совмещением операций по двум координатам и с запретом на их совмещение. Двухкоординатный джойстик выполнен в традиционном стиле с усиленной осью рукоятки, в литьевом исполнении сложных шарнирных деталей и укомплектован надежными импортными потенциометрами, имеющими износостойкий резистивный слой, нанесенный методом напыления, обеспечивающий 3 млн. рабочих циклов. В отличие от джойстиков с бесконтактными датчиками он более устойчив к внешним электромагнитным полям. В обычном исполнении рукоятка джойстика укомплектована трехпроводным двухпозиционным переключателем без фиксации.

Для гидравлических систем с плавным изменением расхода и длительной его фиксацией разработана простая и дешевая панельная рукоятка для дистанционного управления. Два конструктивных исполнения этой рукоятки позволяют изменять расход в гидравлической системе как в одном, так и в двух направлениях. В настоящее время специалисты «ГидраПак Холдинга» разрабатывают варианты эргономической рукоятки и четырехкоординатного джойстика. С целью уменьшения габаритных размеров двухкоординатного джойстика электронная составляющая установлена в отдельном электронном блоке в пластиковом корпусе. Электронный блок предназначен для работы в условиях низких температур окружающей среды. Он создан на базе восьмиразрядного микропроцессора и имеет два пропорциональных и два релейных выхода, систему защиты от «переплюсовки» и от внешнего короткого замыкания. Блок можно эксплуатировать без дополнительных переналадок от источников постоянного тока напряжением 12 или 24 В, он хорошо адаптируется к гидроаппаратам ряда зарубежных фирм, снабженных электропропорциональными электромагнитами. Вдобавок есть

возможность компьютерной настройки с механическим дублированием для отладки в работе системы управления как в заводских условиях, так и в условиях эксплуатации.

**Устройства для очистки РЖ от загрязнений.** В ходе отечественных и зарубежных исследований установлено, что от 60 до 90% отказов в гидравлическом приводе происходит по причине загрязнения или применения непригодных РЖ. Если при соблюдении требований по очистке РЖ от загрязнений будет обеспечена эффективная фильтрация РЖ, например, по нормам стандарта ISO 4406, то возможно сократить эксплуатационные расходы на 50%.

*Для обеспечения безотказной и длительной эксплуатации гидравлического привода необходимы очистка от загрязнений, правильный выбор и применение в качестве РЖ только гидравлических масел МГ-15В и МГЕ-46В, специально созданных для объемных гидроприводов, или их зарубежных аналогов, которые указаны в эксплуатационных документах на гидравлическое оборудование или в инструкции по эксплуатации машин.*

Рекомендации для минимальной тонкости фильтрации: очистка РЖ должна соответствовать 18/16 классу или эквивалентному 13/14 классу чистоты по ГОСТ 17216–2001. Для гидроприводов с повышенными требованиями к надежности и долговечности требуется фильтрация РЖ до 16/13 класса по нормам ISO 4406 или эквивалентного 11 классу чистоты по ГОСТ 17216–2001.

Заливать РЖ в гидросистему необходимо через фильтр с тонкостью очистки от механических загрязнений 10 мкм. В заливной горловине бака должен быть установлен воздушный фильтр с клапаном (сапуном) с тонкостью очистки поступающего в бак воздуха 3...10 мкм.

Основным средством, обеспечивающим очистку РЖ от механических загрязнений, являются фильтры: воздушные тонкостью очистки 10 мкм, устанавливаемые на баке гидросистемы, напорные и сливные. ЗАО «ГидраПак Холдинг» по заказам потребителей поставляет около 60 типоразмеров комплектных фильтров и более 70 исполнений сменных фильтрующих элементов для поддержания в работоспособном состоянии машин с гидроприводом.

Сменные фильтроэлементы изготовлены из 19 различных материалов с тонкостью фильтрации от 3 до 250 мкм, на расход от 4 до 1000 л/мин при номинальном перепаде давления 0,001 до 0,25 МПа. Разрушающее давление допускается от 0,3 до 1,0 МПа (3...10 кгс/см<sup>2</sup>).

Конструкцией всех фильтров предусмотрена возможность установки индикаторов загрязнения фильтроэлементов: манометров со шкалой 0...6 кгс/см<sup>2</sup> или датчиков давления визуально-дифференциальных или визуально-электрических на давление 0,5...0,8 МПа.

Фильтры можно применять на всей территории России для очистки гидравлических масел при температуре от –40 до +70 °С, но при этом потребители гидрооборудования должны своевременно заменять загрязненные фильтроэлементы и не допускать установки всасывающих фильтров и бумажных фильтроэлементов в гидроприводе машин, эксплуатируемых при низких температурах окружающей среды.

Гидравлические масла до заливки в гидросистему должны храниться в чистой, герметично закрытой таре с приложением документа об их соответствии стандарту или техническим условиям. От поставщиков гидравлических масел необходимо требовать сертификат, удостоверяющий качество масла.

**50 лет Елецкому гидроцилиндру.** В июне исполнилось 50 лет со дня выпуска первой партии гидроцилиндров на заводе, носящем сегодня имя ОАО «Елецгидроагрегат». Первые гидроцилиндры предназначались для минских, липецких и волгоградских тракторов, а позже все тракторные заводы страны стали комплектовать свою продукцию елецкими гидроцилиндрами. В середине 1980-х их выпуск доходил до 1 млн. шт. в год. Кроме продукции гражданского назначения завод освоил узлы и гидроагрегаты для оборонной промышленности.

Сейчас предприятие выпускает свыше 15 тыс. гидроцилиндров в месяц для сельскохозяйственной, строительной-дорожной, коммунальной, лесозаготовительной и другой техники. За последние годы освоено около четырехсот новых типов гидроцилиндров для различных гидравлических машин. Завод постоянно модернизирует оборудование, внедряет современные технологии, повышает качество продукции.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО УДАЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ ЗАСАЛИВАНИЯ С КОНТАКТНЫХ ПЛОЩАДОК АЛМАЗНЫХ ЗЕРЕН

В настоящее время повышение производительности шлифования алмазными кругами на металлической связке достигается с помощью электроэрозионных управляющих воздействий на рабочую поверхность круга (РПК). При этом поиск режимов электроэрозионных управляющих воздействий осуществляется с помощью экспериментальных методов [1, 2] или теоретических [3, 4]. Вместе с тем, методика расчета режимов управляющих воздействий при алмазном шлифовании в условиях большой площади контакта заготовки с рабочей поверхностью круга в технической литературе отсутствует.

Целью статьи является разработка методики расчета вероятности электроэрозионного удаления продуктов засаливания с контактных площадок алмазных зерен при обработке ванадиевой быстрорежущей стали Р6М5Ф3 алмазным шлифованием по упругой схеме в условиях большой площади контакта, которая впоследствии будет использована при определении оптимальных режимов электроэрозионных воздействий на РПК.

Особенностью алмазного шлифования неподвижного образца является увеличенная площадь контакта РПК с заготовкой, практически полная потеря режущей способности РПК, сформированной в процессе электроэрозионной правки, почти сразу после начала обработки. Такая быстрая потеря режущей способности РПК обусловлена засаливанием обрабатываемым материалом микрорельефа контактных площадок на зернах, а также увеличением количества одновременно контактирующих зерен в результате уменьшения разновысотности вершин, что приводит к уменьшению фактического удельного давления на отдельном зерне [5].

В основу определения режимов электроэрозионных воздействий положим такую интенсивность удаления продуктов засаливания с контактных площадок алмазных зерен, при которой режущие свойства поверхности круга будут стабильными, а себестоимость обработки минимальная.

Для определения общей вероятности электроэрозионного удаления продуктов засаливания с контактной площадки на зерне рассмотрим процесс удаления, воспользовавшись следующей схемой. Пусть в интервале времени, равному периоду между импульсами  $T$ , действует импульс напряжения длительностью  $t_u$  (рис. 1).

При шлифовании неподвижных образцов с электроэрозионными воздействиями на РПК в автономной зоне (рис. 2) полезную работу по удалению продуктов засаливания и повышению режущих свойств РПК выполняют лишь электрические разряды, попадающие на контактные площадки алмазных зерен.

За время  $T$  через межэлектродный промежуток между электродом инструментом и РПК проходит достаточно большая область стационарного случайного поля, образованного контактными площадками на зернах, находящимися на рабочей поверхности круга. Тогда, электроэрозионное удаление продуктов засаливания с контактных площадок на алмазных зернах, возможно лишь в том случае, когда одновременно выполняются следующие независимые и случайные события.

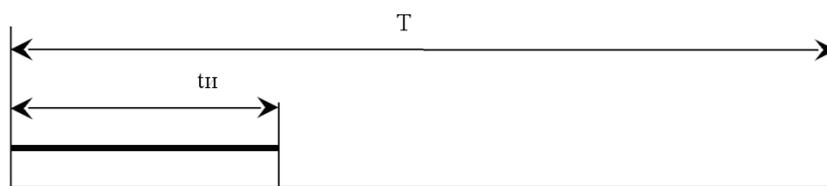


Рис. 1. Схема к расчету общей вероятности электроэрозионного удаления продуктов засаливания с контактных площадок на зернах

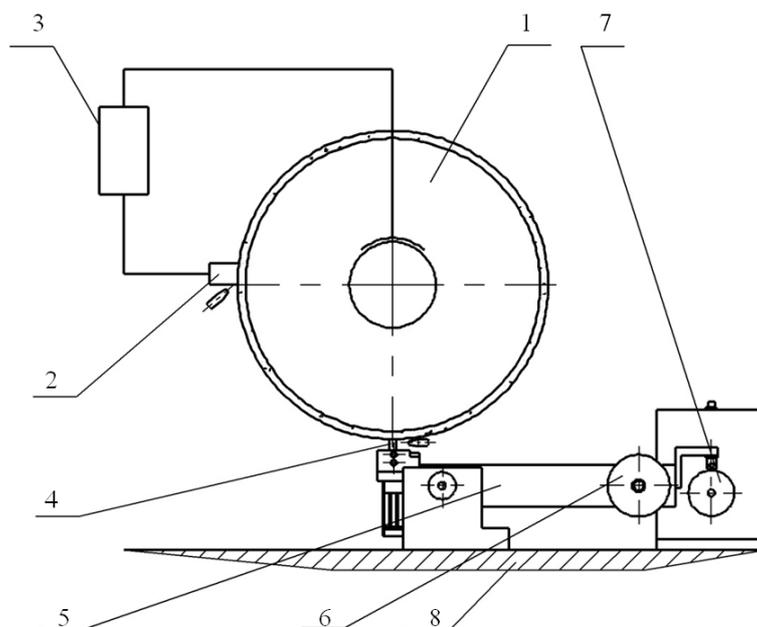


Рис. 2. Алмазное шлифование по упругой схеме с электроэрозионными воздействиями на РПК в автономной зоне

1 – алмазный шлифовальный круг; 2 – электрод-инструмент; 3 – источник технологического тока; 4 – образец; 5 – рычаг; 6 – груз; 7 – кулачок для прерывания процесса шлифования; 8 – стол станка

а) при прохождении участка РПК по поверхности электрода-инструмента (ЭИ) на выходе источника технологического тока действует импульс напряжения;

б) засаленные контактные площадки имеют токопроводные мостики со связкой, к которой подключен положительный полюс источника технологического тока;

в) при прохождении по поверхности ЭИ одной из засаленных контактных площадок в межэлектродном промежутке возникают условия, обеспечивающие возбуждение рабочего электрического разряда.

В связи с этим, общая вероятность электроэрозионного удаления продуктов засаливания  $P_o$  будет равна произведению вероятностей перечисленных независимых случайных событий

$$P_o = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$$

где  $P_1$  – вероятность появления импульса напряжения на выходе источника технологического тока при прохождении по поверхности ЭИ зерен за время, равное периоду импульсов;  $P_2$  – вероятность образования токопроводных мостиков между контактной площадкой на зерне и связкой;  $P_3$  – вероятность того, что при прохождении по поверхности ЭИ одной из засаленных контактных площадок в межэлектродном промежутке возникают условия, обеспечивающие возбуждение рабочего электрического разряда.

Вероятность появления импульса напряжения на выходе источника технологического тока за время, равное периоду импульсов  $P_1$ , определим как отношение длительности импульса  $t_u$  к периоду  $T$ , то есть

$$P_1 = \frac{t_u}{T}$$

Вероятность образования токопроводных мостиков между контактной площадкой на зерне и связкой определим экспериментально по профилограммам РПК, как отношение количества зерен, имеющих токопроводные мостики между контактной площадкой и связкой, и общим количеством зерен в выборке на профилограмме. При записи профилограммы рабочей поверхности круга, не подвергнутой химической очистке зерен от продуктов засаливания, использовали специальное устройство, позволяющее выделить рельеф алмазных зерен из суммарного рельефа зерен и связки [6]. Зерна с токопроводными контактными площадками

ми на такой профилограмме имели характерный вид (рис. 3).

В результате, вероятность образования токопроводных мостиков между контактной площадкой и связкой

$$P_2 = \frac{z_{mc}}{z_{общ}}$$

где  $z_{mc}$  – количество зерен на профилограмме с контактными площадками, имеющими токопроводные мостики со связкой;  $z_{общ}$  – общее количество зерен в выборке на профилограмме.

Вероятность того, что при прохождении по поверхности ЭИ одной из засаленных контактных площадок в межэлектродном промежутке возникают условия, обеспечивающие возбуждение рабочего электрического разряда, определим с учетом того, что электрический разряд проходит лишь через одну контактную площадку, из площадок, находящихся в контакте с электродом-инструментом. В связи с этим

$$P_3 = \frac{s_{zn}^2}{10^3 \cdot V_k \cdot B_{эи} \cdot T \cdot F(R_z)}$$

где  $s_{zn}^2$  – расстояние между зернами на рабочей поверхности круга, мм;  $F(R_z)$  – вероятность попадания вершин зерен в промежуток, равный параметру шероховатости  $R_z$  поверхности электрода-инструмента;  $V_k$  – скорость круга, м/с;  $B_{эи}$  – ширина электрода-инструмента, мм.

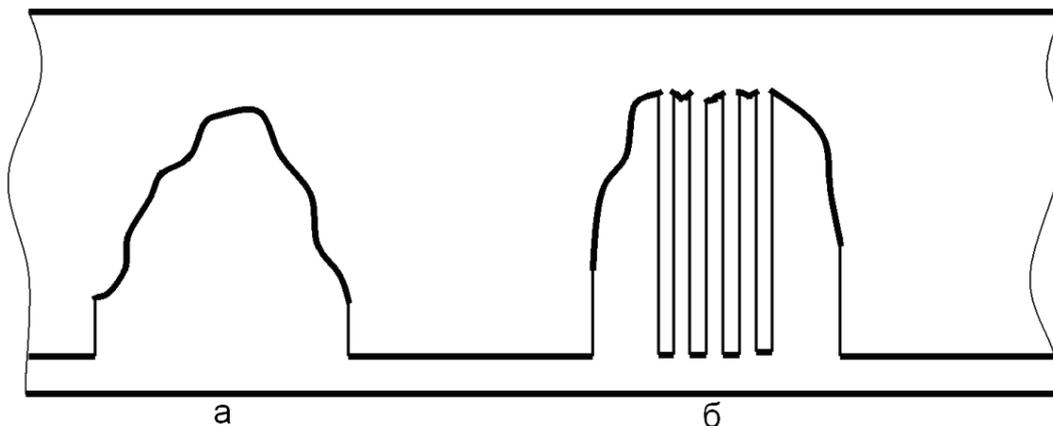


Рис. 3. Вид профилограммы РПК, не подвергнутой химической очистке  
а – профилограмма зерна без токопроводных мостиков; б – профилограмма зерна с контактной площадкой, имеющей токопроводные мостики со связкой

Вероятность попадания вершин зерен в промежуток равный параметру шероховатости поверхности электрода-инструмента определяется с помощью функции распределения Вейбулла

$$F(R_z) = 1 - e^{-\frac{R_z^m}{x_0}}$$

где  $m$  и  $x_0$  – параметры закона распределения Вейбулла.

Перечисленные параметры определялись по рекомендациям работы [3].

Выводы:

– разработанная методика расчета общей вероятности электроэрозионного удаления продуктов засаливания с контактных площадок на алмазных зернах и программа для её расчета позволяет в дальнейшем определить оптимальные режимы электроэрозионных воздействий на РПК по критерию минимальной удельной себестоимости обработки;

– при использовании электроэрозионных воздействий для очистки засаленных контактных площадок на зернах лишь незначительная часть разрядов выполняет полезную работу по улучшению режущей способности РПК, что говорит о необходимости поиска более эффективных методов воздействий на РПК при шлифовании неподвижных образцов с большими площадями контакта.

### Библиографический список

1. Узунян М.Д. Алмазно-искровое шлифование твердых сплавов. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 359 с.
2. Узунян М.Д., Мальхин В.В., Ходыкин А.В. Оптимизация процесса алмазно-искрового шлифования композиции «безвольфрамовый твердый сплав - сталь»// Резание и инструмент. – 1982. – Вып. 28. – С. 33-37.
3. Матюха П.Г., Полтавец В.В. Оптимизация функционирования системы шлифования с управляющими воздействиями на рабочую поверхность круга Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве. Труды 4-й Международной научн.техн. конференции, 23-24 октября 2001 г. – Харьков: ХНПК «ФЭД», 2001. – С. 96-98.
4. Полтавец В.В. Обґрунтування режимів шліфування важкооброблюваних матеріалів при електророзійній дії на робочу поверхню круга: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.03.01 / ДонНТУ. – Донецьк, 2001. – 16 с.
5. Гринев А.А., Матюха П.Г. Определение скорости погружения рабочей поверхности круга в неподвижный образец при алмазном шлифовании по упругой схеме. Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонГТУ, 2001. – Вып. 16. – С. 142 – 146.
6. Устройство для регистрации рельефа поверхности абразивных инструментов. А.с. №775614(СССР) МКИ G 01 B7/34. / Матюха П.Г., Гафаров Э.Р. – Оpubл. 1980. Бюл. №40

С.С. Фильчакова, А.С. Банщиков, Н.В. Вельш

*Братский государственный университет*

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Диагностирование технического состояния механических систем является наиболее актуальной проблемой в современном машиностроении. Особенно актуально диагностирование технического состояния машин и механизмов в процессе технического осмотра, при этом желательно иметь простой способ безразборной диагностики, с помощью испытательных и контрольных приборов, доступный техническому персоналу предприятия.

Гидропривод в строительных машинах широко используется и совершенствуется, в связи с этим совершенствуются методы и средства его диагностики.

Эффективность работы машины определяется рядом параметров исполнительного механизма этой машины, наиболее заметным являются производительность, подача, мощность, тяговое усилие, давление в гидросистеме, коэффициент полезного действия. Техническая диагностика решает обширный круг задач, основной из которых является распознавание состояния механической системы в условиях ограниченной информации. Осуществление технической диагностики и анализа состояния системы в условиях эксплуатации весьма затруднительными.

Техническая диагностика гидравлических приводов представляет собой систему, имеющую информационное, техническое и математическое обеспечение.

Информационное обеспечение включает способы получения диагностической информации, ее хранение и систематизацию.

Техническое обеспечение представляет собой совокупность устройств получения и обработки информации.

Математическое обеспечение содержит алгоритмы и программы распознавания.

В настоящее время системный подход к задачам технической диагностики сохраняет актуальность и требует поиска методов решения. Основной задачей технической диагностики является распознавание состояния технической системы в условиях ограниченной информации [1].

Специфика решения диагностических задач для строительных машин определяется следующими особенностями:

- базовые машины используются как обособленные объекты диагностирования, например бульдозеры, экскаваторы;
- большим разнообразием узлов и функциональным назначением и структурой отдельных агрегатов;
- большим разнообразием видов приводов строительных машин;
- разнообразием состава каждого парка СМ.

Гидропривод строительных машин, как объект диагностирования имеет ряд своих специфических особенностей:

- многообразие информационных параметров, их технического состояния (линейные и угловые перемещения, частота вращения, усилия, крутящие моменты, давление, перепады давлений, температура, расход, вибрационные характеристики и др.);
- сложность и конструктивное разнообразие элементов гидропривода;
- нестабильный характер внутренних процессов;
- значительные нагрузки;
- частота сменных режимов.

Вопросы управления качеством технического обслуживания и ремонта на предприятиях, эксплуатирующих строительные машины, решаются с позиции системного подхода. Наблюдается тенденция составления диагностических комплексов двух типов: 1) чисто диагностических; 2) комбинированных, предназначенных для использования в технологических зонах ТО и ремонта [2].

Средства технической диагностики выступают как эффективный инструмент проведения ТО и ремонта, поэтому средства технической диагностики должны быть узкоспециализированными и недорогостоящими. Этот вариант сочетается с существующими принципами по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей, не требующих значительных производственных площадей.

Несмотря на многообразие применяемых систем технического диагностирования, высокий уровень использования новейших достижений техники, необходимо отметить ряд общих недостатков, характерных для зарубежных станций:

- многочисленность постов, что требует для них больших производственных площадей;
- тенденция к усложнению диагностических комплексов;
- очень высокая стоимость диагностического оборудования;
- отсутствие перспективных виброакустических методов, доведенных до возможности их практического использования;
- заметное отставание разработок по технической диагностике грузовых автомобилей.

В процессе совершенствования средств технической диагностики можно выделить три этапа их развития:

1. создание автономных ручных диагностических приборов и устройств механического принципа действия;
2. создание различных комплексов и механических и электронных приборов;
3. создание автоматизированных диагностических измерительных и прогнозирующих систем.

Под бортовыми системами контроля (БКС) понимаются встроенные в конструкцию транспортного средства для автоматического контроля параметров его движения, функционирования и структурных параметров объекта [3].

Техническое диагностирование постепенно включается в процесс технического обслуживания и ремонта. Благодаря этому, более ускоренными темпами можно переходить на уровень проведения ТО и ремонта по фактическому состоянию.

Для гидропривода, современная передвижная станция технического диагностирования представляет собой комплекс, состоящий из следующих систем:

- энергетическая система;
- гидравлическая система диагностирования гидрооборудования без его демонтажа с машины;
- гидравлический стенд для контроля и регулирования параметров гидрооборудования, демонтируемого с машины;
- электронная контрольно-измерительная и регистрирующая система;
- освещение, отопление и вентиляция;
- переговорное устройство для связи с эксплуатационной базой.

Одним из важнейших факторов, мешающих эффективному использованию существующих средств и методов технической диагностики, является заметное отставание в области способов распознавания технического состояния гидропривода.

Целью дальнейшего развития способов распознавания технического состояния гидропривода являются следующие задачи:

- разработка комплексной методики исследования свойств объекта, путем выделения основных диагностических параметров, для общей и углубленной диагностики;
- разработка полной и законченной методики получения оптимальных программ диагностирования на базе постоянно включенной в производственный процесс ЭВМ;
- разработка методики получения численных значений диагностических параметров на базе машинного имитационного эксперимента;
- выполнение технико-экономических обоснований применения результатов исследования.

#### **Библиографический список**

1. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1984 – 312 с., ил.
2. Харазов А.М. Диагностические комплексы и средства и средства их поверки. – М., НИИ автопром. 1982. – 55с.
3. Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978 – 240 с., ил.

**Е.А. Слепенко, Н.В. Чебуранова, А.М. Музыковский**

*Братский государственный университет*

## **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ГОРОДСКИХ ПЕРЕКРЕСТКАХ**

В последние годы автомобильный парк Российской Федерации переживает период бурного роста. С каждым годом на дорогах появляется все больше и больше машин, это, казалось бы, положительное явление приносит и негативные, подчас трагические плоды.

Две основных проблемы, которые остро стоят перед «автомобилизованным» человечеством это проблема экологии и проблема безопасности движения. Причем как одна, так и другая проблема охватывает практически весь контингент людей, а не только самих водителей и пассажиров автомобилей.

Нарушение безопасности дорожного движения это дорожно-транспортное происшествие — событие, возникшее в процессе движения по дороге транспортного средства и с его участием, при котором погибли или ранены люди, повреждены транспортные средства, сооружения, грузы, либо причинён иной материальный ущерб.

Дорожные происшествия являются угрозой здоровью людей во всём мире. Проблема усугубляется и тем, что пострадавшие в авариях — как правило, молодые и здоровые (до аварии) люди. По данным всемирной организации здравоохранения, в мире ежегодно в дорожных авариях погибают 1,2млн. человек и около 50 млн. получают травмы. Это огромные цифры, которые говорят о том, что эта проблема не просто актуальна, решение её жизненно необходимо для людей.

Причины, по которым происходят ДТП, можно разделить на две большие группы: субъективные и объективные.

К субъективным причинам относятся: нарушение Правил дорожного движения, Правил безопасности движения и эксплуатации транспортных средств, включая оставление места ДТП виновным участником дорожного движения.

Безусловно, субъективные причины превалируют на объективными, все они вызваны низкой дисциплинированностью участников дорожного движения, однако при этом, все же, не стоит забывать и об объективных причинах дорожно-транспортных происшествий.

Множество нормативных документов, таких например, как ГОСТ Р 50597-93. "Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения", название которого говорит само за

себя, регламентирует такие объективные факторы как планирование улиц и автодорог, особенно пересечений их в одном уровне, освещенность проезжей части в темное время суток, состояние дорожного покрытия, средства регулирования дорожного движения.

Среди участков дорог и городских улиц по аварийности, несомненно, лидируют пересечения выполненные в одном уровне, это могут быть пересечения равнозначных и неравнозначных дорог, пересечения дороги или улицы с пешеходным путем.

Надо отметить, что под пешеходным путем необходимо понимать не только установленные для пересечения дороги пешеходами места в виде пешеходного перехода, но и те пути, которые пешеходы годами «протаптывают» там, где им удобно. Практика показывает, что официальные пешеходные переходы зачастую расположены не в самых удобных для пешеходов местах, именно поэтому постоянно возникают, так называемые, стихийные пешеходные пути. Несмотря на стихийность таких переходов, в каждом конкретном городе они прекрасно известны и так же требуют к себе внимания с точки зрения обеспечения безопасности на них пешеходов.

Среди объективных факторов, оказывающих влияние на аварийность на пересечениях дорог или улиц, а так же пешеходных путей выполненных на одном уровне, большую роль играет обеспечение видимости водителей в боковом направлении, ведь приближаясь к пересечению с дорогой или с пешеходным путем водитель должен заранее обнаружить транспортное средство или пешехода, так же приближающихся к пересечению, с тем, чтобы вовремя отреагировать на предполагаемую опасность и принять меры, указанные в п. 10.1 ПДД РФ, то есть снизить скорость движения вплоть до остановки. Такое требование к обустройству дороги в местах пересечений в нормативных документах описывается так называемым треугольником видимости.

П. 6.23 СНиП РК 3.01-01-2002 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» гласит: «На нерегулируемых перекрестках и примыканиях улиц и дорог, а также пешеходных переходах необходимо предусматривать треугольники видимости. Размеры сторон равнобедренного треугольника для условий «транспорт-транспорт» при скорости движения 40 и 60 км/ч должны быть соответственно не менее, м.: 25 и 40. Для условий «пешеход-транспорт» размеры прямоугольного треугольника видимости должны быть при скорости движения транспорта 25 и 40 км/ч соответственно 8×40 и 10×50 м.»

В пределах треугольников видимости не допускается размещение зданий, сооружений, передвижных предметов (киосков, фургонов, реклам, малых архитектурных форм и др.), деревьев и кустарников высотой более 0,5 м.

Примечание. В условиях сложившейся капитальной застройки, не позволяющей организовать необходимые треугольники видимости, безопасное движение транспорта и пешеходов следует обеспечивать средствами регулирования и специального технического оборудования.

Для того чтобы лучше понимать, что такое треугольник видимости нужно обратиться к другому нормативному документу:

Ведомственные строительные нормы ВСН 25-86 "Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах" (утв. Минавтодором РСФСР 29 января 1986 г.)

На пересечениях в одном уровне должна быть обеспечена боковая видимость, рассчитываемая из условия видимости с главной дороги автомобиля, ожидающего на второстепенной дороге момента безопасного выезда на главную дорогу. При расчете принимается: ожидающий автомобиль расположен в 1,5 м от кромки проезжей части; по главной дороге автомобиль движется в 1,5 м от кромки проезжей части; уровень глаза водителя расположен на высоте 1,2 м.

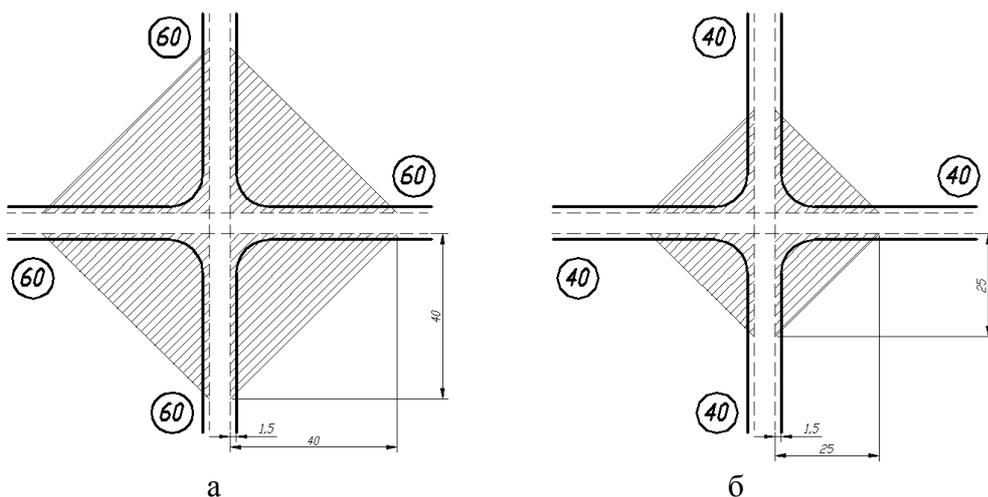


Рис. 1. Треугольники видимости (заштриховано) на равнозначных перекрестках с максимальной скоростью движения 60 км/час (а), и с максимальной скоростью движения 40 км/час (б)

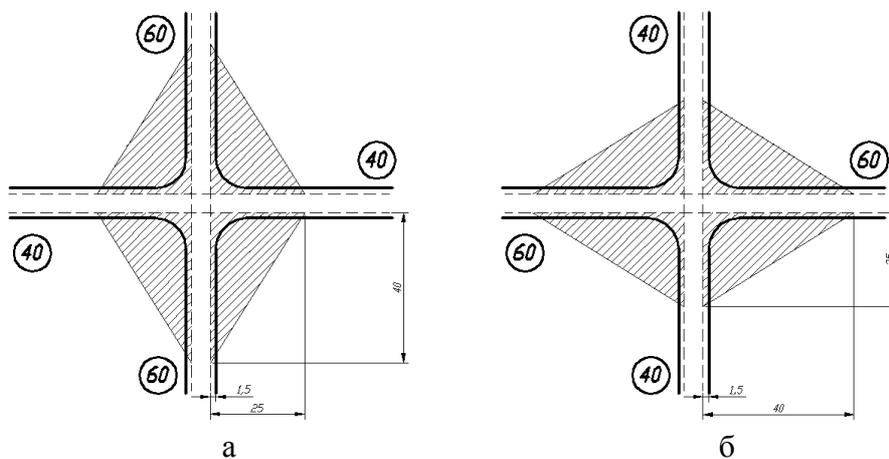


Рис. 2. Треугольники видимости (заштриховано) на неравнозначных перекрестках с максимальной скоростью движения 60 км/час по одной дороге, и с максимальной скоростью движения 40 км/час по второй дороге

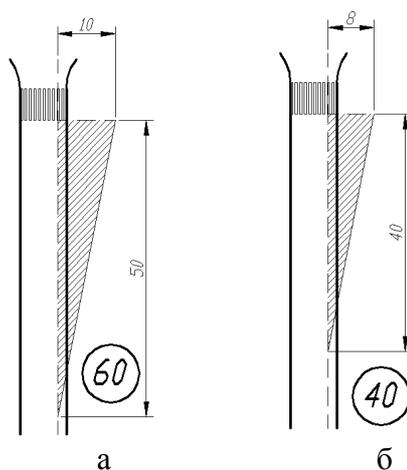


Рис. 3. Треугольник видимости на пересечении дороги и пешеходного пути при максимальной скорости 60 км/час (а) и при максимальной скорости 40 км/час (б)

Предварительное обследование только некоторых перекрестков г. Братска, показало, что практически на всех обследуемых перекрестках требование, предъявляемое к треугольнику видимости, не соблюдается.

Ниже показан пример такого перекрестка в ж.р. Гидростроитель.

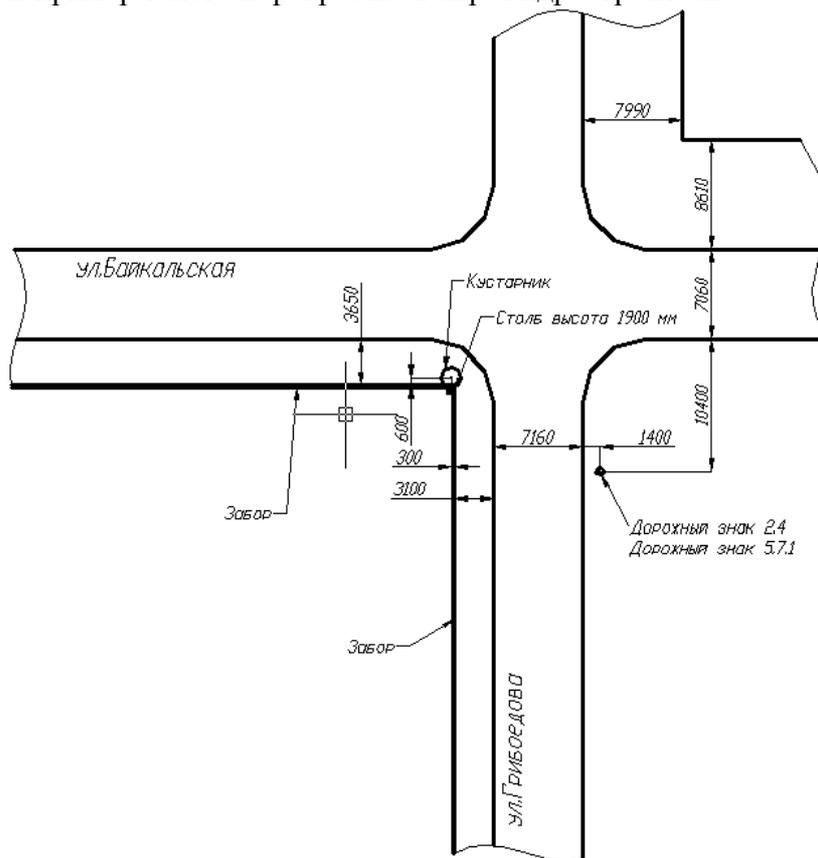


Рис. 4. Перекресток ул. Байкальская – ул.Грибоедова в ж.р.Гидростроитель г.Братска, размеры даны в миллиметрах

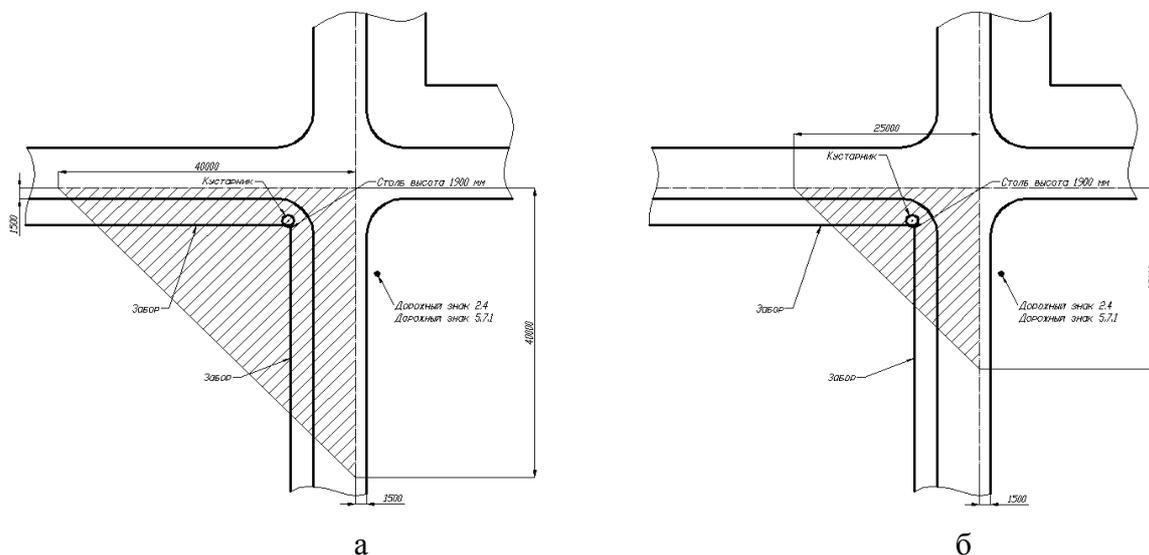


Рис. 5. Наложение нормативных треугольников видимости на перекресток ул. Байкальская-ул. Грибоедова  
а – для скорости 60 км/час, б – для скорости 40 км/час

Таким образом, проведя подробное исследование перекрестков г. Братска на предмет соответствия требованиям по соблюдению треугольника видимости и предложив меры по обеспечению треугольников видимости или же по снижению скорости движения на перекрестках, до скорости, соответствующей реальным условиям боковой видимости существует реальная возможность существенно повысить безопасность на дорогах г. Братска.

### **Библиографический список**

1. Ведомственные строительные нормы ВСН 25-86 "Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах" (утв. Минавтодором РСФСР 29 января 1986 г. взамен ВСН 25-76)
2. СНиП РК 3.01-01-2002\* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.
3. ГОСТ Р 50597-93. «Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения»
4. Правила дорожного движения Российской Федерации

Е.А. Слепенко, А.Э. Мехралиев, И.Д. Шувалов, А.В. Барахтин

*Братский государственный университет*

## **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЕСА С ДОРОГОЙ**

Одной из важнейших характеристик условий взаимодействия колес автомобиля с дорогой, особенно при торможении с целью предотвращения дорожно-транспортного происшествия согласно требований п. 10.1 ПДД РФ является коэффициент сцепления колес с опорной поверхностью.

Анализ научных работ, посвященных исследованию коэффициента сцепления колес автомобиля с опорной поверхностью показывает, что данная проблема, хоть и изучена достаточно глубоко, оставляет исследователю еще много нерешенных проблем.

Например для измерения коэффициента сцепления создано достаточно много оборудования, анализ которого приведен ниже.

### **Ходовая лаборатория SCRIM**

Для измерения коэффициента сцепления на проезжей части дороги в основном применяются приборы с полностью блокирующимся измерительным колесом, а также приборы с измерительным колесом, катящимся под углом к направлению движения автомобиля (наклонное колесо). Для измерения по методу «наклонное колесо» широко применяется ходовая лаборатория SCRIM, разработанная Транспортной и дорожной исследовательской лабораторией Великобритании. Ходовая лаборатория представляет собой автомобиль с цистерной, оборудованный пятым динамометрическим колесом, установленным под углом к направлению движения. Такое колесо обеспечивает измерение коэффициента поперечного сцепления в режиме проскальзывания. Обработка результатов измерения производится автоматически с регистрацией на ленте самописца или магнитном носителе.

### **Прибор маятникового типа**

В Московском автомобильно-дорожном институте (МАДИ) Р.Ф. Лукашук под руководством проф. В. Ф. Бабкова. Определение коэффициента сцепления производится также с помощью приборов маятникового типа, основанных на принципе копра Шарпи и воссоздающих условия движения элемента гладкого протектора шины по поверхности дорожного покрытия. Сцепление резины с покрытием оценивают величиной энергии, затраченной на трение элемента резины по покрытию при постоянной длине пути трения.

В приборе маятникового типа маятник определенной массы с резиновым наконечником опускается на дорогу с постоянной высоты и тормозится трением о покрытие. Чем больше трение резинового наконечника о дорогу, тем на меньший угол поднимется маятник после трения.

В реальных условиях заблокированное колесо автомобиля скользит по покрытию дороги по-иному. Нагрузка на колеса и конструкция шин создают определенное удельное давление в зоне контакта заблокированного колеса с поверхностью дороги. Поэтому прибор для определения коэффициента сцепления должен быть сконструирован таким образом, чтобы при за мере сцепных качеств в наибольшей степени создавались условия, соответствующие условиям скольжения заблокированного колеса по дороге.

### **Прибор контроля ровности и коэффициента сцепления ПКРС-2У**

Прибор контроля ровности и коэффициента сцепления ПКРС-2У представляет собой одноколесный прицеп, предназначенный для измерения коэффициента сцепления и оценки

ровности дорожных покрытий. Узел ПКРС-2У состоит из колеса, установленного на подрессоренной оси подвески. Ось подвески позволяет колесу совершать вертикальные колебания относительно рамы. Рама с помощью двух вилок, образующих параллелограмм в вертикальной плоскости, крепится к траверсе сцепки, которая соединяется с кронштейном сцепки. Кронштейн сцепки болтами крепится к стенке лаборатории. На раме ПКРС-2У размещены грузы – для создания необходимого усилия прижатия колеса к дороге. На арочной части рамы установлен датчик ровности, шкив которого охвачен тросиком, к которому прикреплена подвеска колеса (подрессоренная часть ПКРС-2У). Ровность характеризуется количеством вертикальных перемещений прицепа в см на 1 км автодороги, то есть измеряется в см/км.

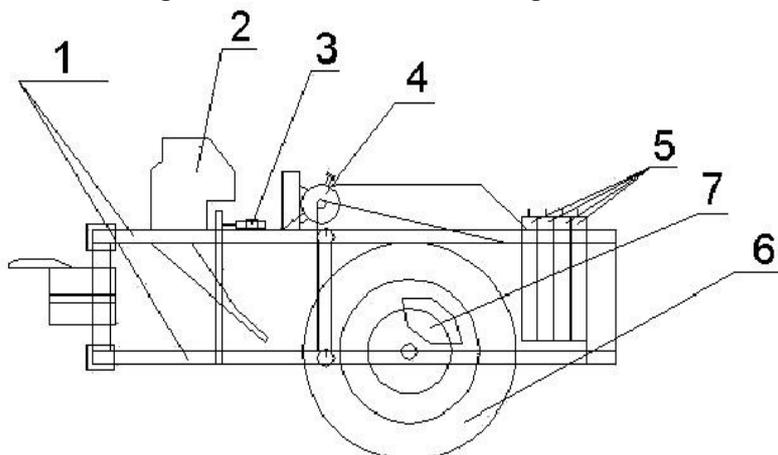


Рис. 1. Схема узла ПКРС-2У

1 - внешняя рама; 2 - бачок с водой; 3 - датчик сцепления; 4 - датчик ровности; 5 - грузы; 6 - колесо;  
7 - механизм торможения

Методика проведения измерений. Измерения ровности дорожных покрытий производят непрерывным способом, путем проезда по участку в прямом и обратном направлении. При этом оценка ровности дорожных покрытий основана на определении вертикальных перемещений колеса узла ПКРС-2У относительно корпуса (инерционной массы) ПКРС-2У при движении передвижной лаборатории по неровностям участка автодороги со скоростью  $50 \pm 5$  км/ч. Для измерения ровности на арочной части рамы узла ПКРС-2У установлен датчик ровности. Вертикальные колебания подвески устройства вызывают повороты шкива датчика, который вырабатывает, электрические импульсы, используемые ПЭВМ для регистрации неровностей. Обработка исходных данных осуществляется ПЭВМ с выводом результатов измерений ровности на экран или печать.

Из анализа вариантов определения коэффициента сцепления, одним общим для них всех является то, что испытания производятся при непосредственном движении и при этом огромным недостатком является нестабильные показатели силы, прилагаемой к колесу или тележке под колесом.

Исходя из этого, было принято решение разработать оригинальную установку для определения коэффициента сцепления в лабораторных условиях. Разрабатываемая установка относится к измерительной технике для определения коэффициента сцепления, стационарного напольного типа с движущейся опорной поверхностью, что позволит в лабораторных условиях более точно снимать показания. Способ заключается в определении силы динамического торможения, когда вращением вала приводится в действие тележка с частью дорожного покрытия, с которой непосредственно контактирует колесо. Колесо закреплено в специальной раме без возможности вращения. При движении тележки колесо старается провернуться растягивая или сжимая тензотягу, схема крепления тензотяги такова что сила растяжения или сжатия тензотяги такая же как и сила трения в пятне контакта. Показания снимаются с помощью приборов, которые установлены на тензотягах.

Принципиальная схема предлагаемого способа определения коэффициента сцепления приведена на рисунке 2.

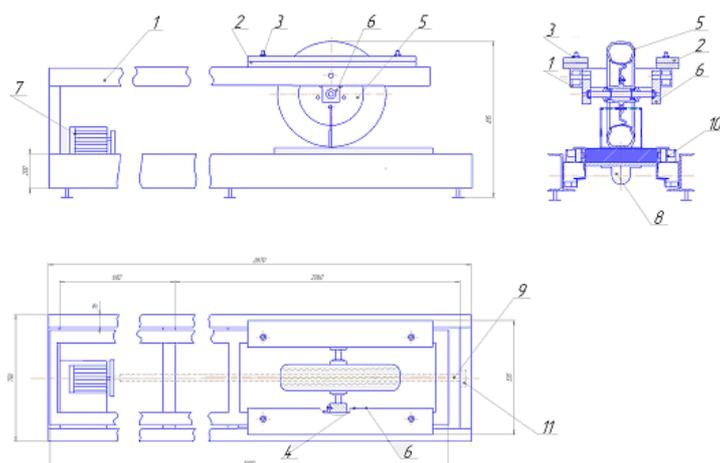


Рис. 2. Принципиальная схема

Вся установка базируется на раме 1. Установка состоит из тележки 2, которая движется по роликам 10, приводящейся в движение винтом 9, который вращается от электродвигателя 7 через ременную передачу. Колесо 5 установлено на прицепе и жестко закреплено на раме установки. Тележка изготовлена из швеллера 16, листа стали Ст3 толщиной 5мм. На швеллере 14, на фрезерном станке выполнена беговая дорожка для ролика; просверлены отверстия для крепления уголка 14. Установка для измерения коэффициента сцепления колеса с дорожным покрытием, работает в динамическом режиме. Во время проведения испытания электродвигатель 7 приводит в действие винт, при вращении которого начинает двигаться тележка с дорожным покрытием.

Целью предлагаемого способа является повышение точности в определении коэффициента сцепления измерительного колеса с поверхностью покрытия. Повышение точности получают путем исключения из расчета коэффициента сцепления силы сопротивления качению  $R_k$  ведомых колес и силы сопротивления воздуха  $R_v$ . Измерение силы сцепления  $R_{сщ}$  измерительного колеса с поверхностью покрытия осуществляют непосредственно динамометрическим датчиком.

#### Библиографический список

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
2. Сильянов В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1984, – 287 с.

П.В. Архипов, Д.В. Балакин

*Братский государственный университет*

## ОБРАБОТКА ВЫСОКОПРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Современные высокопрочные материалы на основе тугоплавких соединений характеризуются рядом уникальных свойств, благодаря которым такие материалы широко применяются в современной технике для изготовления подверженных большому износу деталей машин и механизмов, приборов, устройств с высокими статическими и динамическими нагрузками, в качестве кислотоупорных, жаростойких и жаропрочных материалов.

Обладая особыми физико-механическими свойствами, высокопрочные материалы требуют применения специфических технологий их обработки для обеспечения необходимых эксплуатационных характеристик и параметров качества.

Существуют различные методы обработки высокопрочных материалов, основанные на сочетании электрического тока с механическим воздействием. Так при электроэрозионной обработке отмечается невысокая производительность, большой износ электрод-инструментов, а также образование дефектного слоя на обрабатываемой поверхности и применение в качестве среды вредных растворов, что ограничивает технологические возможности этого метода. При электроконтактном методе разрушение поверхности заготовки проис-

ходит в результате электродугового процесса, который повышает производительность, но снижает качество обработанной поверхности. При анодно-механической обработке производительность процесса и качество обработанной поверхности определяется электролитическим режимом, а также небольшим износом электрода-инструмента и возможностью применения менее вредных рабочих технологических сред.

Таким образом, комбинирование механического воздействия режущего инструмента с электрическим током позволяет повысить эффективность обработки труднообрабатываемых материалов, особенно на финишных операциях с абразивным воздействием [1 – 3].

Традиционно финишная обработка ведется широко распространенными на производстве шлифовальными кругами из карбида кремния, электрокорунда, алмазными кругами на органической и керамической связках. Следует отметить, что такие инструменты не обладают электропроводностью, а их применение для комбинированной обработки требует дополнительного сложного переоснащения производственного оборудования [1, 3].

Отличительной особенностью кругов на металлической связке является их высокая теплоустойчивость и износостойкость, а также электропроводность. Повышенная твердость кругов и способность сохранять форму открывает широкие возможности для обработки труднообрабатываемых, высокопрочных и сверхтвердых материалов [1].

Нами установлено, что существенного улучшения процесса обработки высокопрочных материалов удается достигнуть за счет применения комбинированной алмазной обработки с одновременной правкой круга [2, 3, 4]. Основные достоинства данного метода – высокая производительность, качество обработанной поверхности, точность получаемых размеров, а также экономическая целесообразность за счет снижения удельного расхода алмазного инструмента и времени на его правку, в виду того, что алмазные круги на металлической связке склонны к засаливанию и, как следствие, полной потере режущих свойств.

Такое явление как засаливание рабочей поверхности алмазных кругов на металлической связке является одной из причин узкого применения и внедрения алмазного инструмента в производстве. Следует отметить, что общая картина и недостатки типичны и для других абразивных шлифовальных кругов. Необходимость исследования процесса засаливания заключается в возможности дальнейшего управления им с целью минимизации и исключения его влияния на режущую способность алмазного инструмента, а также на качество обработки.

Поэтому изыскание путей повышения режущей способности шлифовального инструмента имеет важное значение, особенно при обработке высокопрочных и труднообрабатываемых материалов [1 – 3].

Таким образом, на основании анализа предварительно проведенных исследований следует отметить необходимость, изыскания путей совершенствования существующих технологий комбинированной обработки высокопрочных, труднообрабатываемых и твердосплавных материалов для расширения технологических возможностей металлорежущего оборудования, позволяющих значительно повысить качество обработанной поверхности и эксплуатационные характеристики готовых изделий.

#### **Библиографический список**

1. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Технология инструментального обеспечения производства изделий из композиционных неметаллических материалов: монография / Д.В. Лобанов, А.С. Янюшкин. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 296 с.

2. Янюшкин А.С., Якимов С.А., Петров Н.П., Архипов П.В. Исследование поверхности безвольфрамового твердого сплава, шлифованного комбинированным методом // Системы. Методы. Технологии. 2009. № 2. С. 70-77.

3. 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.

4. Патент РФ № 2304504. Метод автоматического управления процессом непрерывной электрохимической правки круга и устройство для его осуществления / Янюшкин А.С., Сурьев А.А., Якимов С.А., Архипов П.В., и др. - опубл. 20.08.2007

## ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЕЙ С ИНЖЕКТОРНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ПРИ ХОДОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ

Существует проблема измерения объемного расхода топлива транспортных средств при стендовых и дорожных испытаниях. Известные конструкции расходомеров мобильного типа имеют недостаточную точность измерения потребления топлива двигателями внутреннего сгорания (ДВС). А стационарные расходомеры, обладающие достаточно высокой точностью измерений, непригодны при дорожных экспериментальных исследованиях. Чаще всего, они используются при стендовых испытаниях при отсутствии влияния дорожных факторов (вибраций и колебаний автомобилей).

В настоящее время для измерения расхода топлива существует множество приборов: от ротаметров до импульсных расходомеров. Например, роliko-лопастные расходомеры (рисунок 1, а) предназначены для точного измерения объема и расхода различных рабочих сред (жидкостей и газов) при рабочих давлениях до 40 МПа. По своим технико-экономическим параметрам роliko-лопастные расходомеры значительно превосходят все отечественные и зарубежные датчики объема и расхода и могут быть использованы на стендовом оборудовании в качестве образцового метрологического средства. Отличаются высокой точностью, бесшумностью в работе, чувствительностью даже к капельным расходам рабочей жидкости, малой инерционностью вращающихся частей, долговечностью и надёжностью (погрешность не превышает 0,1%).

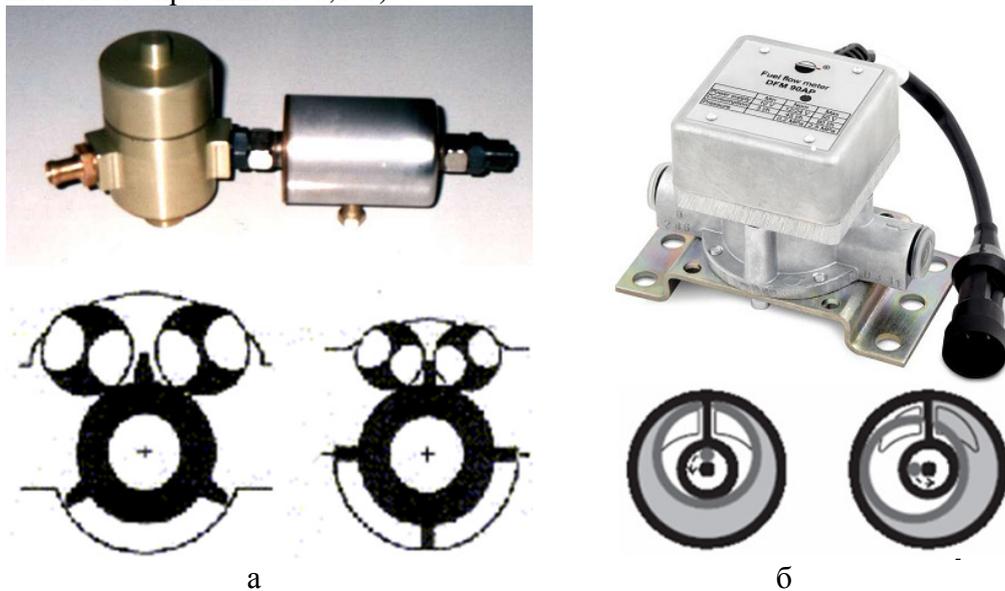


Рис. 1. Расходомеры топлива для автомобильных двигателей  
а – роliko-лопастной расходомер; б – дифференциально-импульсный расходомер

Принцип работы дифференциально-импульсного расходомера (рисунок 1, б) основан на измерении объема топлива, протекающего через измерительную камеру расходомера. Топливо поступает в измерительную камеру через входное отверстие и поворачивает кольцо камеры. Один оборот кольца камеры соответствует протеканию через расходомер объема топлива, равного объему измерительной камеры, и сопровождается генерацией одного импульса. Подсчет количества импульсов и их перевод в единицы объема осуществляется микропроцессором электронной платы или внешним регистрирующим устройством.

Все имеющиеся расходомеры отечественного и иностранного производства могут использоваться при ходовых стендовых и дорожных испытаниях автомобиля только при условии их монтажа в топливную систему. На современных автомобилях с электронным управлением процессом смесеобразования не всегда возможно и удобно встраивать расходомер в систему питания. Этот процесс достаточно сложен и трудоемок, к тому же есть дополни-

тельный риск нарушить работу системы смесеобразования, снизить надежность и безопасность. Поэтому, сейчас достаточно актуальным является разработка устройств для измерения расхода топлива, не нуждающихся в подключении в топливную магистраль.

Одним из возможных способов измерения является использование бортовых систем контроля расхода топлива автомобиля. Основным недостатком этих систем в высокой погрешности измерений, так как они предназначены, в первую очередь, для измерения мгновенного расхода топлива на основе показаний датчика уровня топлива в баке и датчиков системы управления подачей топлива.

Использование для вычисления расхода топлива работы самой топливной системы так же не дает требуемой высокой точности измерений. Даже если отслеживать число и продолжительность циклов форсунок, погрешность будет тем выше, чем больше частота вращения коленчатого вала двигателя.

Применение конструкций расходомеров с индуктивными датчиками является перспективным направлением (рисунок 2). Основой принципа измерения данного датчика является закон электромагнитной индукции Фарадея. Согласно ему в проводнике, движущемся в магнитном поле, возникает индуктированное напряжение.

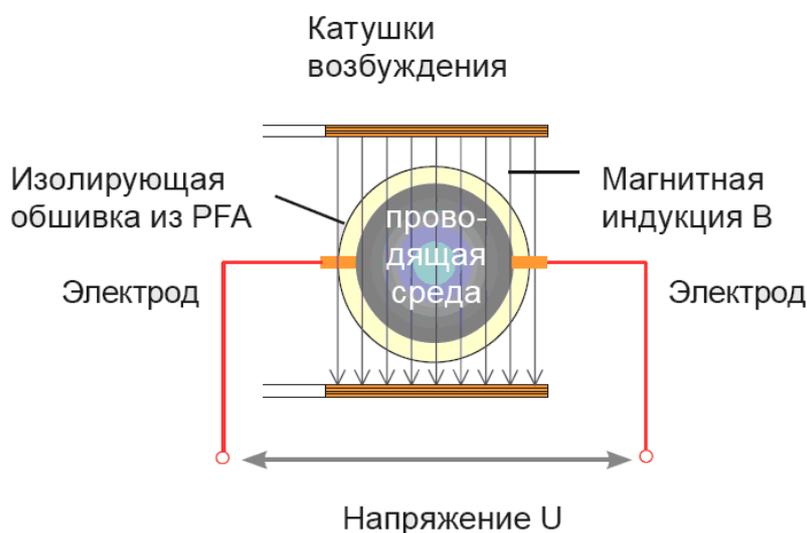


Рис. 2. Принцип работы магнитно-индуктивного измерения

В магнитно-индуктивном принципе измерения движущемуся проводнику соответствует текущая токопроводящая среда. Благодаря двум вертикально расположенным катушкам возбуждения создается постоянное магнитное поле. Горизонтально по отношению к этому полю посредством двух электродов из нержавеющей стали снимается индуктированное напряжение. Это напряжение прямо пропорционально скорости потока среды. На основании известного условного прохода трубопровода оно пересчитывается в объемный расход. Полученные результаты измерений могут передаваться в качестве счётного импульса и сигнала. Препятствием в использовании такого типа расходомеров для автомобильного топлива является повышенная взрывоопасность, по сравнению с ультразвуковыми расходомерами.

Ультразвуковые расходомеры, как правило, используют для измерения объемного расхода вещества. Погрешность измерения ультразвуковых расходомеров находится пределах от 0,1 до 2,5 %. Наибольшее применение получили расходомеры, сконструированные на принципе измерения разности времени прохождения акустических колебаний по направлению потока и против потока измеряемого вещества. Приборы, в которых акустические колебания проходят перпендикулярно к потоку, и измеряется величина отклонения этих колебаний от первоначального направления, встречаются редко.

Разрабатываемая конструкция прибора работают на явлении Доплера по принципу измерения, зависящего от расхода доплеровской разности частот, возникающих вследствие отражения акустических колебаний неоднородностями потока. Разность зависит от скорости

частицы, отражающей акустические колебания и скорости с распространения этих колебаний. Вычисляемая разность частот служит для измерения скорости частицы отражателя, что равнозначно вычислению местной скорости потока. Расходомеры такого типа можно применять без внедрения в топливную систему автомобиля с инжекторным двигателем с приемлемой погрешностью. Основная задача заключается в проектировании измерительной схемы.

С.П. Рыков, Д.Е. Смирнов, А.В. Сницарев, С.Н. Тетерин

*Братский государственный университет*

## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УПРУГО-ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ НЕТРАДИЦИОННОГО КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ И ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ

Быстрый рост парка автомобилей в России за последнее десятилетие обострил проблему утилизации использованных шин (в первую очередь покрышек). По данным НИИ шинной промышленности в стране ежегодно выходит из эксплуатации порядка 1 млн. тонн шин. А, например, в г. Москве эта цифра составляет более 60 тыс. тонн подобных или непригодных к эксплуатации шин.

Изношенные шины образуются и накапливаются в автохозяйствах, на промышленных и шиномонтажных предприятиях, в автосервисе, а так же в частном секторе (гаражи, дачные участки и др.). Подавляющее большинство таких шин вывозится на свалки, часто неорганизованные, где они длительное время загрязняют окружающую среду вследствие высокой стойкости к воздействию внешних факторов (солнечного света, кислорода, озона, микробиологических веществ и организмов). Места скопления изношенных шин, особенно в регионах с жарким климатом, служат благоприятной средой обитания и размножения различных грызунов и насекомых, являющихся разносчиками инфекционных заболеваний.

Во многих индустриально развитых странах Европы, Северной Америки и Азии существуют разнообразные методы и государственные программы, направленные на поддержку сбора и утилизации отработанных покрышек, когда оплачивается сам факт переработки изношенных шин из расчета 50...400 EUR за тонну. Поэтому рациональное использование (т.е. повторное) выведенных из эксплуатации шин имеет существенное экономическое значение, поскольку потребности народного хозяйства в природных ресурсах непрерывно растут, а их стоимость повышается [1]. Важна также и экологическая составляющая проблемы.

В работе [2], посвященной повышению срока эксплуатации автомобильных шин на транспорте, авторы представили новую конструкцию колесного движителя, базирующуюся на использовании закончившей свой эксплуатационный срок в качестве пневматической шины. Конструкция поясняется на рис. 1.

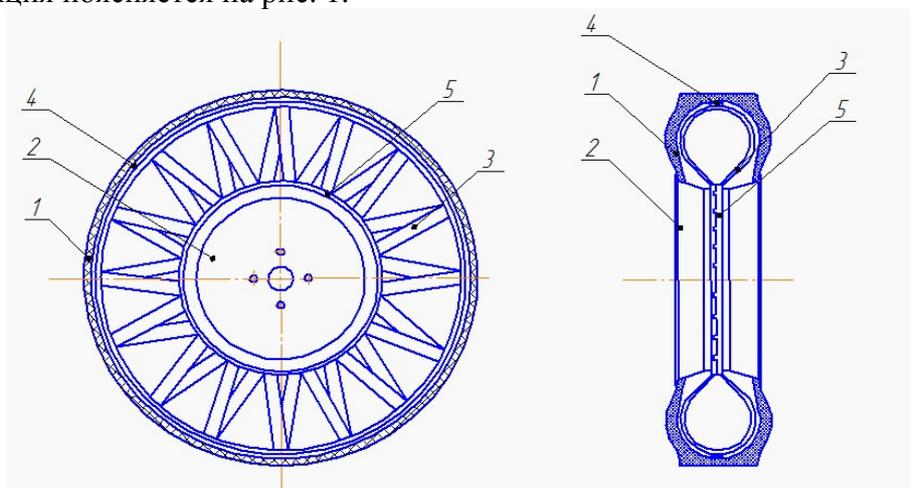


Рис. 1. Колесный движитель с внутренней полимерной пружиной

Внутри изношенной покрышки 1, смонтированной на диск колеса 2, размещаются упругие кольцеобразные полимерные пружины 3 в количестве, достаточном для обеспечения

несущей способности движителя для конкретного транспортного средства. В экваториальном сечении внутри покрышки сверху и снизу на диске колеса установлены полимерные кольца 4 и 5, предназначенные для фиксации пружин в определенном сечении по периметру покрышки. Кроме того, внутренние кольца 5 могут смещаться друг относительно друга на некоторый угол, что позволяет развести ветви пружин 3 в разные стороны и, тем самым, изменить их жесткость.

Материалы по данной конструкции колесного движителя были оформлены заявкой на предполагаемое изобретение.

Поскольку в дальнейшем предполагается реализовать данную конструкцию колесного движителя в виде натурального образца, то выявляется задача опытной проверки принятых решений как по размерам и количеству упругих полимерных пружин, так и работоспособности механизма регулирования их жесткости и конструкции движителя в целом. Для реализации этой задачи необходимо подобрать из числа имеющихся или создать установки (стенды), позволяющие с достаточной точностью и эффективностью оценить жесткостные и кинематические свойства пружин и колесного движителя.

Анализ литературных источников, посвященных разработке и эксплуатации установок и стендов для исследования упругих, кинематических и поглощающих свойств пневматических шин [3,4], позволяет сделать ряд выводов.

1. Систематические экспериментальные исследования пневматических шин, как элементов поддрессоривания автомобиля, определили два основных направления в разработке испытательных стендов: первое направление связано с разработкой стендов рычажного типа, которые предназначались для определения упругих и поглощающих свойств шин в режиме свободных затухающих колебаний; второе – с разработкой стендов платформенного типа, которые предназначались для определения геометрических параметров и упруго-демпфирующих свойств шин в режиме непрерывного квазистатического нагружения.

2. Стенды рычажного типа наиболее просты по конструкции и технологии изготовления; для записи кривых затухающих колебаний не требуется сложных приборов и датчиков, достаточно иметь реохордный датчик перемещений и перьевой самописец или светолучевой осциллограф (сегодня: персональный компьютер и АЦП). При наличии барабанного или роликового стенда относительно просто реализуется режим качения колеса; возможна рессорная подвеска колесного узла на раме стенда.

3. Вместе с тем, стендам рычажного типа присущи некоторые недостатки: ограничен диапазон частот собственных колебаний стенда на испытываемой шине, который определяется длиной рамы и не превышает 4...6 Гц. Для реализации режима квазистатического нагружения шины с целью построения характеристик нормальной жесткости требуется создание специального механизма с электромеханическим или гидравлическим приводом, а также применение специального датчика сил и двухкоординатного регистрирующего прибора (сегодня: ПК и АЦП); для реализации режима качения или динамического режима нагружения колеса требуется применение сложного и дорогостоящего оборудования, например, барабанного стенда.

4. Стенды платформенного типа изначально разрабатывались только для исследования геометрических параметров и упругих свойств пневматических шин в квазистатическом режиме нагружения и не были в достаточной степени приспособлены для получения в большом количестве качественных образцов характеристик нормальной жесткости для исследования поглощающей способности шин.

5. Стенды платформенного типа значительно сложнее как по конструкции, так и по технологии изготовления, чем стенды рычажного типа. Для реализации непрерывного квазистатического режима нагружения шины радиальной силой, а тем более при комплексном силовом воздействии, требуется набор механизмов со следящим приводом; стенды должны быть оснащены системой специальных электрических датчиков для измерения силовых факторов нагружения и деформации испытываемой шины, соответствующим образом скоммутированных для регистрации характеристик жесткости; стенды не позволяют реализовать режи-

мы свободных и вынужденных колебаний испытуемой шины без сложного и дорогостоящего привода платформы.

Кафедра «Автомобильный транспорт» Братского государственного университета обладает значительным количеством стенов и установок, позволяющих проводить экспериментальные исследования пневматических шин легковых автомобилей, микроавтобусов и малотоннажных грузовиков с построением в автоматическом режиме характеристик жесткости с высокой точностью и в разных режимах нагружения [5].

Поэтому для лабораторных испытаний колесного движителя новой конструкции может быть использован универсальный шинный стенд ШС-77 с комплектом навесного оборудования и измерительно - информационной системой. Общий вид стенда приведен на рис.2. Методики проведения испытания шин и обработки характеристик жесткости приведены в работе [5] и могут быть применены для эксперимента с новым колесным движителем.

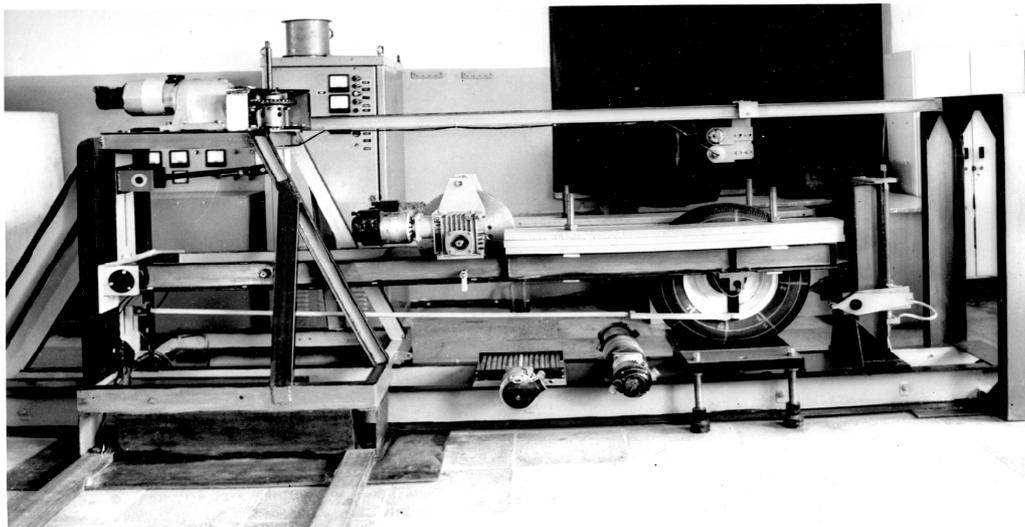


Рис. 2. Общий вид универсального шинного стенда ШС-77 с комплектом навесного оборудования

Для испытания автомобильных шин в дорожных условиях кафедра АТ располагает подвижной лабораторией в составе автомобиля-тягача и одноколесного полуприцепа с навесным оборудованием и измерительным комплексом (рис.3). Эта лаборатория позволяет исследовать процесс качения колесного движителя по дороге и оценить его ходовые свойства.



Рис. 3. Общий вид подвижной лаборатории кафедры АТ

Для исследования жесткостных свойств отдельных элементов упругой пружины колесного движителя можно модернизировать установку для испытания листовых рессор, используемую в учебном процессе по дисциплинам кафедры АТ. Целью модернизации является обеспечение закрепления элемента пружины (кольца) на платформе установки с возможно-

стью регулирования величины раздвижения его ветвей, а так же обеспечение размещения динамометра сжатия на верхней части кольца.

Возможный вариант модернизации установки приведен на рис.4.

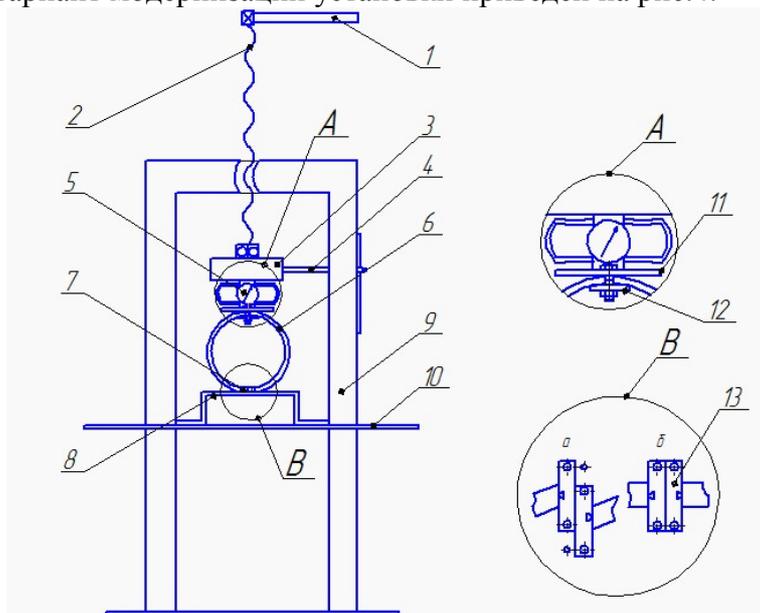


Рис. 4. Схема модернизированной установки для исследования упругих элементов колесного движителя

Установка состоит из жесткой рамы 9, на которую смонтирована подвижная платформа 10. Внутри поперечины рамы приварена гайка с резьбой Tr 50, по которой перемещается винт 2 при помощи рукоятки 1. На нижнем конце винта установлен на подшипнике стакан 3, к которому крепится фиксатор 4, являющийся одновременно указателем величины деформации упругого элемента по шкале 12. Упругий элемент (кольцо) движителя закрепляется на платформе 8 при помощи сменных скоб 7. На скобе закреплены также элементы, имитирующие внутренние кольца 13. Сверху на упругий элемент 6 закрепляется площадка 11 с креплением 12. Динамометр сжатия 5 устанавливается на площадку 11 и прижимается стаканом 3.

Методика проведения эксперимента направлена на оценку жесткостных свойств упругого элемента(кольца) б в зависимости от его размеров (диаметра, толщины и ширины ленты), а также от величины сдвига ветвей кольца. Важно также подобрать соответствующую рецептуру полиуретана.

После всесторонних исследований жесткостных свойств можно подобрать размеры упругого элемента для конкретной покрышки и конкретного транспортного средства.

#### Библиографический список

1. Шаховец С.Е., Богданов В.В. Комплексная регенерация шин.- СПб "Перспектив Науки", 2008.-192 с.
2. Рыков С.П., Хозяшев И.А., Сницарев А.В., Тетерин С.Н. Увеличение срока эксплуатации автомобильных шин на транспорте/ Механика XXI века. XI Всероссийская научно- техническая конференция с международным участием: сборник докладов.- Братск: ФГБОУ ВПО "БрГУ", 2011. 330 с.
3. Рыков С.П. Экспериментальные исследования поглощающей и сглаживающей способности пневматических шин: Испытательный комплекс, методики проведения экспериментов и обработки результатов: Монография.-Братск: БрГТУ, 2004.-322 с.
4. Рыков С.П., Методы моделирования и оценки поглощающей и сглаживающей способности пневматических шин в расчетах подвески и колебаний колесных машин // Дисс. докт. техн. наук.-М.: ФГУП "НАТИ", 2005.-430 с.
5. Рыков С.П. Методы и средства экспериментальной оценки поглощающей и сглаживающей способности пневматических шин: Учеб. пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп.-Братск: БрГУ, 2005.-344 с.

## РАЗРУШЕНИЕ КОРКИ ЭЛЕКТРОЛИТА В ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА С ВЕРХНИМ ТОКОПРИВОДОМ

При получении алюминия электролизом криолит-глиноземных расплавов на поверхности расплава в пространстве «борт-анод» образуется твердая корка, которую периодически необходимо разрушать согласно требованиям ведения технологии.

Для разрушения этой корки электролита имеются самоходные тележки с вертикальной рамой и установленной на ней стрелой, выполненной с возможностью ее подъема и опускания, и отбойное приспособление, в котором рама установлена сбоку тележки, стрела смонтирована на раме и выполнена с возможностью выдвижения вперед посредством поворотных штанг, центры вращения поворотных штанг в верхней части смещены относительно друг друга по вертикали, на свободном конце стрелы установлено отбойное приспособление, выполненное в виде трансмиссионного пружинного вибромолота, состоящего из вибровозбудителя, установленного на свободном конце подпружиненной поворотной балки, гидромотора и пики, при этом упругая связь между вибровозбудителем и стрелой выполнена в виде пружины. Так же эти механизмы часто используются в строительной промышленности при разрушении мерзлых грунтов [1].

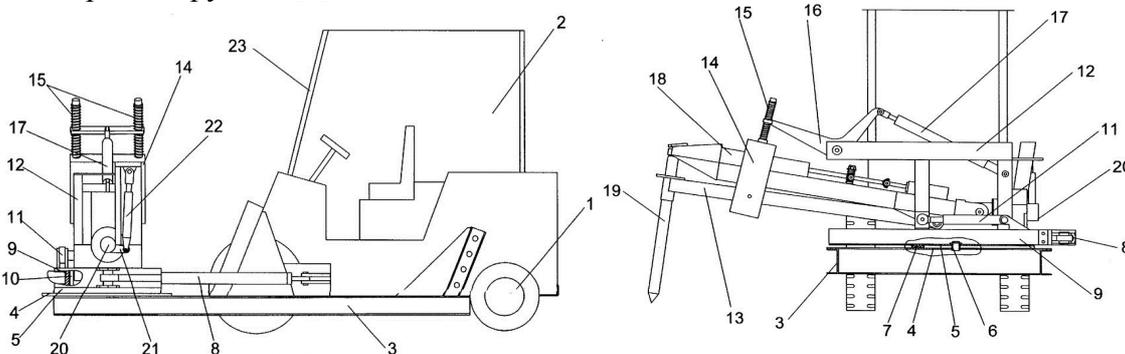


Рис. 1. Устройство для разрушения корки электролита в электролизерах

Данное устройство для разрушения корки электролита в электролизерах для производства алюминия состоит (рис.1.) из шасси 1 с кабиной управления 2, силовой рамы 3, закрепленной на шасси 1, основания 4, установленного на раме 3 и выполненного в виде равнобедренной трапеции, на котором установлен поворотный стол 5, снабженный втулкой 6 и прокладками из текстолита 7. На поворотном столе 5, снабженном гидроцилиндром 8, установлены направляющие 9, по которым, например, на роликах 10 при помощи гидроцилиндра 11 перемещают жесткий металлический корпус 12, на котором закреплена несущая стрела 13, соединенная с вилкой 14, снабженной демпферными пружинами 15. Вилка 14 коромыслом 16 соединена со штоком гидроцилиндра 17, осуществляющим подъем и опускание стрелы 13. На стреле 13 закреплено отбойное приспособление 18, на конце которого закреплена пика 19. Стрела дополнительно снабжена механизмом поворота вокруг своей продольной оси, который может быть выполнен в виде установленной в корпусе 12 опорной оси 20, один конец которой шарнирно соединен со стрелой 13, а другой посредством жестко закрепленного на оси рычага 21 шарнирно соединен со штоком гидроцилиндра 22. Кабина управления может быть снабжена защитным экраном 23.

Одним из недостатков этого устройства является то, что стрела выполнена телескопической и если в качестве рабочего органа применять агрегаты, создающие вибрации (отбойные молотки, перфораторы, гидромолоты, вибромолоты, пробойники с применением кривошипно-шатунного механизма), то ее вредное воздействие передается на самоходную тележку и, соответственно, на водителя [2].

По этим причинам необходимо создание машин, которые могут эффективно и экономично разрушать корку электролита (гарнисаж) в труднодоступных местах электролизера

(торец, ванны), т.е. проводить операцию, ранее осуществляющуюся большей частью вручную.

#### **Библиографический список**

1. Зедгенизов В.Г. и Меликов А.В. «Моделирование и расчет рабочего процесса ударника для разрушения горных пород и прочных строительных материалов», 2008, №2, с.39-43
2. А.с.943327 (СССР), М. Кл. С 25 С 3/14. Ударник для разрушения корки электролита алюминиевого электролизера./ А.В. Мельников-№ 322557/23-02, Б. и. «26 от 15.07.82-6

Д.В. Лобанов, И.Б. Лазо

*Братский государственный университет*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ДРЕВЕСНОЙ ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫМИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

В настоящее время в различных отраслях промышленности нашли широкое применение композиционные материалы. Распространенность изделий из таких материалов объясняется их относительно низкой стоимостью и высокими эксплуатационными показателями. Одним из видов таких материалов, применяемых в мебельной промышленности, автомобилестроении, судостроении, стройиндустрии, станкостроении, являются композиционные материалы на древесной основе. Их широкое применение обусловлено тем, что основой для их изготовления служат отходы лесозаготовок, лесопиления, фанерного производства и пр., что отвечает приоритетным направлениям рационального природопользования.

Некоторые древесные композиты - такие как древесно-стружечные и древесноволокнистые панели (ДСП и ДВП), древесноволокнистые плиты средней плотности (МДФ) – используются давно и хорошо нам известны [1, 2, 5]. В последнее время всё большее применение находят современные материалы, появившиеся на российском рынке [1, 2, 3]. Это плиты из ориентированной щепы OSB и древесно-полимерный композит. При многих положительных свойствах эти материалы обладают существенным недостатком – сложной обрабатываемостью резанием, вследствие чего для их эффективной обработки преимущественно используют инструменты с твердосплавными режущими элементами. Однако и их стойкость не в полной мере отвечает требованиям промышленности [3, 4].

Древесные композиционные материалы подвергаются различным видам механической обработки с использованием современного высокоавтоматизированного оборудования, эффективность работы которого существенно зависит от стойкости и надежности режущего инструмента. В связи с этим инструмент для обработки композиционных материалов должен обладать высокими эксплуатационными характеристиками и в полной мере обеспечивать возрастающие требования к точности и качеству обработки в условиях высокопроизводительного резания. Поэтому в настоящее время проблема создания эффективных и надежных режущих инструментов для обработки широкой гаммы композиционных материалов является весьма актуальной [3].

Уровень показателей стойкости и надежности режущего инструмента определяется, в первую очередь, характеристиками физико-химических свойств инструментального материала, в связи, с чем направление, связанное с совершенствованием и разработкой новых материалов, было и остается определяющим. Необходимость исследования данной проблемы в настоящее время вызвана потребностью обработки современных композиционных материалов, с использованием инструмента оснащенного прогрессивными, современными инструментальными материалами, слабо используемыми при обработке композиционных материалов на сегодняшний день.

К таким материалам можно отнести вольфрамсодержащие и безвольфрамовые твердые сплавы, минералокерамику и сверхтвердые материалы. Применение таких материалов при изготовлении инструмента для обработки композитов до сих пор ограничивалось, в связи со сложностями формирования режущих элементов со специфическими для обработки композиционных материалов геометрическими параметрами; затруднительным образовани-

ем качественной режущей кромки; неудовлетворительным состоянием рабочих поверхностей при обработке (затачивании) традиционно используемыми на сегодняшний день методами.

Обеспечить качественное формирование (затачивание) режущих элементов из высокопрочных инструментальных материалов возможно, на наш взгляд, с использованием комбинированных методов электроалмазной обработки. К этим методам относятся электроалмазное шлифование, алмазное шлифование с непрерывной электрохимической правкой поверхности круга, комбинированный метод электроалмазного шлифования [3, 6, 7].

Электроалмазное шлифование, производится токоведущим алмазным кругом в среде электролита. В процессе обработки происходит анодное растворение шлифуемого твердого сплава и удаление продуктов анодного растворения алмазными зернами, выступающими из шлифовального круга. При этом алмазные зерна снимают механическим резанием тонкий слой твердого сплава. Недостатком этого метода является интенсивное засаливание алмазносного слоя и потеря режущей способности алмазного круга.

Другой метод - алмазное шлифование с непрерывной электрохимической правкой поверхности круга. В условиях этого метода круг работает в режиме самозатачивания за счет электрохимической правки. При этом алмазносная поверхность характеризуется развитым рельефом и постоянными режущими свойствами. Снятие объема обрабатываемого материала осуществляется за счет механического резания, вследствие чего зерна подвергаются воздействию больших сил и температур, что приводит к их быстрому изнашиванию.

На кафедре «Технология машиностроения» ФГБОУ ВПО «БрГУ» разработан комбинированный метод электроалмазного шлифования с одновременной непрерывной электрохимической правкой круга. Разупрочнение поверхностного слоя затачиваемых пластин способствует снижению механической прочности срезаемого слоя и, соответственно, сопротивления резанию. Поскольку процесс резания осуществляется кругом, работающим в режиме самозатачивания, то это не только исключает засаливание, но и обеспечивает высокие и статистически постоянные во времени режущие свойства. Все это значительно облегчает процесс резания.

Сформированные, с использованием представленных методов, режущие поверхности и кромки инструментов для обработки композиционных материалов, оснащенных современными высокопрочными инструментальными материалами, позволят повысить производительность и качество изготавливаемых изделий за счет повышения работоспособности режущего инструмента.

В целях повышения качества обрабатываемой поверхности изделий из композиционных материалов, получаемой с использованием режущего инструмента, оснащенного современными инструментальными материалами. Рекомендуется проводить затачивание инструмента с использованием комбинированного метода обработки, включающего в себя электроалмазное шлифование с одновременной непрерывной электрохимической правкой круга. Процесс исследования работоспособности, подготовленного таким образом инструмента и качества поверхности обрабатываемого композиционного материала, требует детального изучения, с целью выявления рациональных режимов, обеспечивающих необходимое качество изделий.

#### **Библиографический список**

1. Абушенко, А.В. Древесно-полимерные композиты: слияние двух отраслей / А.В. Абушенко // Мебельщик. 2005. - № 3. - С. 32-36.
2. Аврамчик, А.В. Древесно-полимерный композит: на стыке технологий / А.В. Аврамчик // Полимерные материалы. 2010. - №8. - С. 3134.
3. Лобанов, Д.В. Подготовка режущего инструмента для обработки композиционных материалов / Д.В. Лобанов, А.С. Янюшкин: монография. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2011. – 192 с.
4. Манжос, Ф.М., Цуканов, Ю.А. Исследование обрабатываемости резанием древесностружечных плит/ сб. научных трудов.-Вып. 101. М.: МЛТИ,1981.-101с.
5. Пичугин, А.П. Экологические проблемы эффективного использования отходов и местного сырья в строительстве / А.П. Пичугин, А.С. Денисов, В.Ф. Хританков // Строительные материалы. 2005. - №3:

6. Янюшкин А.С., Федоров Б.В., Технология электроалмазной обработки высокопрочных материалов на примере затачивания режущих инструментов // Труды Братского индустриального института. - Братск: БрИИ, 1998.

7. Янюшкин, А.С. Технология комбинированного электроалмазного затачивания твердосплавных инструментов. – М.: Машиностроение–1, 2003. – 242 с

Д.В. Лобанов, Н.В. Иванов

*Братский государственный университет*

## **РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ИХ ОБРАБОТКИ**

Требования, которые предъявляются к современным деталям различного технического назначения, постоянно возрастают: они должны обладать высокими прочностными свойствами в сочетании с малой плотностью и массой. Развитие современной промышленности предполагает использование новых материалов, обладающих высокими эксплуатационными свойствами, в сочетании со сниженной стоимостью.

Таким требованиям отвечают различные виды композиционных материалов. Композиционные материалы представляют собой металлические и неметаллические матрицы с заданным распределением в них упрочнителей (волокон, дисперсных частиц и др.); при этом эффективно используются индивидуальные свойства составляющих композиции. По характеру структуры композиционные материалы подразделяются на следующие группы:

- волоконистые, упрочненные непрерывными волокнами и нитевидными кристаллами;
- дисперсноупрочненные, полученные путем введения в металлическую матрицу дисперсных частиц упрочнителей;
- слоистые, созданные путем прессования или прокатки разнородных материалов [2].

К примеру, к группе полимерных композиционных материалов относятся стеклопластики (СТЭФ) - слоистые пластики, армированные тканями из различных волокон. Это упругий, износостойкий технологичный материал, который используется на производстве в качестве диэлектрика и для изготовления различных деталей механизмов. Высокая механическая прочность и электрическая стабильность позволяют проводить механическую обработку этого материала и использовать его для конструктивных деталей электрооборудования.

Однако, наличие высокой прочности у композиционных стеклотекстолитовых материалов затрудняет их обработку резанием, возрастают требования к износостойкости и качеству подготовки режущего инструмента. Применяемый в настоящее время инструмент быстро изнашивается, теряет свою работоспособность, требует частых переточек, в результате чего, возрастают затраты на его эксплуатацию. Стала актуальной проблема изготовления инструмента, обладающего высокой работоспособностью и стойкостью, по сравнению с ранее выпускаемыми конструкциями.

Инструментальные стали не обладают высокой износостойкостью и приводят к быстрой потере работоспособности инструмента, требуются частые переточки, что уменьшает эффективность производства. Одно из решений данной проблемы – применение инструментальных материалов, обладающих высокой износостойкостью и твердостью. К прогрессивным можно отнести композиционные материалы – минералокерамические и сверхтвердые. Твердый сплав представляет собой композиционный материал, состоящий из порошков карбидов вольфрама и связующей фазы – матрицы, в качестве которой используется кобальт. Карбиды вольфрама обладают высокой твердостью, износостойкостью и теплостойкостью, что определяет высокие режущие свойства твердосплавного инструмента [2, 4].

Твердые сплавы, применяемые для оснащения металлорежущих инструментов, по составу и областям применения условно делят на четыре основные группы: однокарбидные вольфрамокобальтовые (ВК); двухкарбидные титановольфрамовые (ТК); трехкарбидные титанотанталовольфрамовые (ТТК); безвольфрамовые на основе карбида и карбонитрида титана.

Сплавы группы ВК обладают наиболее разнообразными и более высокими свойствами, в частности более высокой теплопроводимостью, ударной вязкостью, прочностью на изгиб и модулем упругости. Однако, применение твердосплавного инструмента вызывает ряд научно-технических проблем, в числе которых важнейшее место занимает операция затачивания.

Анализ литературных данных показывает, что одним из перспективных методов затачивания твердосплавных инструментов являются комбинированные методы электроалмазного шлифования [1, 2, 3, 5]. К этим методам относятся: электрохимическое шлифование; алмазное затачивание с непрерывной электрической правкой круга; комбинированное электрохимическое алмазное затачивание с непрерывной электрохимической правкой поверхности алмазного круга.

Наиболее распространенный метод - электрохимическое шлифование. Затачиваемый инструмент подключается к положительному полюсу источника постоянного тока, круг к отрицательному. Электрическая цепь замыкается через электролит, подаваемый в зазор, образуемый между алмазными зернами и затачиваемой поверхностью.

Второй метод - алмазное затачивание с непрерывной электрической правкой круга. Круг подключается к положительному полюсу источника постоянного тока, специальный катод – к отрицательному, а затачиваемый инструмент является электронейтральным. При подаче электролита в область контакта шлифовального круга с катодом и включении источника постоянного тока образуется замкнутая электрическая цепь, способствующая электрохимическому травлению продуктов засаливания и отчистки связки круга, что обеспечивает освобождение затупившихся алмазных зерен и сохранение чистоты алмазоносного слоя, его высоких и притом постоянных во времени режущих свойств, т.е. работу круга в режиме самозатачивания.

Третий метод - комбинированное электрохимическое алмазное затачивание с непрерывной электрохимической правкой поверхности алмазного круга. Сущность заключается в анодном растворении продуктов засаливания на поверхности шлифовального круга: круг работает в режиме самозатачивания, и одновременно происходит травление рабочей зоны затачиваемого инструмента. В итоге резание осуществляется всегда острыми зернами, что является гарантией высокого качества заточенного инструмента.

Таким образом, для эффективной обработки из полимерных композиционных материалов необходимо оснащать режущий инструмент высокопрочными инструментальными материалами, формировать геометрические характеристики и качество поверхности с применением комбинированных методов электроалмазной обработки. Это позволит повысить качество подготовки режущего инструмента, эффективно обрабатывать композиционные полимерные материалы с гарантированным качеством и точностью, что позволит расширить область использования полимерных композитов при изготовлении деталей машин и механизмов различного технологического назначения.

#### **Библиографический список**

1. Янюшкин А.С. Технология комбинированного электроалмазного затачивания твердосплавных инструментов. – М: Машиностроение-1, 2003. – 242 с.
2. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Подготовка режущего инструмента для обработки композиционных материалов: монография. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2011. – 192 с.
3. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Рычков Д.А., Технологическая подготовка инструментального обеспечения при обработке композиционных материалов сборным фрезерным инструментом // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем: сб. науч. трудов. – Краматорск. – Вып. 27. – 2010. 188 с.
4. Справочник инструментальщика/И. А. Ординарцев, Г. В. Филиппов, А. Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И. А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1987. – 846 с. : ил.
5. Янюшкин, А.С. Состояние твердосплавного инструмента, заточенного различными методами электроалмазной обработки / А.С. Янюшкин, Д.В. Лобанов, С.А. Якимов Вестник Иркутского регионального отделения АН ВШ России. 2006. - №2 (9). – с. 100 – 104.

## АРМИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕЗВОЗДУШНЫХ ШИН С УПРУГИМИ СПИЦАМИ С УЧЕТОМ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИУРЕТАНА

На кафедре "Автомобильный транспорт" выполняется научно-исследовательская работа "Создание безвоздушных шин для наземных транспортных средств", целью которой является разработка новой конструкции автомобильной шины, а также способа её изготовления.

Известно, что упругие свойства автомобильных шин должны соответствовать параметрам транспортного средства, на котором они применяются. Несоответствие приводит к ухудшению показателей большинства эксплуатационных свойств автомобиля и, в первую очередь, плавности хода.

Для оценки упругих свойств автомобильных шин необходимо обязательное построение характеристик их нормальной жёсткости, которая, в соответствии с ГОСТ 17697-72 "Автомобили. Качение колеса. Термины и определения", является производной нормальной нагрузки, действующей на колесо, по нормальному прогибу шины. В то же время, при деформировании в направлении нормали к опорной поверхности и условии совпадения вертикальной плоскости и плоскости вращения колеса автомобильная шина деформируется и в радиальном направлении. Кроме того, характеристика нормальной (радиальной) жёсткости позволяет оценить не только упругие, но и демпфирующие свойства автомобильной шины.

Спицы безвоздушной шины имеют форму так называемых брусьев, или стержней, то есть тел, у которых длина значительно превышает их поперечные размеры.

При решении задачи были принята основная гипотеза сопротивления материалов, - материал спиц в определённых пределах считается вполне упругим, то есть спицы после нагрузки способны восстанавливать свою первоначальную форму и размеры, а энергия, затраченная на их деформацию, при разгрузке полностью возвращается;

Внешние силы, которые действуют на автомобильное колесо, деформируя безвоздушную шину в радиальном направлении, вызывают продольную деформацию её упругих спиц, а именно их продольный изгиб.

Следует обратить внимание на то, что параметры физико-механических свойств эластичных полиуретанов, в том числе и тех, которые применяются при изготовлении шин автомобилей и других колёсных машин, существенно отличаются. Отличия параметров физико-механических свойств эластичных полиуретанов обусловлены количеством, составом и соотношением входящих в них компонентов. Кроме того, производители эластичных полиуретанов в большинстве случаев не указывают модуль упругости в технической характеристике материала. Необходимое для теоретических расчётов значение модуля упругости эластичного полиуретана можно определить только экспериментально-расчётным методом в процессе деформирования опытного образца полиуретанового стержня или отдельно изготовленной спицы безвоздушной шины.

В связи с этим возникла проблема, заключающаяся в том, что после снятия нагрузки, безвоздушная шина теряет свою форму. Поэтому было решено армировать шину, используя корд.

Корд несет основную нагрузку во время работы шины, а также обеспечивает:

- прочность;
- износостойкость;
- теплостойкостью;
- сохранность формы;
- однородностью физико-механических качеств;
- малыми потерями на трение.

Степень важности корда в автомобильных шинах переоценить невозможно. Именно корд (арматура, обеспечивающая прочность, эластичность, износостойкость) отвечает за сохранение формы шин, препятствует их деформации.

Корд изготавливают из хлопка, вискозы, полиамидных волокон (капрон, перлон, нейлон) полиэфирных волокон (тревира), стальной проволоки, стекловолокна и др.

Опишем работу нитей в корде шины. Принято считать, что нити работают на сжатие не могут. Однако в покрышках кордные нити не свободные, а окружены полиуретаном. Чтобы иметь ясное представление о работе кордной нити на сжатие в продольном направлении, ее следует рассматривать как спиральную пружину, изготовленную из структурного материала корда. Если заключенный в полиуретан корд сжимать продольной силой (одновременно сжимая резину), то его спиральные слои сближаются. При этом полиуретан сжимает нить поперек и препятствует расширению спиральных витков корда. В результате возросшего трения между элементами нити она оказывает сопротивление продольному сжатию, которое отрицательно сказывается на работоспособности корда. Максимальное сжатие наблюдают в зоне средней части контакта на внешнем слое каркаса и по боковине на внутреннем слое каркаса. Многократные циклы растяжения-сжатия являются главной причиной разрушения корда. Опыты показывают, что нити корда по покрышке испытывают в средней части контакта на внутреннем слое каркаса деформации растяжения. При качении колеса деформация нити корда увеличивается на 1,0—1,5%. Деформация нити корда изменяется с изменением жесткости полиуретана, нити корда, угла нити корда и величины приложенных к колесу внешних сил.

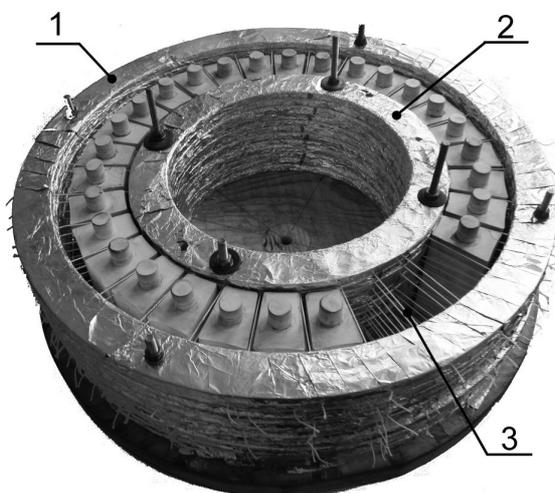


Рис. 1. Конструкция для армирования спиц шины  
1 – наружное кольцо; 2 – внутреннее кольцо; 3 – нити корда

Под действием приложенных к колесу сил шина деформируется в основном только на определенном участке окружности, называемом рабочей зоной, расположенной в области контакта шины с дорогой. За один оборот колеса каждая нить корда, из-за деформации шины получает дополнительное напряжение растяжения или продольного сжатия и изгиба. Продольные напряжения в корде изменяются на различных участках рабочей зоны шины и длине нити. Максимальная величина дополнительных напряжений, возникающих в корде в результате качения колеса по плоскости, достигает 0,5 - 1,0 кгс на нить. Эти напряжения имеют циклический характер изменения.

В виду необходимости армирования была доработана существующая конструкция матрицы колеса. На рисунке 1 показана конструкция, предназначенная для возможности армирования спиц безвоздушной шины. Наружное и внутреннее кольца сделаны из фанеры и обернуты фольгой, для того чтобы после заливки матрицы полиуретаном была возможность разбора формы и снятия готовых спиц с кордом. Между внутренним и наружным кольцами натянута нить – будущий корд.

## **ОБЗОР ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С АДГЕЗИЕЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН ПУТЕМ СОЗДАНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНОГО СЛОЯ НА ГРАНИЦЕ КОНТАКТА**

Основной причиной снижения производительности строительных и дорожных машин при разработке и транспортировке влажных грунтов и материалов (особенно в условиях отрицательных температур) является увеличение адгезии и трения при копании, выгрузке, перемещении и планировке.

Адгезия обусловлена межмолекулярным взаимодействием и проявляется в виде сил смерзания при отрицательной температуре и при положительной температуре в виде сил прилипания.

В последнее время проблеме борьбы с прилипанием и примерзанием уделяется большое внимание как в России, так и за рубежом.

Опыт эксплуатации землеройных машин показывает, что при разработке влажных грунтов намерзание и прилипание грунта на рабочие органы существенно снижает производительность машины. При этом снижение производительности происходит из-за уменьшения полезной вместимости ковшей за счет неполной выгрузки, из-за роста как лобового сопротивления при резании (копании) в результате прилипания влажного грунта к рабочему органу, так и сопротивление входа в ковш, а также увеличение простоев машин вследствие необходимости очистки рабочих органов. Кроме того растут энергетические потери из-за увеличения сил трения и снижается качество выполняемых работ.

На скорость смерзания и мгновенное сопротивление ему влияют многие факторы: влажность грунтов; температура окружающей среды, грунта, поверхности, с которой происходит смерзание; время смерзания; материал и состояние поверхности; объем влажного грунта, его температуропроводность; скорость потока движущихся воздушных масс, омывающих систему грунт-металл при примерзании. [1]

Методы снижения трения и прилипания можно разделить на три группы.

Методы первой группы сводятся к созданию на границе контакта промежуточного слоя, который может служить экраном для молекулярного взаимодействия фаз и должен обладать малым когезионным или адгезионным взаимодействием.

Ко второй группе относятся методы, способствующие ослаблению адгезионных связей вследствие внешнего воздействия и приводящие к изменению свойств поверхностных слоев фаз.

К третьей группе относятся конструктивно-технологические и механические способы.

К четвертой группе относятся комбинированные методы: например, одновременное действие вибрации и теплового воздействия, вибрации и электроосмоса и т.п.

В общем случае силы прилипания и трения можно уменьшить следующими методами:

1. Образованием промежуточного слоя на границе раздела фаз системы рабочая поверхность - дисперсная масса. Этот слой должен играть роль экрана для сил межмолекулярного взаимодействия фаз, иметь малое адгезионное и когезионное взаимодействие и обладать "смазочным" действием, т.е. обеспечивать легкость относительного перемещения фазовых поверхностей. Слой может быть жидким, твердым и газообразным. Толщина слоя должна быть достаточной для проявления его объемных свойств.

2. Применением внешнего воздействия (теплового, вибрационного, электромагнитного, радиационного) для ослабления адгезионных связей.

3. Изменением адгезионно-когезионных свойств разрабатываемых масс благодаря незначительным различным добавкам. Например, добавкой некоторых поверхностно-активных веществ (ПДВ), веществ, связывающих воду (окись кальция, гидросиликата) или придающих массе гидрофобные свойства (например, кремнийорганические соединения).

4. Подбором технологического режима, неблагоприятного для развития адгезионно-когезионных сил. Адгезия существенно уменьшается при увеличении скорости относительного перемещения и снижения времени контакта и давления.

5. Использованием значительной разницы таких физико-механических свойств рабочей поверхности и дисперсной массы, как модуль упругости, коэффициент линейного и объемного расширения, способность к набуханию и ряда других, что при определенных условиях приводит к разрушению адгезионных связей.

6. Рациональным выбором конструктивных факторов (оптимальные радиусы кривизны рабочих поверхностей, уменьшение площади контакта, выбор угла давления на грунт, обеспечивающего возможность самоочистения, изменение шероховатости и структуры поверхности или ее насыщение материалами типа бор. сера. хром, способствующими снижению адгезии).

7. Механическими способами. Для очистки залипших рабочих поверхностей применяются скребки, ножи, щетки, подвижные стенки, лопасти и т.п. [2].

Наиболее рациональным средством борьбы с адгезией является образование промежуточного слоя на границе контакта в связи с небольшой энергоемкостью и малой себестоимостью рабочего оборудования, по сравнению с другими профилактическими методами.

Образование газового слоя в контактной плоскости грунт - рабочая поверхность может быть осуществлено с использованием следующих способов (устройств) получения газа повышенного давления: компрессоров или специальных газовых баллонов; отработавших газов двигателей; сжиганием топлива в специальных камерах, примыкающих к рабочему органу; при разложении некоторых химических реактивов под действием поровой влаги; при электролизе морской влаги грунтов; при парообразовании и интенсивном нагреве грунтовой влаги или другой жидкости [2].

В процессах, связанных со скольжением разрабатываемой массы на рабочей поверхности, газовый или жидкий слой служит своеобразной смазкой. При этом газовый или жидкостной слой должен образовывать непрерывный экран между грунтом и рабочей поверхностью.

Газ или жидкость может подаваться через отверстия после соприкосновения массы с поверхностью, например в ковш перед выгрузкой или непрерывно в течение рабочего процесса, создавая возможность временного исключения контакта массы с рабочей поверхностью.

При подаче газовой или жидкостной смазки через одну щель трение пласта о рабочую поверхность полностью исключить невозможно, так как на дальних от щели участках пласт может частично опираться на выступы (неровности), а смазочная среда будет проходить между ними. Применение повышенного давления нецелесообразно, так как увеличение разности давления подачи и давления пласта влияет на изменение зазора (однако пропорционально увеличивается мощность источника). Большая скорость газа при значительном динамическом давлении может создать эффект "присасывания" пласта при превышении атмосферного давления по сравнению со статическим давлением в отдельных точках поверхности [2]. Теоретически целесообразно подавать газ или жидкость через несколько щелей с разным давлением в соответствии с силой давления на пласт. При этом их ширина должна быть меньше ширины отвала в зависимости от давления пласта и состояния грунта.

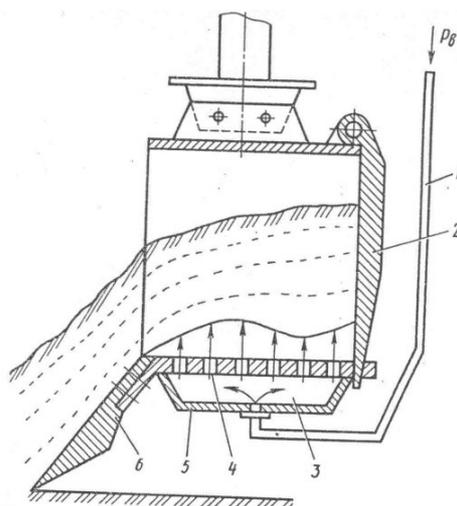


Рис. 1. Ковш экскаватора с газовой смазкой

1 – трубопровод, 2 – откидное днище, 3 – газовая полость, 4 – отверстия на поверхности скольжения, 5 – буфер, 6 – режущая часть

Для жидкостной смазки следует учитывать явление впитывания. Жидкостная смазка может быть более рациональной при условии ее малой впитываемости в грунт, поскольку грунт при движении способствует ее распределению вдоль рабочей поверхности. При этом минимальный расход смазочного материала определится наименьшей толщиной слоя жидкости, при котором сохраняются ее ньютоновские свойства, обеспечивающие легкость скольжения при ее достаточно высокой удерживающей способности на поверхности.

Наиболее целесообразной с точки зрения минимальных расходов и давления является подача газа и особенно жидкости через мелкие отверстия (капиллярных размеров), расположенные по всей поверхности. При этом снижается неравномерность расхода через них при изменении давления пласта [3].

#### Библиографический список

1. Кузьмичев В.А. Методы и средства разработки грунтов в районах с холодным климатом: Учебное пособие / В.А. Кузьмичев, И.М. Ефремов, С.А. Зеньков, Ю.Н. Кулаков, А.А. Кононов – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ» 2006 - 82 с.
2. Заднепровский Р.П. Рабочие органы землеройных и мелиоративных машин и оборудование для разработки грунтов и материалов повышенной влажности. - М.: Машиностроение, 1992. 176 с.
3. Заднепровский Р.П. Повышение производительности строительных и дорожных машин при разработке влажных грунтов и материалов. М.: ЦНИИТЭстройдормаш, 1984. 44 с.

В.А. Поскребышев, В.С. Федоров, А.С. Банщиков, А.Н. Степаненко

Братский государственный университет

### ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РЫХЛИТЕЛЯ МЕТОДОМ ВИБРОАКТИВАЦИИ РАБОЧЕГО ОРГАНА

Ускорение научно технического прогресса является одной из важнейших проблем развития экономики страны на современном этапе. Основные направления научно-технического прогресса - это развитие и совершенствование орудий труда, обеспечение их эффективного использования в эксплуатации, создание и внедрение новой прогрессивной техники.

Любой строительный процесс начинается с производства земляных работ, а в районах севера это становится настоящей проблемой, из-за мерзлых грунтов. Модернизация навесного оборудования строительных машин, работающих в районах севера, весьма актуальна, так как увеличение производительности позволяет повысить экономическую эффективность использования машин и механизмов.

Предметом изучения является навесное оборудование - рыхлитель, установленное на базовой машине Т-130. Применяют рыхлители для предварительного разрушения плотных и прочных грунтов при производстве земляных работ. Конструкция представляет собой рых-

лительное оборудование, состоящее из опорной рамы, верхней тяги, рамы, рабочей балки, зуба и гидроцилиндра [1].

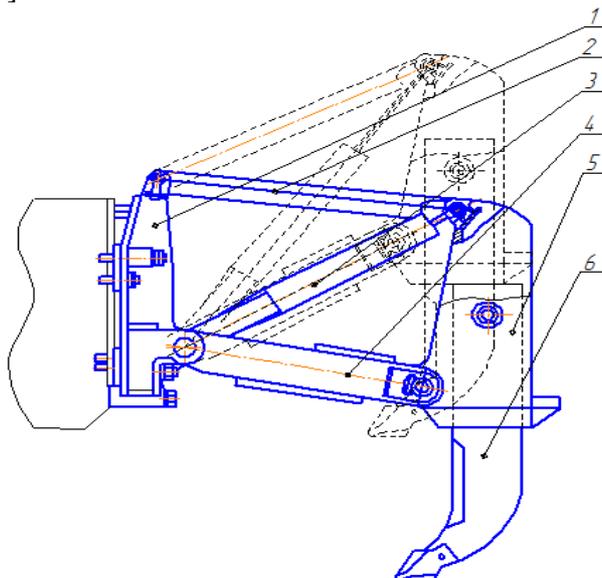


Рис. 1. Рыхлитель

1 – рама; 2 – верхняя тяга; 3 – гидроцилиндр; 4 – нижняя тяга; 5 – рабочая балка; 6 – зуб

Принцип работы заключается в создании непрерывного режущего усилия зуба за счет тягового усилия трактора-тягача. Рыхлят грунт на глубину 0,3-0,4 м, параллельными (примерно через 0,5 м) и последующими (под углом  $60-90^{\circ}$ ) к предыдущим проходам. Разработка грунта производится послойно (первый слой на глубину 0,3 м, второй на глубину 0,4 м), производительность рыхлителя составляет  $15-20 \text{ м}^3/\text{ч}$  в смену [2].

Известно, что при воздействии колебаний на рабочий орган (в нашем случае рыхлитель) землеройной машины низкой частоты (20-30 Гц), а также колебаний высокой частоты (18-22 Гц) усилие резания снижается в 2-5 и более раза [3]. Так же известно, что в процессе разрушения грунта машинами ударного действия при внедрение клина в грунт создается ядро уплотнения под его острием и грунт испытывает напряжения сжатия, а по боковым поверхностям – напряжение растяжения, что приводит к образованию трещин, которые способствуют скалыванию элементов грунта в сторону открытой поверхности [5]. Совокупность этих процессов приведет к одновременному увеличению производительности и снижения энергозатрат при выполнении подготовительных работ.

Учитывая снижение сопротивления разрушения грунта рабочими органами под действием вибрации, предлагается разработать рабочий орган с устройством для принудительных колебаний.

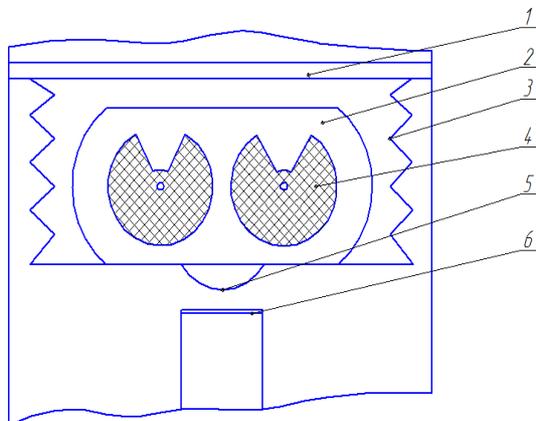


Рис. 2. Принципиальная схема установки вибровозбудителя направленных колебаний на клык рыхлителя

1 – балка крепления к рабочей балке; 2 – вибровозбудитель направленных колебаний; 3 – пружинная подвеска; 4 - дебаланс; 5 - наковальня; 6 - пята рыхлителя

Предлагаемая модернизация рабочего органа рыхлителя заключается в установке вибровозбудителя направленных колебаний, действующего непосредственно на зуб рыхлителя. Приспособление представляет собой устройство позволяющее создавать поступательно-возвратное действие передающее направленные колебания бойка вибровозбудителя на пятку клыка рыхлителя. Вибровозбудитель закреплен путем пружинной подвески к рабочей балке. Зуб рыхлителя так же находится на пружинной подвеске, что позволяет ему совершать обратно-поступательные движения, независимо от рабочей балки.

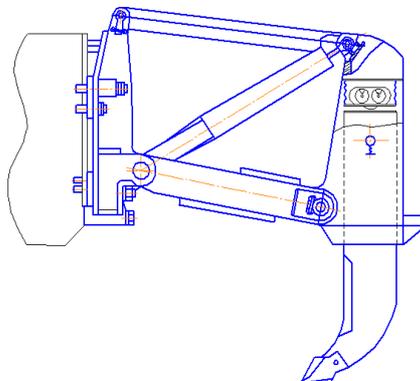


Рис. 3. Общая схема предлагаемой модернизации рабочего оборудования

Согласно теории А.Н. Зеленина результирующая сила сопротивления грунта рыхлению, условно приложенная к режущей грани наконечника[5]:

$$P = \sqrt{P_{01}^2 + P_{02}^2}$$

где  $P_{01}$  и  $P_{02}$  - касательная и нормальная составляющие сопротивления грунта рыхлению.

$$P_{01} = 10Ch\sqrt{b}\Delta$$

$$P_{01} = 10 \cdot 34 \cdot 40\sqrt{6} \cdot 1,6 = 53300H = 53,30кН$$

где  $C$  – число ударов динамического плотномера конструкции ДорНИИ;  $h$  – глубина рыхления, см;  $b$  – ширина наконечника рыхлителя, см;  $\Delta$  – коэффициент, учитывающий износ наконечника (для острых наконечников 1,4...1,6)

Нормальная составляющая сопротивления грунта рыхлению

$$P_{02} = P_{01}ctg(\delta + \varphi)$$

$$P_{02} = 53300ctg(25 + 0,62) = 30381H = 30,381кН$$

где  $\varphi$  - угол внешнего трения грунта по наконечнику рыхлителя (см. табл. 6; [5])

$$P = \sqrt{P_{01}^2 + P_{02}^2} = 61350,5H = 61,350кН$$

Как было ранее сказано, вибрационные колебания снижают сопротивление в 2-5 раз, то получившееся значение мы делим пополам.

$$P = \frac{\sqrt{P_{01}^2 + P_{02}^2}}{2} = 30675,25H = 30,675кН$$

Из вычислений видно, что сопротивление снизилось, значит и тяговое усилие базовой машины можно снизить. Совокупность полученных изменений приведет к повышению производительности и снижению энергозатрат на выполнение работ.

#### Библиографический список

1. Строительные машины и оборудование. Б.Ф. Белецкий, И.Г. Булгаков, 2012г.
2. Машины для земляных работ. А.И. Доценко, Г.Н. Карасев, Г.В. Кустарев, К.К. Шестопалов, 2012г.
3. <http://constructionroadmachines.com>
4. Строительные и дорожные машины. Атлас конструкций. Л.А. Гоберман, К.В. Степанян, 1985г. Машины для вечномерзлых грунтов. И.К. Растегаев, 1986г.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ БУЛЬДОЗЕРОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ

Известны следующие пути повышения эффективности этих машин: совершенствование формы отвала путем обеспечения косоугольного резания грунтов; применение или совершенствование параметров режущей системы, позволяющей осуществлять ступенчатое резание грунта; использование жидкостной смазки поверхности отвала. В данной работе основное внимание уделено определению параметров бульдозеров при создании промежуточного слоя на границе контакта на примере бульдозера Б-10М.

Объем призмы волочения зависит от геометрических размеров отвала и свойств грунта [1]

$$V_{np} = \frac{LH^2}{2k_{np}}$$

где  $L$  - ширина отвала, м;  $H$  - высота отвала с учетом козырька, м;  $k_{np}$  - коэффициент, зависящий от характера грунта (связности, коэффициента рыхления) и от отношения  $\frac{H}{L}$ .

Этот коэффициент получен в результате обработки экспериментальных данных по производительности бульдозеров.

Значения коэффициента  $k_{np}$  для связных грунтов выбираем  $k_{np} = 0.8$

$$V_{np} = \frac{3,31 \cdot 1,35^2}{2 \cdot 0,8} = 3,75 \text{ м}^3$$

При транспортировании грунта отвалом бульдозера по горизонтальной площадке возникают сопротивления:  $W_p$  - сопротивление резанию, кН;  $W_{np}$  - сопротивление перемещению призмы грунта перед отвалом, кН;  $W_g$  - сопротивление перемещению грунта вверх по отвалу, кН;  $W_m$  - сопротивление перемещению бульдозера, кН;  $W_{mp}$  - сопротивление трению ножа бульдозера о грунт, кН.

Сопротивление резанию грунта

$$W_p = kLh_1$$

где  $k$  - удельное сопротивление лобовому резанию, кН/м<sup>2</sup>;  $h_1$  - глубина резания во время перемещения призмы грунта, м. Средние значения  $k$  при угле резания  $\delta = 45^\circ$  составляет 17000 кг/м<sup>2</sup>.

При перемещении призмы волочения часть ее теряется в боковые валики, поэтому нож бульдозера должен быть заглублен на некоторую величину  $h_1$  для срезания стружки, восполняющей потери грунта в боковые валики. Потери грунта в боковые валики на 1 м пути могут быть оценены коэффициентом  $k_n$

$$k_n = \frac{V_g}{V_{np}}$$

где  $V_g$  - объем грунта в боковых валиках в плотном теле на 1 м пути, м<sup>3</sup>;  $V_{np}$  - фактический объем призмы волочения в плотном теле, м<sup>3</sup>.

Коэффициент  $k_n$  зависит от свойств грунта, для связных грунтов принимаем  $k_n = 0.032$ .

Величина заглубления

$$h_1 = \frac{k_n V_{np}}{L} = \frac{0,032 \cdot 3,75}{3,31} = 0,04 \text{ м}$$

Сопротивление резанию грунта

$$W_p = 17000 \cdot 3,31 \cdot 0,04 = 2251 \text{ кН}$$

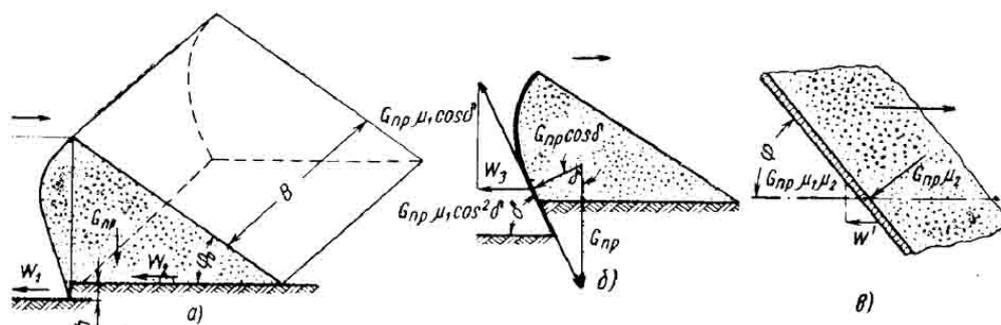


Рис. 1. Схемы к определению сопротивления копанью грунта бульдозером

Сопротивление перемещению призмы волочения (рис. 1, а)

$$W_{np} = V_{np} \gamma_z \mu_2 = G_{np} \mu_2 \text{ кН}$$

где  $G_{np}$  - вес призмы волочения, кН;  $\gamma_z$  - объемный вес грунта в плотном теле, кН/м<sup>3</sup>;  $\mu_2$  - коэффициент трения грунта по грунту, для связных грунтов  $\mu_2 = 0,5$ .

Вес призмы волочения

$$G_{np} = V_{np} \rho_{zp}$$

где  $\rho_{zp}$  - плотность грунта, для суглинков принимаем  $\rho_{zp} = 1800 \text{ кг/м}^3$ , тогда

$$G_{np} = 3,75 \cdot 1800 = 6750 \text{ кг}$$

Сопротивление перемещению призмы волочения

$$W_{np} = 6750 \cdot 0,5 = 33,75 \text{ кН}$$

Сопротивление от перемещения грунта вверх по отвалу (рис. 1, б) [2]

$$W_e = G_{np} \cos^2 \delta \mu_1$$

где  $\delta$  - угол резания;  $\mu_1$  - коэффициент трения грунта по металлу, для средних суглинков  $\mu_1 = 0,50$ .

Для устранения адгезии (налипания грунта на металлическую поверхность отвала) были приняты меры, такие как применение полипропиленового материала высокого давления [3], обладающий антиадгезионными свойствами, и создание промежуточного слоя на границе контакта на основе жидкой смазки с гидрофобным свойством. Уменьшение трения грунта вследствие смазки лобовой поверхности отвала ведет к снижению сопротивления от перемещения грунта вверх по отвалу. По мнению Заднепровского Р.П., при периодическом смазывании рабочих поверхностей жидкостной смазкой, коэффициент трения уменьшается в 8 раз [4]. Поэтому коэффициент трения по лобовой поверхности отвала, покрытый полипропиленом высокого давления с гидрофобной смазкой принимаем  $\mu_1 = 0,08$ .

Сопротивление от перемещения грунта вверх по отвалу

$$W_e = 6750 \cdot \cos^2 45^\circ \cdot 0,08 = 2,70 \text{ кН}$$

Сопротивление перемещению бульдозера [5]

$$W_m = Gf$$

где  $G$  - вес бульдозера,  $G = 156,31 \text{ кН}$ ;  $f$  - коэффициент сопротивление перемещению движителей бульдозера,  $f = 0,12$ .

Сопротивление перемещению бульдозера

$$W_m = 156,31 \cdot 0,12 = 19 \text{ кН}$$

Сопротивление трению ножа бульдозера о грунт  $W_{mp}$  учитывается в том случае, когда вертикальная составляющая сопротивления копанью и собственный вес рабочего оборудо-

вания  $G_1$ , передающийся на грунт, не воспринимаются системой управления и не передаются на ходовую часть бульдозера

$$W_{mp} = \mu_1(R_z + G_1) = \mu_1(R_x \operatorname{tg} \nu + G_1)$$

где  $R_x$  и  $R_z$  - горизонтальная и вертикальная составляющие результирующей силы сопротивления копания (рис. 2, а);  $\nu$  - угол наклона результирующей сил сопротивления на отвале, при резании и перемещении плотного грунта  $\nu = 17^\circ$ ;  $G_1$  - сила тяжести рабочего оборудования,  $G_1 = 29,4$  кН.

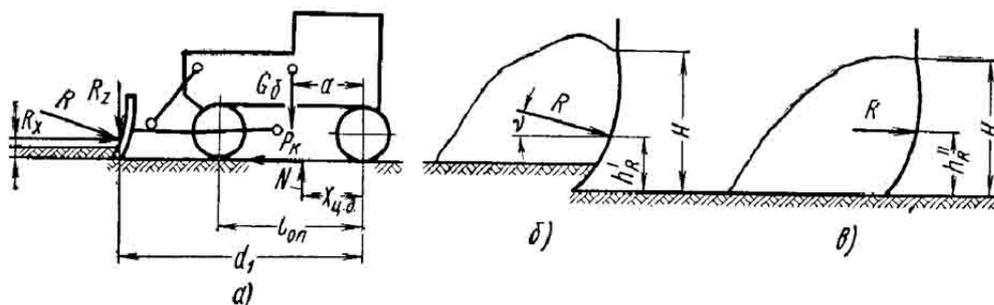


Рис. 2. Схема к расчету горизонтальной и вертикальной составляющих результирующей сил сопротивления копанию

Горизонтальная составляющая результирующей силы сопротивления копанию

$$R_x = \kappa_T T_n$$

где  $\kappa_T$  - коэффициент использования тягового усилия,  $\kappa_T = 0,8$ ;  $T_n$  - номинальная сила тяги.

Номинальное тяговое усилие  $T_n$  находится [5]

$$T_n = \frac{3,6N\eta_{mp}}{\nu}$$

где  $N$  - мощность двигателя базовой машины,  $N = 132$  кВт;  $\eta_{mp}$  - к.п.д трансмиссии, для гидромеханической  $\eta_{mp} = 0,76$ ;  $\nu$  - скорость движения базовой машины,  $\nu = 2$  км/ч.

Номинальное тяговое усилие

$$T_n = \frac{3,6 \cdot 132 \cdot 0,76}{2} = 181 \text{ кН}$$

Горизонтальная составляющая результирующей силы сопротивления копанию

$$R_x = 0,8 \cdot 181 = 145 \text{ кН}$$

Сопротивление трению ножа бульдозера о грунт

$$W_{mp} = 0,5 \cdot (145 \cdot \operatorname{tg} 17^\circ + 29,4) = 36 \text{ кН}$$

Высота точки приложения  $R_x$  и  $R_z$  при резании и перемещении плотного грунта (рис. 2, б) определяется

$$h_R^{\wedge} = 0,17H$$

где  $H$  - высота отвала без козырька,  $H = 1,18$  м.

$$h_R^{\wedge} = 0,17 \cdot 1,18 = 0,2 \text{ м}$$

Суммарное сопротивление движению

$$W = W_p + W_{mp} + W_e + W_m + W_{mp} = 22,51 + 33,75 + 2,70 + 19 + 36 = 113,96 \text{ кН}$$

Производительность бульдозера при резании и перемещении грунта определяется

$$\Pi = \frac{3600V_{\phi} k_e k_{укл}}{T_u} \text{ м}^3/\text{ч}$$

где  $k_e$  - коэффициент использования бульдозера по времени,  $k_e = 0,85$ ;  $k_{укл}$  - коэффициент, учитывающий влияние уклона местности на производительность бульдозера, для угла подъ-

ема  $\alpha_n = 15 - 20^\circ$  принимаем коэффициент  $k_{укл} = 2.68$ ;  $T_{ц}$  - длительность цикла в сек;  $V_{\phi}$  - объем грунта (в плотном теле) перед отвалом;

$$V_{\phi} = \frac{LH^2}{2k_{np}k_p}$$

где  $k_p$  - коэффициент разрыхления грунта,  $k_p = 1.3$ .

Объем грунта (в плотном теле) перед отвалом

$$V_{\phi} = \frac{3,31 \cdot 1,35^2}{2 \cdot 0,8 \cdot 1,3} = 2,9 \text{ м}^3$$

Длительность цикла определяется выражением

$$T_{ц} = \frac{l_p}{v_1} + \frac{l_n}{v_2} + \frac{l_p + l_n}{v_3} + 2t_n + t_0 + t_c$$

где  $l_n$  - длина пути перемещения грунта,  $l_n = 60$  м;  $l_p$  - длина пути резания,  $l_p = 10$  м;  $v_1$  - скорость движения бульдозера при копании грунта,  $v_1 = 0,5$  м/сек;  $v_2$  - скорость движения бульдозера при перемещении грунта,  $v_2 = 1$  м/сек;  $v_3$  - скорость обратного холостого движения бульдозера,  $v_3 = 2,2$  м/сек;  $t_0$  - время опускание отвала,  $t_0 = 2$  сек;  $t_c$  - время на переключение передач,  $t_c = 5$  сек;  $t_n$  - время, необходимое на разворот,  $t_n = 10$  сек.

Длительность цикла

$$T_{ц} = \frac{10}{0,5} + \frac{60}{1} + \frac{10 + 60}{2,2} + 2 \cdot 10 + 2 + 5 = 139 \text{ сек}$$

Производительность бульдозера при резании и перемещении грунта

$$П = \frac{3600 \cdot 2,9 \cdot 0,85 \cdot 2,68}{139} = 171 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Определение числа циклов за час работы

$$n = \frac{3600}{T_{ц}} = \frac{3600}{139} = 25 \text{ циклов/ч}$$

Приведенные расчеты производительности бульдозера при резании и перемещении грунта являются для бульдозера с базовым рабочим оборудованием. При использовании полипропиленового материала высокого давления на лобовую поверхность отвала и создания промежуточного слоя на границе контакта путем жидкостной смазки с гидрофобным свойством, число циклов бульдозера за час работы уменьшится за счет уменьшения времени простоя машины. Это связано с дополнительным временем на трудоемкие работы по очистке металлической поверхности отвала от налипшего грунта. При этом уменьшается сопротивление от перемещения грунта вверх по отвалу, улучшается условие наполнения отвала, увеличивается полезный объем отвала. Всё это приводит к уменьшению числа циклов и соответственно увеличению производительности бульдозера.

#### Библиографический список

1. Дорожные машины. Часть I. Машины для земляных работ. Изд. 3-е, переработ. и доп. М., «Машиностроение», 1972, стр. 504. Авт. Алексеева Т.В., Артемьев К.А., Бромберг А.А. и др.
2. Машины для земляных работ: Учебник / Гаркави Н.Г., Аринченков В.И., Карпов В.В. и др.; под ред. Н.Г. Гаркави. -М.: Высш. школа, 1982. -335с., ил.
3. Футеровочные покрытия на основе СВМ полимеров. Режим доступа: <http://www.ppfp.ru/index.html>
4. Заднепровский Р.П. Рабочие органы землеройных и мелиоративных машин и оборудование для разработки грунтов и материалов повышенной влажности. - М.: Машиностроение, 1992. 176 с.
5. Проектирование машин для земляных работ / Под ред. А. М. Холодова,— Х.; Виши шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986.— 272 с.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГИБКИХ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С АДГЕЗИЕЙ ГРУНТОВ К РАБОЧИМ ОРГАНАМ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН

Адгезия обусловлена межмолекулярным взаимодействием и проявляется в виде сил примерзания при отрицательной температуре и в виде сил прилипания при положительной температуре.

В последнее время проблеме борьбы с прилипанием и примерзанием уделяется большое внимание как в России, так и за рубежом (США, Германия, Великобритания, Франция, Чехия, Япония и др.). Большинство работ посвящено разработке конструкций рабочих органов землеройных и других машин с использованием как механических устройств, так и физико-химических методов снижения адгезии и трения.

Анализ и обобщение отечественной и зарубежной практики ведения массовых земляных и открытых горных работ показали, что применяемые в настоящее время и предлагаемые средства для борьбы с прилипанием и примерзанием грунтов к ковшам землеройных машин по характеру и принципу действия можно разделить на профилактические средства (предотвращение адгезии) и средства для очистки ковша (восстановление эвакуирующей способности грунта). Кроме того, все методы борьбы можно разделить на применяемые с остановкой машины (экскаватора) и применяемые непосредственно во время ее работы [1].

В литературе имеется несколько классификаций методов борьбы с адгезией грунтов. При этом многие методы и средства относятся к тому или иному виду при составлении классификации лишь условно. Так, обогрев ковшей применяется и как средство, способствующее очистке ковша от уже намерзшего грунта, и как средство, предупреждающее его намерзание (профилактическое воздействие).

В связи с этим было решено провести сравнительный анализ гибких нагревательных элементов, таких как ЭНГЛ – 1, СНКД 20 – 80 – 5 и нагревательная пленка HEAT PLUS.

Элемент нагревательный гибкий ленточный (ЭНГЛ) [2] относится ко второй группе методов – внешнего воздействия. ЭНГЛ – 1 выпускается компанией ТЕРМ, созданной на базе Санкт-Петербургского филиала ОАО СКБ «Транснефтеавтоматика».

ЭНГЛ – 1 – нагревательная лента предназначена для защиты от замерзания, образования снега и льда, технологического прогрева (рис. 1).



Рис. 1. Гибкий нагревательный элемент ЭНГЛ-1

ЭНГЛ – 1 – плетеная лента из стеклонити, в основе которой восемь нагревательных жил из нихрома. Снаружи нагреватели покрыты водонепроницаемой оболочкой из кремнийорганической резины. Концевые опрессовки выполнены из такой же резины. Изоляция из

кремнийорганической резины особенно подходит для случаев применения, где необходима высокая гибкость ленты.

Ленты ЭНГЛ – 1 представляют собой законченные изделия с герметичными наконечниками и низкотемпературными выводами. Выпускаются фиксированных размеров и мощностей и не подлежат резке. По согласованию с потребителем предприятие может изготовить нагреватели ЭНГЛ – 1 с другими параметрами и длинами, но с удельной мощностью не превышающей 100 Вт/м.

ЭНГЛ – 1 устанавливается быстро и просто, не требует никаких специальных навыков или инструментов.

Таблица 1

Технические характеристики ЭНГЛ-1

Максимальная температура на поверхности ленты	180°C (250°C по заказу)
Минимальная температура монтажа	50°C
Минимальный радиус изгиба	10 мм
Ширина активной части	24мм
Толщина активной части	3,3мм

Секция нагревательная кремнийорганическая двужильная СНКД 20-80-5 – это изделие, состоящее из нагревательного кабеля, соединительной герметичной муфты и питающего кабеля для подключения к электрической сети (рис. 2) [3].



Рис. 2. Гибкий нагревательный элемент СНКД 20-80-5

Основным элементом секции обогрева является кабель нагревательный с термоморозостойкой кремнийорганической резиновой изоляцией экранированный марки КНРТМЭ-В5 не распространяющий горения для эксплуатации во всех макроклиматических районах, соответствующий требованиям ГОСТ 26445-85, выпускаемый по новой технологии с применением экологически чистых материалов. Принцип работы заключается в преобразовании электрической энергии в тепловую.

Таблица 2

Технические характеристики СНКД 20-80-5

Мощность 1 погонного метра секции	20 Вт
Общая мощность секции	80 Вт
Длина секции	5 м
Электрическое сопротивление	600 Ом ± 10%

Устройство инфракрасной пленки HEAT PLUS показано на рис. 3 [4]. Нагревательным элементом является карбон (черные полосы). Карбоновый слой излучает инфракрасные лучи в спектре солнечного излучения (длина волны 5 – 20 мкм), которые обладают повышенной теплопроводностью и низким электромагнитным излучением. В качестве изоляции используется высокотемпературный материал – прозрачный полиэстер – ламинированная пленка (Р.

Е. Т.). Для повышения надежности соединения армированных медных шин с карбоновым слоем применяется серебряная подложка, которая имеет низкое сопротивление и позволяет при монтаже использовать специальные зажимы «коннекторы».

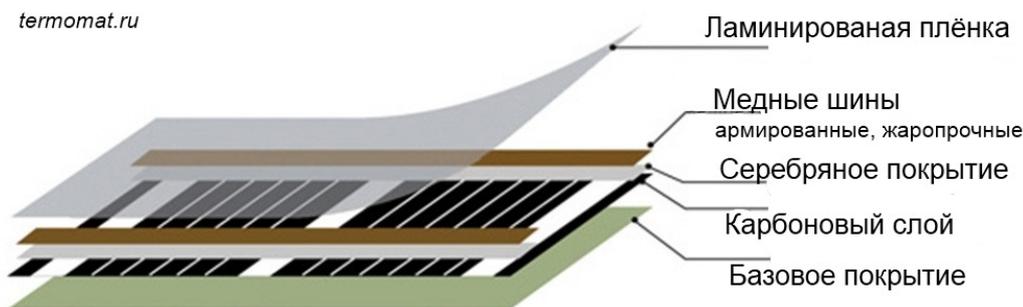


Рис. 3. Нагревательная пленка HEAT PLUS

Таблица 3

Технические характеристики пленки HEAT PLUS

Толщина греющей пленки	0,4 мм
Ширина полотна	50; 80; 100 см
Мощность	150...220 Вт/м <sup>2</sup>
Напряжение	220 В
Максимальная температура нагрева	60 <sup>0</sup> С
Температура плавления пленки	250 <sup>0</sup> С
Длина волны ИК лучей	5 – 20 мкм
Кратность сегмента ИК пленки	20 см

Зависимость нагрева имитатора ковша от времени проводилась для каждого нагревательного элемента при температуре окружающей среды +10<sup>0</sup>С (рис. 4) и при температуре окружающей среды -15<sup>0</sup>С (рис. 5).

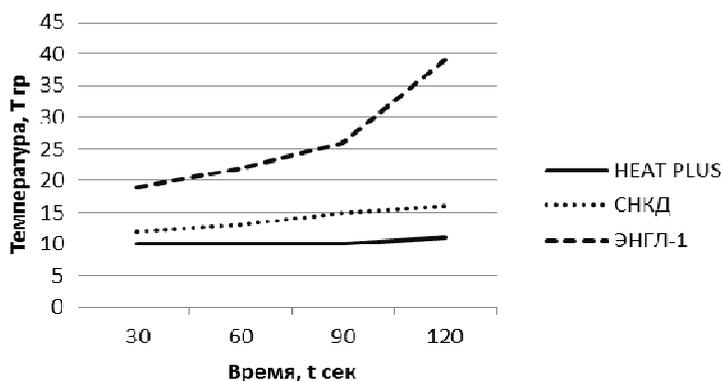


Рис. 4. Температурно-временная характеристика при температуре +10<sup>0</sup>С

При температуре +10<sup>0</sup>С за отрезок времени в 2 минуты при использовании ЭНГЛ-1 имитатор ковша нагрелся до +39<sup>0</sup>С, а сам нагревательный элемент нагрелся до +76<sup>0</sup>С. При использовании СНКД 20-80-5 имитатор нагрелся до +16<sup>0</sup>С, а нагревательный элемент до +57<sup>0</sup>С. При использовании HEAT PLUS имитатор нагрелся до +11<sup>0</sup>С, а пленка до +36<sup>0</sup>С.

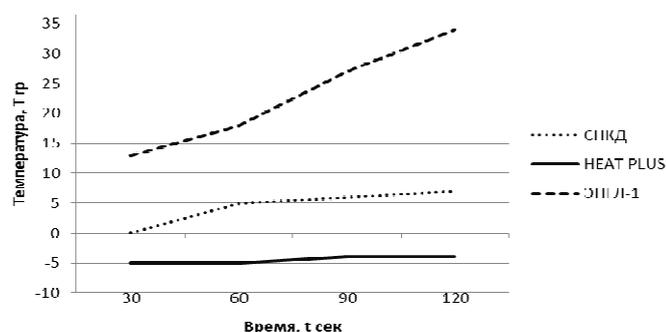


Рис. 5. Температурно-временная характеристика при температуре  $-15^{\circ}\text{C}$

При измерениях при температуре окружающей среды  $-15^{\circ}\text{C}$  за такой же период времени при использовании ЭНГЛ-1 имитатор ковша нагрелся до  $+34^{\circ}\text{C}$ , а сам нагреватель до  $+68^{\circ}\text{C}$ . При использовании СНКД 20-80-5 температура имитатора поднялась до  $+7^{\circ}\text{C}$ , при том что сам нагревательный элемент нагрелся до  $+49^{\circ}\text{C}$ . А при использовании инфракрасной нагревательной пленки HEAT PLUS нагрев был минимальным и температура имитатора не поднялась да до  $0^{\circ}\text{C}$ , при том что температура пленки составила  $+24^{\circ}\text{C}$ , следовательно можно сделать вывод о том что использование инфракрасной пленки HEAT PLUS при отрицательной температуре не целесообразно.

Проанализировав полученные графики, для проведения последующих экспериментальных исследований будут использоваться два типа гибких нагревательных элементов ЭНГЛ – 1 и СНКД 20-80-5.

#### Библиографический список

1. Зеньков С.А., Курмашев Е.В., Красавин О.Ю. Применение гибких нагревательных элементов для снижения адгезии грунтов к ковшам экскаваторов: Проблемы механики современных машин: материалы четвертой международной конференции/ ВСГТУ. – Улан-Удэ, 2009. – Т.4. – 204 с.
2. Зеньков С.А., Курмашев Е.В., Жидовкин В.В., Нечаев А.Н. Применение оборудования теплового воздействия для снижения адгезии грунтов: Механик XXI века. IX Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием: сборник докладов, - Братск: ГОУВПО «БрГУ», 2010. – 210с.
3. Секция СНКД20-80-5 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ns-silicon.ru/snkd20/121-sekciya-snkd20-80-5.html>
4. Отопительная система Heat Plus [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.termomat.ru/teplipol/heat-plus/>