

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА И МОДИФИЦИРОВАННОГО ЖИДКОГО СТЕКЛА

Согласно ГОСТ 530-2007 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» к эффективным относятся керамическим изделия, имеющие среднюю плотность от 1001 до 1200 кг/м<sup>3</sup>. Этот вид изделий обладает коэффициентом теплопроводности кладки в сухом состоянии свыше 0,24 до 0,36 Вт/(м °С) [1]. Пониженная теплопроводность эффективных стеновых изделий обеспечивает существенное сокращение затрат на эксплуатацию зданий и сооружений при меньшей материалоемкости строительства. В связи с этим исследования направленные на изготовление эффективных керамических изделий весьма актуальны.

Ежегодное образование микрокремнезема (МК) на Братском заводе ферросплавов – 12 000 т/год, из них утилизируется 700 т/год, а оставшаяся часть направляется в шламо-накопители.

Глобулярное строение и дисперсность МК обуславливает развитую внутреннюю пористость агрегатов отхода, что является теоретической предпосылкой изготовления керамических стеновых материалов пониженной средней плотности (рис. 1). Наличие дисперсного графитизированного углерода в МК (табл. 1) обуславливает дополнительную поризацию черепка при обжиге и обогащение поровой структуры.



Рис. 1. Частица микрокремнезема увеличение 10 000 раз

Можно предположить, что в МК с преобладающим размером частиц до 1,0 мкм графитизированные частицы органических примесей имеют близкий размер. Следовательно, при обжиге черепок обогащается порами размером до 1,0 мкм. Согласно классификации предложенной Лоховой – Бердовым поры 0,5 – 10,0 мкм относятся к группе промежуточных, такие поры наряду со способностью релаксировать напряжения от образования льда, позитивно влияют и на прочность черепка [2].

Это свойство МК успешно использовано в исследованиях С.В. Патраманской для изготовления рядового стенового кирпича и теплоизоляционных изделий [3]. Однако относительно низкая морозостойкость изделий из известных составов (до 25 циклов попеременного замораживания и оттаивания) предопределяет необходимость разработки технологических приемов по повышению морозостойкости микропоризованного черепка, обладающего высокой пористостью (46 – 58 %).

Таблица 1

Усредненный химический состав микрокремнезема

Год	Содержание, мас. %								
	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Влага	ППП	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO
2003	84,10	0,39	0,62	0,48	0,66	9,12	0,43	0,54	1,14
2010	50,14	1,78	1,42	0,62	0,23	9,82	0,94	1,33	1,77
2011	70,63	1,76	1,09	0,54	0,37	11,39	1,15	3,25	2,44

Для изготовления лицевых эффективных стеновых изделий на основе МК предполагается использование модифицированного жидкого стекла и корректирование состава шихты золой-унос от сжигания бурых углей Ирша-Бородинского месторождения.

Натриевое жидкое стекло предполагается модифицировать путем добавки поверхностно-активным веществом – кислотами жирными талловыми омыленными (КЖТО).

КЖТО (ТУ 12-7309058-15-90) – являются побочным продуктом сульфатно-целлюлозного производства и представляют собой натриевые соли талловых жирных кислот, получаемых при ректификации таллового масла из древесины хвойных пород. КЖТО представляет собой водорастворимую прозрачную маслянистую жидкость соломенно-желтого цвета.

Наряду с дополнительным пластифицированием масс и повышением их жизнеспособности использование органического ПАВ обогащает черепок дополнительной микропористостью вследствие выгорания органической добавки.

Корректирование состава шихты добавкой золы-унос, позволяет синтезировать водостойкие долговечные кальцийсодержащие фазы, армирующие стенки пор.

Вышеназванные технологические приемы дают возможность существенно повысить морозостойкость черепка без ухудшения показателей средней плотности керамических изделий на основе жидкого стекла и МК.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 530-2007. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. - Введ. 2008 – 03 – 01. – М.: МНТКС. 2007. —38 с.: ил. СтройКонсультант
2. Лохова, Н.А. Морозостойкие строительные керамические материалы и изделия на основе кремнеземистого сырья: монография. – Братск: БрГУ, 2009. – 268 с.
3. Лохова Н.А., Макарова И.А., Патраманская С.В. Обжиговые материалы на основе микрокремнезема. – Братск: БрГТУ, 2002. – 163 с., ил.

И.М. Воробьева

*Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВПО Сибирский Федеральный Университет*

## ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ

Укреплению здоровья населения, развитию физической культуры и спорта в нашей стране всегда уделялось большое внимание. Сегодняшний день отмечен стремлением к ускоренному решению социальных задач, направленных на создание наилучших условий труда и быта людей, воспитание гармоничного духовно и физически развитого человека. В решении этих важнейших задач видное место занимает развитие материальной базы спорта.

Бассейны представляют собой сложные гидротехнические сооружения, основным элементом которых является чаша. Наиболее используемый материал для изготовления чаши – бетон. На долговечность бассейнов влияет много факторов, одним из важнейших

является гидроизоляция бассейна. Основная задача гидроизоляции бассейна – защитить сооружение от грунтовых вод и исключить протекание внутренней чаши бассейна.

При строительстве бассейнов применяют следующие виды гидроизоляционных работ: внешняя гидроизоляция от проникновения грунтовых вод; внутренняя гидроизоляция от протечек воды бассейна (обмазочная гидроизоляция внутренней поверхности чаши; гидроизоляция трещин и швов бассейна; гидроизоляция закладных элементов). К гидроизоляционным материалам предъявляется ряд требований, среди которых водонепроницаемость, долговечность, экологичность, высокая адгезия к различным строительным поверхностям. Также важными свойствами являются простота применения и возможность использования при различных температурных режимах. Выбор оптимального гидроизоляционного материала является очень ответственной задачей.

Рынок строительных материалов предлагает для устройства гидроизоляции, великое множество различных по свойствам и условиям применения составов. Наиболее часто в строительстве плавательных бассейнов и спортивных сооружений для устройства гидроизоляции и защитно-декоративных покрытий, а также в конструкциях узлов герметизации применяются полимерные и полимерцементные материалы. Наиболее широк и привлекателен по ценовым показателям спектр полимерцементных композиций. Ряд производителей представляют на рынке гамму материалов системного характера, позволяющих решить большинство задач по гидроизоляции и некоторые задачи по защите конструкций от коррозии.

Тем не менее, полимерцементные композиции не решают всех вопросов защиты конструкций и, особенно, устройства узлов герметизации. Проблема решается, как правило, путем дополнения ассортимента поставляемых на стройплощадку материалов группой полимеров того или иного назначения. Расширение сферы применения полимерцементов за счет значительного (порой, на порядок) повышения некоторых физико-механических показателей достаточно затруднительно и, в конечном итоге, лишает их ценовых преимуществ. Следует также упомянуть об ограничениях, существующих в технологическом процессе устройства полимерцементных покрытий в силу наличия воды в рабочих составах, что требует жесткого соблюдения рекомендованного температурно-влажностного режима в рабочей зоне и на обрабатываемой поверхности. Недостатком полимерцементного покрытия является также необходимость его просушки для перехода к последующим работам. Сроки просушки и окончательного отверждения зависят от температурно-влажностного режима рабочей зоны. Указанные затруднения, возникающие при применении полимерцементных материалов, являются существенным негативным фактором, порой не компенсирующимся относительно невысокой ценой данных материалов.

Полимерные материалы достаточно широко применяются в строительстве, в т. ч. в виде различного рода мастик, клеев, герметиков. По сравнению с полимерцементными составами они имеют определенные преимущества в технологии, т. к., как правило, не содержат воды, а процесс отверждения (полимеризации) поддается коррекции. Эксплуатационные показатели полимерных наполненных и ненаполненных покрытий практически всегда выше, чем у полимерцементных композиций.

В настоящее время для гидроизоляции бассейнов наиболее распространены такие типы гидроизоляционных материалов как напыляемая, обмазочная и проникающая гидроизоляция.

Напыляемая гидроизоляция используется для защиты от проникновения воды кровли, фундаментов, водоемов, бассейнов, подвалов и подземных помещений. Этот вид изоляции влаги является двухкомпонентной системой изоляции, состоящей из базисного элемента и катализатора отверждения. Покрытие наносится на обрабатываемую поверхность с помощью "холодного распыления", после застывания покрытие образует прочную мембрану. К достоинствам напыляемой гидроизоляции можно отнести высокую адгезию к любому основанию (сталь, бетон, рубероид) вне зависимости от его рельефа. Также она не содержит швов, не огнеопасна, не имеет запаха и обладает длительным сроком службы.

Обмазочная гидроизоляция представляет собой многослойное водонепроницаемое покрытие и эластичные мембраны толщиной до 3 мм. Для обмазочной гидроизоляции используются битумные, битумно-полимерные (горячего и холодного нанесения) мастики и эмульсии, полимерные и полимерцементные (жесткие и эластичные) растворы. Этот вид изоляции используют для противокапиллярной, антифильтрационной, и антикоррозийной защиты железобетонных, бетонных и кирпичных конструкций. Материалы наносятся с помощью простых строительных инструментов: малярных терок, зубчатых шпателей, полутерок и т.п. Иногда можно применить напыление. В местах, где существует повышенное трещинообразование, например, деформационные швы стыки, сопряжения, примыкания, гидроизоляционные покрытия и мембраны нужно усиливать армирующими сетками или техническими тканями.

Проникающая гидроизоляция: представляет собой сухую смесь, которая состоит из цемента, кварцевого песка определенного гранулометрического состава и химически активных добавок. Растворенные в воде ионы активной химической добавки проникают по микропорам во внутреннюю структуру бетона и там кристаллизуются, в результате химических реакций, образуя надежную преграду на пути воды. Активные химические компоненты проникают вглубь бетона, растворяются в воде и вступают в реакцию с ионными комплексами кальция, различными оксидами и солями металлов, содержащимися в бетоне. В результате этих реакций образуются более сложные соли, которые способны взаимодействовать с водой и создавать нерастворимые кристаллогидраты, которые заполняют микротрещины, капилляры и поры шириной до 0,5 мм и становятся составной частью бетонной структуры. Из-за воздействия силы поверхностного натяжения воды, кристаллы становятся непреодолимым препятствием на пути воды. Изоляция проникающего действия служит столько же, сколько и бетонные конструкции, обработанные ею, т.к. кристаллогидраты входят глубоко в структуру бетона, изменяя его механические свойства, таким образом, обеспечивается надёжная гидроизоляция бетона. Дополнительно увеличивается прочность бетона на сжатие.

Для выбора гидроизоляционного материала плавательного бассейна нами были рассмотрены различные материалы.

МАРИСИЛ 770 – однокомпонентный жидкий материал на основе эластичных полиуретановых алифатических смол. Не желтеющий, механически прочный, стойкий к воздействию ультрафиолетового излучения. Полимеризуется от влажности воздуха и образует прозрачное прочное, износостойкое и абразивоустойчивое покрытие. Покрытие обеспечивает абсолютную безопасность при контакте с питьевой водой и пищевыми продуктами. Применяется для защиты от механических повреждений и истирания эластичных полимерных покрытий. Применяется в качестве верхнего топового слоя при монтаже полимерного покрытия промышленных полов, для защиты гидроизоляционной мембраны. Но долговечность этого материала не известна.

PLASTIVO HYDRO (ПЛАСТИВО ГИДРО)- гидроизоляционное эластичное покрытие, состоящее из цемента, смеси наполнителей и акриловых полимеров в виде эмульсии. Высокая эластичность, перекрывает микротрещины с раскрытием до 0,4 мм; хорошая водонепроницаемость; удобство и простота нанесения материала; сохраняет эластичность до -5°C; белый цвет покрытия. Но в соответствии с технологией рекомендуемой производителем заполнение бассейна водой необходимо выполнять не ранее чем через 7 дней после гидроизоляционных работ. Также существует ограничение по температуре гидроизолируемой поверхности (она не должна быть ниже +5°C).

AQUAFIN-2K- 2-х компонентная эластичная гидроизоляция. Разрешен прямой контакт с питьевой водой. Бесшовная, непрерывная, эластичная, перекрывающая трещины гидроизоляция; может наноситься на все обычные строительные поверхности, обладающие несущими способностями; экологически безопасна; легкость и экономичность в работе; может наноситься ручным или механизированным способом; имеет хорошую адгезию к влажной поверхности; наносится без грунтования; морозоустойчива; паропрони-

цаема; долговечна; водонепроницаемость до 7 бар (на прижим) и до 0,1 МПа (на отрыв). Но существует ряд ограничений по его применению. Так запрещается работать с этим материалом при сильном солнечном излучении, необходимо смачивать сухие и запыленные поверхности, при этом не должно быть никаких водяных пленок. Долговечность этого материала также неизвестна.

ГИПЕРРУФ 270- однокомпонентный жидко-вязкий материал на полиуретановой основе. После нанесения на поверхность полимеризуется под воздействием влажности воздуха и образует прочную и эластичную мембрану, обладающую отличными защитными и гидроизоляционными свойствами. Эта мастика рекомендована для применения во всех климатических зонах России. По результатам испытаний, мастика сохраняет надежность кровельного и гидроизоляционного ковра в течение 25 лет. Но наносить мастику необходимо послойно, при этом каждый раз дожидаться высыхания предыдущего слоя.

ГЕОМЕМБРАНЫ «УКРИЗОЛ» – листовые полимерные изолирующие материалы, используемые в геотехнике и инжиниринге окружающей среды. Геомембраны изготавливаются из полиэтилена высокого давления с добавлением необходимых красителей и стабилизаторов. Различают цветные и черные геомембраны. Устойчивы к воздействию химических активных веществ различной концентрации и ультрафиолетовому облучению, высоким и низким температурам, обладают высокой механической прочностью, длительное время не меняют своих свойств с гарантированным сроком эксплуатации не менее 100 лет. Благодаря этим своим свойствам геомембраны просто идеально подходят для применения в качестве гидроизоляционных материалов. Хорошо сопротивляются механическим перегрузкам, являются сейсмически устойчивыми.

ASO-Dichtband-2000- пятислойная полимерная гидроизоляционная лента для обеспечения водонепроницаемости эластичных гидроизоляционных покрытий в местах локализованных, интенсивных деформаций и трещинообразований. Является материалом нового поколения, предназначенным для укрепления гидроизоляционных покрытий в местах ожидаемых трещинообразований. Обладает эластическими свойствами, прочна на разрыв, паропроницаема, устойчива к воздействию агрессивных сред, а также обеспечивает быстрое высыхание гидроизоляционных материалов. Долговечность до 50 лет. Данный вид гидроизоляции может использоваться для герметизации стыков, швов.

Жидкая резина GPSpraykote- напыляемая резиновая мембранная система жидкой гидроизоляции GPSpraykote® на основе полимерно-битумной водной эмульсии является двухкомпонентной системой покрытия холодного нанесения (эмульсия + реагент-катализатор) мгновенного отверждения. Жидкая резина обеспечивает как внутреннюю, так и внешнюю защиту бассейна от воздействия воды: защита несущих строительных конструкций от коррозии и разрушения; защита отделочных слоев бассейна от разрушения и отслаивания; удержание от потерь воды; защита от негативного влияния грунтовых вод. Возможно использование цветного материала GPSpraykote® для покрытия дна без применения плитки и мозаики. Экологически чистый продукт; безопасен для детей; не требует длительной подготовки; не требует особых навыков при нанесении; покрытие сохраняет свои качества и свойства в течение более 25 лет, выдерживает температуру от -60 до +100, не подвержено проникновению ультрафиолетовых лучей, пожаробезопасен. Но существуют ограничения по температуре гидроизолируемой поверхности.

Mapelastic - двухкомпонентный состав, основанный на цементных вяжущих, мелкозернистых отборных заполнителях, специальных добавках и синтетических полимерах в водной дисперсии, замешанных в соответствии с рецептурой. После смешивания двух компонентов продукт превращается в однородную смесь, которая легко наносится на вертикальные и горизонтальные поверхности при толщине слоя до 2 мм. Благодаря высокому содержанию качественных синтетических смол, затвердевший слой остается постоянно эластичным, полностью водонепроницаемым при давлении до 1,5 бар и стоек к воздействию антиобледенительных солей, сульфатам, хлоридам и углекислому газу. Mapelastic имеет значительную адгезию с бетонными поверхностями, каменной кладкой, керамикой

и мрамором, при условии, что они твердые и полностью очищены. Но в соответствии с технологией, рекомендуемой производителем, этот материал нельзя наносить слоем более 2мм за один рабочий ход, также существует ограничение по температуре гидроизолируемой поверхности (она не должна быть ниже +8°C). Кроме того следует предохранять от дождя и случайного доступа воды в течение первых 24 часов после нанесения. Эти ограничения существенно усложняют применение этого материала.

Пенетрон- сухая строительная смесь, состоящая из специального цемента, кварцевого песка определенной гранулометрии, запатентованных активных химических добавок. В основе действия материала пенетрон заложен уникальный эффект. Химические компоненты пенетрон, проникая в структуру бетона (до 90 см), создают в нем вечные кристаллы, которые препятствуют проникновению воды. Материал экологически чист, радиоактивно безопасен. Разрешен для применения в хозяйственно-питьевом водоснабжении. Сертифицирован для применения в строительстве. Применение этого материала позволяет предотвратить проникновение воды сквозь тело бетона даже при наличии высокого гидростатического давления, защитить бетон от воздействия различных агрессивных сред. Бетон, обработанный «Пенетроном», приобретает стойкость к воздействию карбонатов, хлоридов, сульфатов, нитратов и имеет повышенные показатели водонепроницаемости (от исходных показателей более чем на четыре ступени), прочности (увеличение прочности бетона на сжатие до 20%), морозостойкости (на 100 циклов). Долговечность этого материала более 100лет. Гидроизоляция системы пенетрон применяется во многих странах мира, признана профессионалами лучшей и не имеющей аналогов.

Проведя сравнительный анализ приведенных выше гидроизоляционных материалов нами выявлено, что наиболее приемлемым для плавательных бассейнов является гидроизоляционный материал Пенетрон. Он обладает лучшими гидроизоляционными свойствами, долговечен и экологически чист, устойчив к воздействию химических и активных веществ различной концентрации и ультрафиолетовому облучению, устойчив к высоким и низким температурам (морозоустойчив до -70С), обладает хорошей адгезией и высокой механической прочностью, прост в применении, длительное время не меняет своих свойств с гарантированным сроком эксплуатации не менее 100лет.

#### **Библиографический список**

1. Портал Бассейны строительство и водоподготовка [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.swpool.ru/gidroizol.htm>
2. Портал Пенетрон [Электронный ресурс].-Режим доступа <http://penetron.ru>
3. Портал Двухкомпонентная гидроизоляция плавательных бассейнов [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.masterural.ru>

**К.И. Костыленко, О.В. Пушенко, Л.В. Моргун**

*Ростовский государственный строительный университет*

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ В ПЕНОБЕТОНЕ**

Бетон, как и всякий каменный материал, хорошо сопротивляется сжимающим нагрузкам, но он хрупок и слабо противодействует растягивающим напряжениям. В результате этого отдельно бетон невыгодно использовать для изготовления конструкций, в которых возникают растягивающие напряжения. Частично решить эту проблему способны различные способы армирования, в результате которых усиливающие элементы (арматура), обладая более высоким пределом прочности при растяжении, способны воспринимать растягивающие напряжения, возникающие в бетонной конструкции [1].

Наиболее широко известны металлическая арматура (железобетон) и дисперсная (асбестоцементные листы, фибробетоны и т.д.).

Возможность совместной работы двух резко различных по своим свойствам материалов определяется следующими важнейшими факторами: прочным сцеплением бетона с арматурой, вследствие этого при возникновении напряжения в железобетонной конст-

рукции оба материала работают совместно; близкими значениями температурных деформаций, а так же инертностью двух материалов относительно друг друга. Но, несмотря на то, что щелочная среда бетона оказывает защитное действие на стальную арматуру, в большинстве случаев приходится выполнять дополнительные требования по защите арматуры [2].

В настоящее время наряду с традиционной металлической арматурой все большее применение находит композитная неметаллическая арматура (например, стеклопластиковая). Стеклопластиковая арматура представляет собой материал, состоящий из стекловолокна и синтетического связующего.

Для широкого использования стеклопластиковой арматуры при возведении зданий необходимо проведение ряда исследований по определению прочности сцепления арматуры с бетоном. Однако уже сейчас можно предположить, что применение стеклопластиковой арматуры в бетоне позволит решить ряд проблем возникающих при применении металлической арматуры:

- химическая и коррозионная стойкость этого материала обеспечивает возможность его использования в конструкциях, эксплуатирующихся в агрессивной среде [5];
- снижение массы конструкции (плотность стали > 7000 кг/м<sup>3</sup>, плотность СПА 1600-1800 кг/м<sup>3</sup>);
- снижение стоимости.

Стеклопластик известен довольно давно, однако широкого распространения не получил из-за того, что его физико-механические характеристики уступали металлическим материалам для применения в широко используемом в то время тяжелом бетоне [3].

В связи с развитием научных исследований в технологии бетонов, в настоящее время уделяется значительное внимание всем видам бетонов, включая и ячеистые. Последние приобретают все большую значимость в свете нормирования теплопередачи ограждающих конструкций и увеличения значимости энерго- и ресурсосберегающих технологий в современных условиях [4].

Таблица 1

Сравнительные характеристики материалов

Материалы	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Предел прочности, кг/см <sup>2</sup> при			Модуль упругости при растяжении кг/см <sup>2</sup>	ККК*, $\frac{\text{кг/см}^2}{\text{г/см}^3}$
		растяжении	изгибе	сжатии		
Бетон тяжелый	1,8-2,4	20-30	-	200-400	01·10 <sup>6</sup>	110-170
Стеклопластик армированный матами	1,6-1,7	1200 - 1500	1200 - 2000	1500 - 2500	01·10 <sup>6</sup>	750
Стеклопластик армированный тканью	1,8	2000 - 4000	2500 - 4000	2500 - 3000	0,2·10 <sup>6</sup>	1 100
Сталь малоуглеродистая	7,85	4 200	4 200	4 200	2,1·10 <sup>6</sup>	540
Сталь легированная	7,85	6 000	6 000	6 000	2,1·10 <sup>6</sup>	770

\*ККК – коэффициент конструктивного качества при сжатии

Свойства ячеистых бетонов значительно отличаются от тяжелых. Из-за отсутствия в ячеистых бетонах прочного крупного заполнителя этот материал характеризуется меньшей прочностью и пониженным модулем упругости, т.е. он претерпевает более существенные деформации при равных напряжениях. Поэтому при изготовлении конструкций армированных металлической стержневой арматурой ее диаметр и класс прочности значительно меньше той, которую используют в конструкциях из тяжелого бетона. Эти фак-

ты позволяют с уверенностью судить о целесообразности использования стеклопластиковой арматуры в ячеистых бетонах [1].

Ранее было установлено [5], что параметры сцепления СПА с тяжелым бетоном удовлетворяют требованиям, предъявляемым к стальной арматуре для железобетона, и позволяют использовать для расчета анкеровки зависимости, применяемые для металлической арматуры.

Нами был выполнен эксперимент по оценке сцепления арматуры различных диаметров и из различных материалов с пенобетоном (ПБ). Для этого были изготовлены серии образцов из ПБ с различными видами армирования:

- стержневой стеклопластиковой арматурой (СПА) и металлической (МА)
- наличием дисперсной полиамидной арматуры – фибропенобетона (ФПБ)

Результаты испытаний отображены на рисунке 1.

По результатам испытаний равноплотных образцов прочность сцепления со стеклопластиковой арматурой на 35-45% превысила прочность сцепления с металлической, а превышение прочности сцепления арматуры в дисперсно армированных образцах составило 0,5 МПа, что в зависимости от плотности достигало 250%.

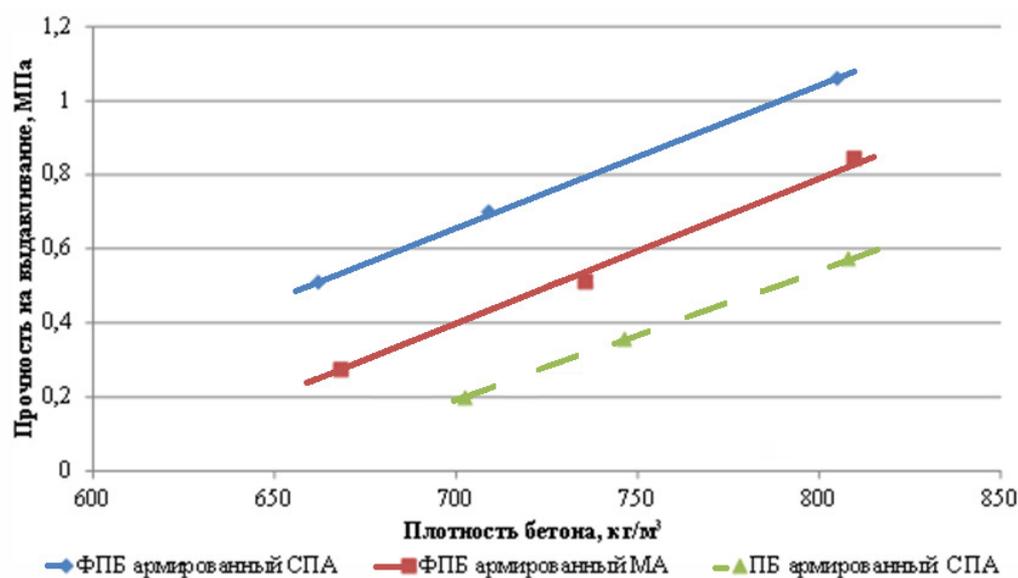


Рис. 1. Зависимость прочности сцепления арматуры с бетоном в зависимости от её материала

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что по условиям анкеровки стеклопластиковая арматура не уступает металлической. Поэтому все конструкции, изготавливаемые из пеножелезобетона, могут быть изготовлены с использованием стеклопластиковой арматуры и рассчитаны по зависимостям для стальной арматуры после определения их несущей способности.

#### Библиографический список

1. Байков В.Н. Железобетонные конструкции. М., Стройиздат, 1984г., 728с.;
2. Комаровский А. Н. Панельное и крупноблочное строительство промышленных и энергетических объектов. М., Энергия, 1970г., 126с.;
3. Свечников О.И. Конструкция и устройство судов внутреннего плавания. М., Транспорт, 1964г., 103с.
4. Моргун Л.В., Богатина А.Ю. Энергосберегающая технология строительства из пенобетона // Современные наукоемкие технологии. – 2004. – № 2, С. 86-88.
5. Климов Ю.А., Солдатенко О.С., Орешкин Д.А. Экспериментальные исследования сцепления композитной неметаллической арматуры с бетоном. 2010г.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТОЙКОСТИ КЕРАМИЧЕСКИХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ

К химически стойким керамическим изделиям относят изделия способные в течение длительного времени противостоять действию кислот и различных кислых агрессивных сред, обладающие необходимой механической прочностью, термостойкостью, коррозионной стойкостью.

В БрГУ установлена возможность изготовления лицевого керамического изделий на основе высококальциевой золы от сжигания бурых углей Ирша-Бородинского месторождения.

Для устранения негативного воздействия избыточных оксидов Са и Mg использовано корректирование составов добавками микрокремнезема [Патент РФ №2086517] и интенсификатора спекания (отработанная угольная футеровка электролизеров).

Целью данной работы является оценка стойкости золокерамики в кислотной и щелочной среде.

Результаты радиологического исследования и санитарно-химической оценки золокерамики, осуществленных Центром Госсанэпиднадзора г. Братска, приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

### Радиологические исследования

№	Наименование показателя, ед.измерения	Результат измерений (А)	НД на методы исследований
1.	Активность <sup>226</sup> РА, Бк/кг	48,08±6,30	Методика измерения активности радионуклидов в счетных образцах на сцинтилляционном гамма спектрометре с использованием программного обеспечения «Прогресс» утверж. нач.ЦММИ ГМНЦ ВНИИ ФТРИ от 07.05.96
2.	Активность <sup>40</sup> РА, Бк/кг	77,67±33,19	
3.	Активность <sup>232</sup> РА, Бк/кг	27,82±5,40	

Установлено, что эффективная активность ЕРН золокерамики составляет 91±10 Бк/кг. Эффективная активность ЕРН для 1 класса строительных материалов – до 370 Бк/кг.

Таким образом, предлагаемый материал относится к первому классу строительных материалов в соответствии с критериями для принятия решений об использовании строительных материалов (Приложение А, ГОСТ 30108-94).

Таблица 2

### Санитарно - химические показатели

Наименование показателей	Значение по СанПиН 4630-88	Фактическое значение	НТД на методы исследований
Концентрация свинца, мг/л	0,03	0,012	ИСО 8288
Концентрация цинка, мг/л	1,0	0,011	ИСО 8288
Концентрация меди, мг/л	1,0	0,05	ИСО 8288
Концентрация кадмия, мг/л	0,001	0,0006	ИСО 8288
Концентрация никеля, мг/л	0,1	0,006	ИСО 8288
Концентрация фтора, мг/л	1,5	0,25	ГОСТ 4386-89
Концентрация хрома, мг/л	0,05	Н/о	ИСО 9174-90Е

Оценка возможности миграции токсичных элементов в модельной среде (дистиллированная вода) свидетельствует о соответствии золокерамики нормативным показателям.

Оценка стойкости материала в агрессивных средах осуществлена на образцах полусухого прессования (масса 40(60) г, удельное давление прессования 20 МПа, температура обжига 950<sup>0</sup> С).

Для сравнительного анализа дополнительно испытана партия керамических образцов из закарбонизованного суглинка Анзебинского месторождения.

Физико-механические характеристики представлены в табл.3.

Таблица 3

Физико-механические свойства

Состав шихты, масс.%	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа	Огневая усадка, %	Морозостойкость, циклы
1. Анзебинский суглинок	1,896	53,2	0,95	15-25 (по данным Братского керамического завода)
2. Зола-унос(65%), микрокремнезем (35%), отработанная угольная футеровка электролизеров (15% сверх 100% основной шихты), ПАВ (3% сверх 100% основной шихты)	1,311	16,2	0,29	Более 200

Для оценки кислотостойкости образцы погружались в 10 %-ный раствор H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; щелочестойкости – 1%-ный NaOH. После определенного количества суток образцы испытывались на сжатие, и рассчитывалось изменение их объема ( по отношению к исходному объему обожженных сухих образцов). Полученные данные представлены в табл.4.

Таблица 4

Оценка стойкости образцов в агрессивных средах

Период наблюдения, сутки	Кислотная среда		Щелочная среда	
	Коэффициент химической стойкости	Изменение объема, %	Коэффициент химической стойкости	Изменение объема, %
4	<u>1,05</u>	<u>0,16</u>	<u>0,91</u>	<u>0,50</u>
	<u>1,51</u>	<u>0,16</u>	<u>0,91</u>	<u>0,17</u>
8	<u>0,94</u>	<u>1,65</u>	<u>0,94</u>	<u>-0,5</u>
	<u>1,51</u>	<u>-0,51</u>	<u>0,95</u>	<u>-0,68</u>
12	<u>1,02</u>	<u>0,01</u>	<u>0,98</u>	<u>-0,82</u>
	<u>1,05</u>	<u>0,004</u>	<u>1,05</u>	<u>-0,34</u>
16	<u>1,05</u>	<u>0,83</u>	<u>0,86</u>	<u>-0,65</u>
	<u>1,28</u>	<u>0,019</u>	<u>1,12</u>	<u>-0,36</u>
20	<u>1,11</u>	<u>0,67</u>	<u>0,83</u>	<u>1,32</u>
	<u>1,42</u>	<u>0,002</u>	<u>1,23</u>	<u>-1,03</u>
24	<u>1,01</u>	<u>1,32</u>	<u>0,83</u>	<u>0,66</u>
	<u>1,34</u>	<u>1,51</u>	<u>0,83</u>	<u>0,04</u>

Примечание: в числителе приведены данные для образцов суглинка Анзебинского месторождения, в знаменателе – для золокерамики; Коэффициент химической стойкости рассчитан как соотношение прочности образцов после нахождения в агрессивной среде (без высушивания) к прочности обожженного материала.

Установлено, что в щелочной среде образцы мало изменяют свои свойства. После 24 суток пребывания в растворе щелочи прочность материала из природного и техногенного сырья снизилась на 17% (K<sub>х.с.</sub>=0,83). Изменение объема незначительно: 0,66 – для глиняной керамики; 0,04 – для золокерамики.

Напротив, хранение в растворе кислоты резко меняет прочностные характеристики золокерамики. После 4 суток происходит упрочнение образцов в 1,5 раза, а по истечении 24 суток прирост прочности составляет 34%.

Изменение объема при этом составляет 1,5%. Для глиняных образцов отмечено слабое упрочнение (1-11%) при хранении в растворе кислоты.

Для анализа механизма упрочнения золокерамики в агрессивных средах проведен РФА образцов, обожженных при температурах от 600 до 1000<sup>0</sup> С (рис.1).

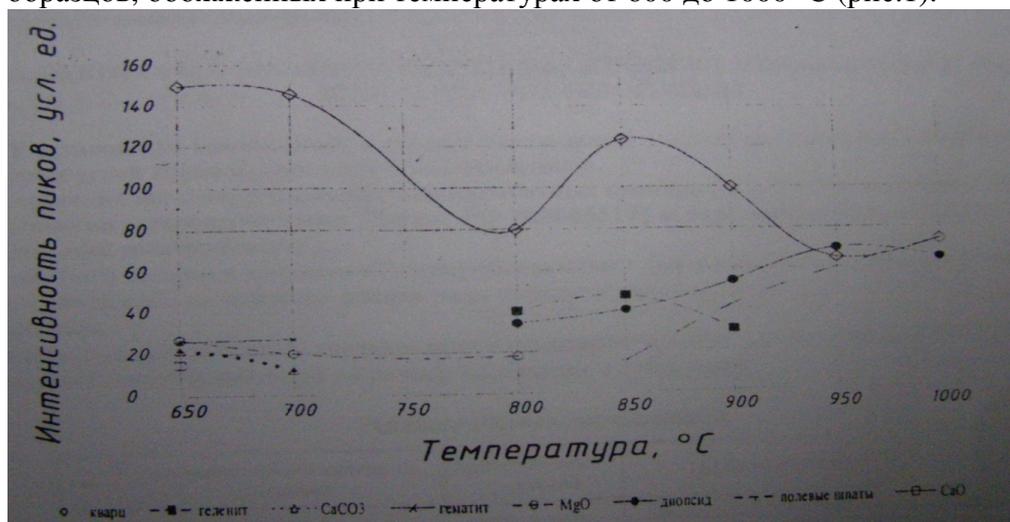


Рис. 1. Интенсивность аналитических пиков

Результаты РФА показывают, что при нагревании до 1000<sup>0</sup>С содержание кварца в системе снижается, кальцит и гематит присутствуют до 700<sup>0</sup>С. Наличие оксида магния сохраняется до 800<sup>0</sup>С. Синтез диопсида и геленита отмечен при 800<sup>0</sup>С. При повышении температуры до 950<sup>0</sup>С наблюдается интенсивный рост диопсида в системе, содержание которого стабилизируется при 1000<sup>0</sup>С. Полевые шпаты кристаллизуются при 850<sup>0</sup>С. Повышение температуры до 1000<sup>0</sup>С интенсифицирует кристаллизацию полевых шпатов в композиции. Наличие геленита фиксируется в диапазоне температур от 800<sup>0</sup>С до 900<sup>0</sup>С.

Таким образом, упрочнение золокерамики в сернокислом растворе может быть связано с присутствием геленита, который в условиях сульфатной активации гидратируется, уплотняя структуру и повышая прочность материала. Щелочная активация для золокерамики менее эффективна и носит волнообразный характер.

А.О. Брылякова

Братский государственный университет

## ОБЛЕГЧЕННЫЙ БЕЗОБЖИГОВЫЙ ЗОЛЬНЫЙ ГРАВИЙ КАК ПЕРСПЕКТИВА ПРОИЗВОДСТВА ЛЕГКИХ БЕТОНОВ С Пониженной СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТЬЮ

Применение конструкционных легких бетонов дает широкий диапазон свойств, обеспечивающих общее снижение массы конструкций. Известно, что именно сочетание легкого бетона различной средней плотности в конструкциях зданий дает максимальный эффект по всем показателям.

Себестоимость производства легких бетонов на пористых заполнителях в настоящее время не превышает себестоимости равнопрочных тяжелых бетонов в большинстве регионов России, но снижена в регионах, где легкий бетон производится.

Модифицированный конструкционный легкий бетон имеет модуль упругости примерно как у равнопрочного тяжелого бетона. Легкий бетон имеет высокую сейсмостойкость, которая уменьшается пропорционально снижению массы, а низкий модуль упругости способен поглощать (гасить) распространяющиеся колебания. Огнестойкость - выше, чем у тяжелого бетона, т.к. легкий бетон имеет низкую теплопроводность и высокую трещиностойкость. Последняя способствует повышенной ударной прочности легкого бетона.

Существенно, что использование легких бетонов снижают теплоотдачу здания и повышают уровень его теплозащиты менее чем на 20%, соответственно снижая электропо-

требление при эксплуатации зданий и повышая пожаростойкость здания. Комфортность проживания в домах из легкого бетона вследствие пониженной теплопроводности и повышенной паропроницаемости также относится к преимуществам применения этого материала.

Во всех регионах нашей страны имеется весьма значительный запас техногенных отходов, пригодных для изготовления искусственных пористых заполнителей. Применение этих отходов позволит снизить стоимость заполнителей, сохранить земельные угодья, уменьшить загрязнение окружающей среды. Использование техногенных отходов в качестве пористых заполнителей всегда экономически и экологически целесообразно.

В последние годы много сделано для модернизации и повышения эффективности производства традиционно производимых пористых заполнителей: понижение, а также повышение насыпной плотности керамзитов, пористого песка, полученных по различным технологиям, шлаковой пемзы, гранулированного металлургического шлака, агломерата, шунгизита и другие. После обогащения топливных шлаков на основе получаемых зол выпускают зольный гравий, глинозольный гравий и другие пористые продукты.

В основе изготовления искусственных экологически чистых пористых заполнителей нового поколения будут, по-прежнему, в основном температурные процессы тепловой обработки или обжига, вспучивания, агломерации при минимальных расходах энергетических и других ресурсов.

Среди особенностей перерабатывающих технологий, несомненно, необходимо выделить активную оптимизацию сырьевых компонентов, комплексное использование отходов (органики, коагулянтов, флокулянтов, плавней, тяжёлых металлов, ПАВ) различного назначения, содержащихся в специальных добавках, которые бы работали на создание материалов заданных свойств при комплексном ресурсосбережении. Весьма важно, что при этом возможно получение пористых заполнителей марок низкой и средней плотности, низкой теплопроводности, экономически целесообразных в однослойных наружных ограждениях, а также в теплоизоляционно-конструкционных легких изделиях.

Перспективным представляется использование однослойных сечений панелей наружных ограждений из лёгких бетонов пониженной средней плотности. Для этого экологически необходимо и экономически целесообразно утилизировать накопившиеся в огромном количестве и ежегодно увеличивающиеся технологические отходы (шлаки, шламы, золы, осадки сточных вод, бытовой мусор и т.д.), в первую очередь в пористых материалах и изделиях - пористых заполнителях, блоках, камнях.

По этим причинам актуальна проблема получения искусственного заполнителя (облегченного безобжигового зольного гравия) с пониженной насыпной плотностью, водопоглощением, теплопроводностью, а также уменьшение расхода портландцемента без потери прочности гравия.

В качестве материалов использовали: ангарский портландцемент М500, золу-уноса ТЭЦ, полученную от сжигания Ирша-бородинского угля с удельной поверхностью 350-400 м<sup>2</sup>/кг, измельченные упаковки пенополистирола, натриевое жидкое стекло и вода.

Получение безобжигового зольного гравия включает в себя: подготовку сырьевых материалов, изготовление ядра (сердцевины) гравия, увлажнение ядра (сердцевины) натриевым жидким стеклом, формирование оболочки гравия путем окатки ядра (сердцевины) и золоцементной смеси в тарельчатом грануляторе, твердение при пропаривании.

Цель осуществляется за счет того, что на входе в тарельчатый гранулятор подается большая часть золы-уноса, а через некоторое время гранулирования вводят золоцементную смесь, состоящую из золы и цемента, вода поступает в гранулятор вместе с золой и золоцементной смесью, причем в качестве сырьевых материалов для изготовления ядра (сердцевины) гранул используют частицы измельченного пенополистирола размером 2-12 мм, для формирования оболочки используют золу-уноса и портландцемент.

Введение в гранулятор золоцементную смесь на окатанные золой-уноса ядра (сердцевины) гравия методом опудривания позволяет минимизировать количество цемента без потери прочности.

В результате испытаний выявили, что предлагаемые сырьевые материалы и способ получения облегченного безобжигового зольного гравия позволяет получать зольные гранулы с пониженной плотностью и достаточно высокой прочностью, что в свою очередь позволяет использовать данный материал в качестве легкого заполнителя в бетоны.

О.В. Голящихина, А.Л. Макарова, О.К. Ощепкова

*Братский государственный университет*

## **ЛИЦЕВЫЕ СТЕНОВЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ**

Проблему дефицита качественного керамического сырья в Восточно-сибирском регионе можно решить благодаря использованию пыли газоочистки производства ферросплавов (ПГО).

Результаты исследований физико-технических свойств образцов из ПГО без добавок показали что максимальную прочность (34,86 МПа) имеют образцы, обожженные при 950°C, однако на таких образцах зафиксированы крупные трещины на поверхности. Развитие дефектности структуры обусловлено избыточным формированием кристаболита. Повышение значения коэффициента размягчения (1,28...2,33) образцов, обожженных при 800...950°C, свидетельствуют о проявлении материалом гидравлической активности.

Цель исследований – получение лицевых керамических изделий на основе пыли газоочистки производства ферросплавов с корректирующими добавками.

В качестве алюмосиликатной добавки был выбран Анзевинский суглинок, в качестве органоминеральной – пыль электрофильтров производства алюминия (ПЭФ). Теоретическими предпосылками использования добавок является образование легкоплавких эвтектик и интенсификация процесса спекания при обжиге.

На первой стадии исследований использовалась проба ПГО состав которой характеризуется повышенным содержанием оксида кремния и пониженным содержанием оксидов калия и натрия (плавней).

Оптимизация рецептуры шихт и температуры обжига осуществлялась с помощью метода математического планирования эксперимента. Установлено, что рациональный состав смеси включает, мас. %: МК – 70%, СГЛ – 30%, ПЭФ – 15%. Температура обжига составляет 800°C. Свойства полученного материала характеризуются следующими физико-химическими параметрами: содержание суглинка в шихте – 30%, средняя плотность – 1083 кг/м<sup>3</sup>, прочность при сжатии – 14,61 МПа, водопоглощение - 43,67% , общая пористость – 52,65%, коэффициент размягчения – 1,32. Выявлено, что упрочнение черепка после увлажнения образцов составляет 32%.

По косвенным показателям, а именно избирательному растворению в уксусной и борной кислоте минеральных фаз, установлено присутствие алюминатов кальция, которые определяют гидравлическую активность обожженного материала (результаты изменения прочностных характеристик образцов представлены на рис. 1).

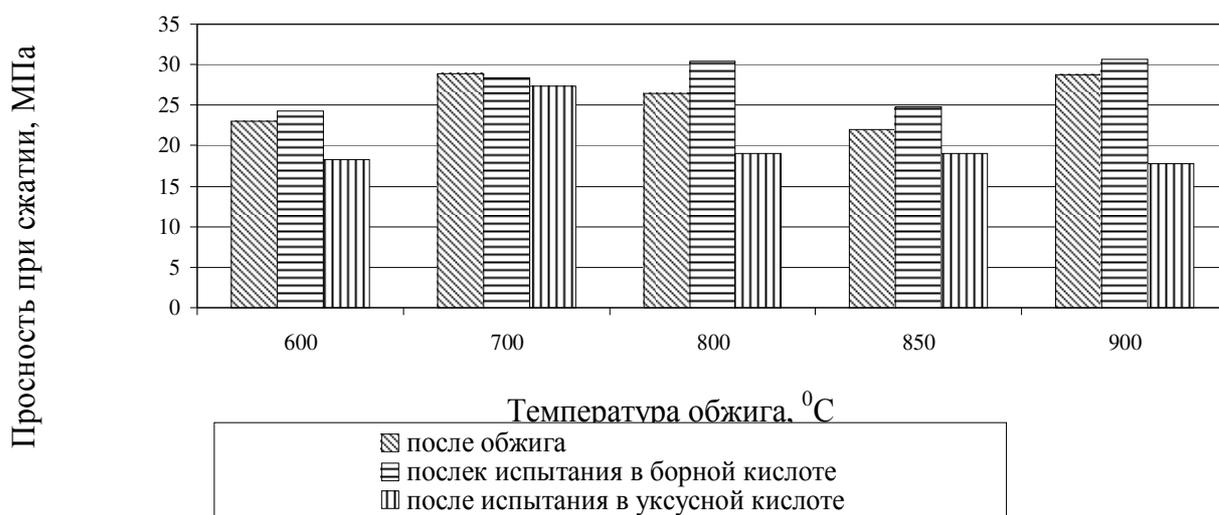


Рис. 1. Прочности образцов после обжига и после испытаний кислот

Результаты исследования поровой структуры керамических изделий, проводившиеся методом ртутно – вакуумной порометрии, показывают, что введение корректирующих добавок позволяет снизить суммарный объём и удельную поверхность пор. В материале, полученного с добавками, преобладают крупные поры – 0,1...20 мкм (73,5 и 96,6%). Данные поры выполняют роль резервного пространства для размещения продуктов гидратации гидравлически активных фаз – алюминатов кальция. Результаты радиологических исследований и санитарно-химической оценки композиционного материала подтвердили соответствия его всем санитарно-гигиеническим нормам, а значит, материал представляет собой экологически безопасную продукцию (табл. 1).

Таблица 1

Результаты радиологических исследований

Наименование показателя, ед. измерения	Результат измерений, Бк/кг
Активность 40К, Бк/кг	250,87 ± 42,39
Активность 226 Ra, Бк/кг	7,31 ± 3,57
Активность 232 Th, Бк/кг	24,35 ± 4,28

Исследования влияния дисперсности суглинка на свойства композиционного материала показали, что применение тонкодисперсной пробы суглинка обеспечивает формирование плотной и прочной силикатной матрицы, об этом свидетельствуют значения по прочности (табл. 2).

Таблица 2

Физико-технические показатели экспериментальных образцов, обожженных в заводских и лабораторных условиях

	$\rho_{\text{обж.}}$ , г/см <sup>3</sup>	$R_{\text{обж.}}$ , МПа	$R_{\text{влаж.}}$ , МПа	Огневая усадка, %	$W_m$ , %	Коэф-т размягчения	F, циклы
тонкодисперсная проба							
Завод	1,5	29,5	31,9	3,6	36,5	1,08	F50
Лаборатория	1,53	34,0	36,0	0,5	35,4	1,06	F50

крупнодисперсная проба							
Завод	1,58	15,8	19,6	1,1	36,6	1,24	F35
Лаборатория	1,5	25,5	28,9	1,0	36,4	1,13	F35

Применение в составе сырьевых смесей крупнодисперсной пробы суглинка способствует формированию силикатной матрицы с более выраженными гидравлическими свойствами. Очевидно, состав крупнодисперсной пробы представлен повышенным содержанием карбонатных примесей, способствующих синтезу гидравлически активных фаз при обжиге. Установлено, что прочность образцов, обожженных в заводских условиях меньше, чем для образцов лабораторного обжига. Это обусловлено более полным выгоранием органических примесей в окислительной среде заводской печи.

На второй стадии исследования проводилось на пробе 2010 года, в которой содержится повышенное количество плавней. В связи с этим нам было апробировано влияние пониженных расходов ПЭФ (5...15 мас.%). Следует отметить, что образцы обжигались в производственных условиях: устанавливались по всему сечению заводской печи, а именно на нижние, средние и верхние ряды обжиговых вагонеток.

Оптимизация рецептуры шихт и температуры обжига осуществлялась с помощью метода математического планирования эксперимента, позволяющая выявить их рациональное сочетание. В качестве первой переменной принято содержание добавки ПЭФ (мас.%), в качестве второй переменной – температура обжига (°C). Уровни и факторы варьирования представлены на рисунках 2 и 3.

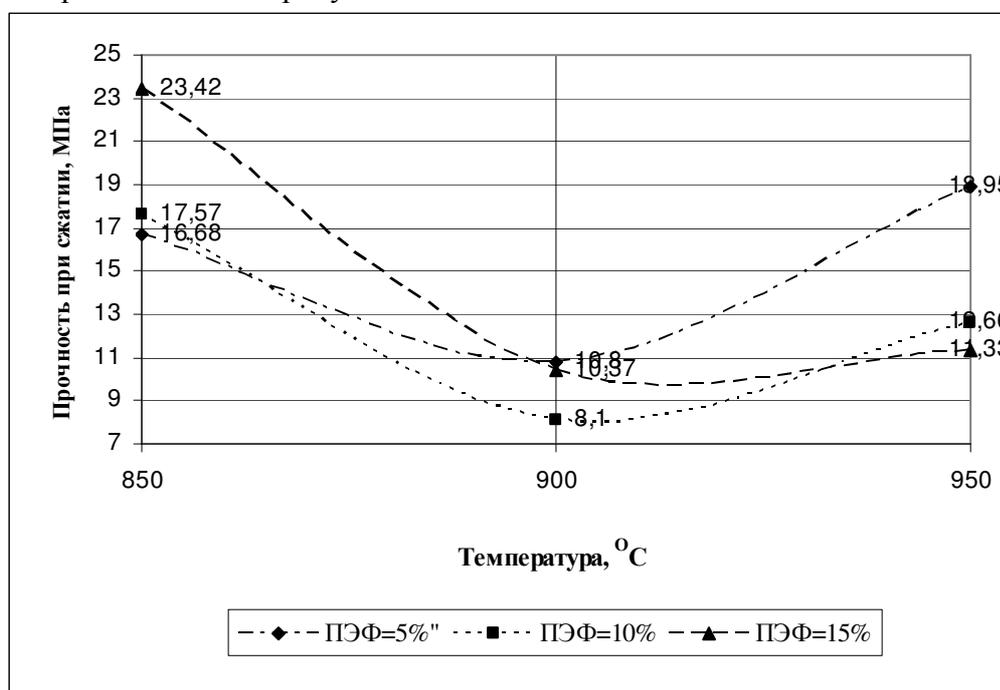


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии обожженного материала от температуры обжига

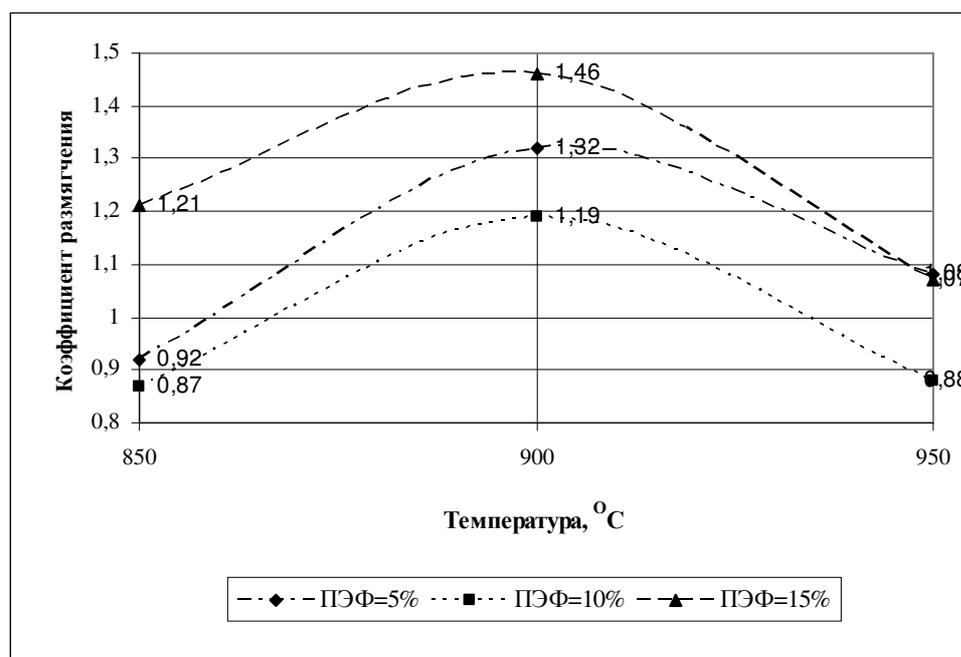


Рис. 3. Зависимость коэффициента размягчения от температуры обжига

Комплексный анализ результатов исследований показывает что наиболее яркой гидравлической активностью после увлажнения обладают образцы, обожженные при температуре 900°C. Это свидетельствует о том, что в данной области температур происходит диссоциация карбонатов с образованием оксидов калия и магния.

Анализируя прочностные характеристики материала можно отметить, что прочность при температуре 900°C падает. Наиболее стабильные прочностные показатели обеспечиваются при содержании ПЭФ в количестве 5%, это свидетельствует о пониженной чувствительности материала к перепаду температур по всему сечению заводской печи.

Увеличение расхода ПЭФ в высокотемпературной области (950°C) приводит к уплотнению структуры материала. Вышесказанное обусловлено особенностями процессов спекания. Так, при температуре 950°C отмечены снижение водопоглощения и рост огневой усадки, свидетельствующая о накоплении жидкой фазы.

Результаты по морозостойкости образцов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Оценка морозостойкости обожженных образцов

Содержание ПЭФ, масс%	Температура обжига, °C	Прочность обожженных образцов, МПа	Прочность обожженных образцов после испытаний, МПа	Кол-во наблюдаемых циклов	Потери по прочности, %	Марка по морозостойкости, F
5	850	15,01	25,5	38	+41,14	35
5	950	18,92	18,44	50	-2,60	50

Высокой морозостойкостью, отвечающей требованиям на лицевые изделия характеризуются образцы, содержащие минимальное количество ПЭФ и обожженные при 950°C. По прочности при сжатии материал соответствует марке 100.

Таким образом, в результате проведенных исследований для изготовления лицевого материала рекомендуется использовать сырьевую смесь, рациональной которой включает, масс. %: ПГО – 70, СГЛ – 30, ПЭФ – 5. Материал, обожженный в заводских условиях 900 - 950°C характеризуется следующими показателями: средняя плотность – 1340 кг/м<sup>3</sup>; марка по прочности – М100; водопоглощение – 27...30%; марка по морозостойкости – F50; теплопроводность составляет 0,58 Вт/(м<sup>2</sup>\*°C).

## ПРИМЕНЕНИЕ КРЕМНИСТЫХ ПОРОД И КАРБОНАТСОДЕРЖАЩЕГО ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

Вследствие высокой энергоемкости производства керамические материалы уступают многим другим. Одной из ключевых задач является разработка новых составов керамических масс, ориентированных на производство конкурентоспособных малоэнергоёмких стеновых керамических изделий.

*Применение кремнистых пород.* Перспективным природным сырьем являются кремнистые породы – диатомиты, трепелы, опоки, в составе которых преобладает аморфный кремнезем. Стеновые материалы на их основе обладают рядом положительных свойств: пониженной средней плотностью, хорошими звуко- и теплоизоляционными свойствами, способностью выдерживать скоростную сушку без появления при этом трещин и деформаций.

Керамический кирпич из кремнистых пород рекомендуется изготавливать методом полусухого прессования.

Сотрудниками ВНИИСТРОМа разработана технология получения лицевого кирпича из диатомитов Камышловского месторождения [1]. Температура обжига составляет 1100..1200<sup>0</sup>С. Авторами предлагаются способы декорирования таких изделий путем объемного окрашивания. Для объемного окрашивания в качестве осветляющих компонентов рекомендуется применение беложгущейся глины и мела, а в качестве окрашивающих – отходов обогащения марганцевых и гематитовых руд. Целесообразен шликерный способ подготовки исходных компонентов. Кроме этого, установлена возможность получения лицевых изделий путем нанесения на поверхность ангобных и глазурных покрытий. Многокомпонентный состав таких покрытий наряду с традиционными компонентами (глины, каолин, полевой шпиг, бой стекла, хлорид натрия) включает и диатомит.

Диатомиты могут быть использованы не только в качестве основного сырья, но и как высокодисперсные добавки, соразмерные с монтмориллонитовыми глинами. В частности, применение Саранской глины в сочетании с диатомитом Инзенского месторождения (при соотношении 70:30) позволяет получить при температуре обжига 1075<sup>0</sup>С высококачественную силикатную матрицу. Ее формирование обусловлено расширением интервала спекания, образованием протяженных контактов между частицами без оплавления и синтезом высококристаллизованных минералов [2].

Установлено, что из трепелов Брянской и Калужской области методом полусухого прессования получены образцы, средняя плотность которых составляет 1200...1300 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности при сжатии 25 МПа и морозостойкость F25. При изготовлении керамического кирпича с пустотностью 10...15% его кажущаяся плотность не превышает 1000 кг/м<sup>3</sup> [3].

Исследование процесса структурообразования в условиях полиморфных превращений кремнезема способствует обоснованному выбору оптимальных технологических параметров и способов изготовления изделий на основе кремнистого сырья. Авторами [4] изучено изменение прочности изделий из трепелов путем регулирования режима термообработки, ввода минеральных добавок, применения разных способов изготовления и, как следствие, формирования пористой структуры. Установлено, что для образцов полусухого прессования трепела с добавкой карбоната кальция средней плотностью 1500...1600 кг/м<sup>3</sup> отмечается снижение прочности. Это обусловлено ростом новообразований кристобалита, приводящих к объемным изменениям. Напротив, прочность высокопористых керамических образцов средней плотности 800...1000 кг/м<sup>3</sup> повышается за интенсификации образования кристобалита.

Изготовления изделий из диатомитовых и трепельных пород в силу структурных особенностей и состава исходного сырья требует повышенной температуры обжига (более 1100<sup>0</sup>С).

Из кремнистых пород наиболее распространенными являются опоки и их разновидности. Опоки являются неразмокаемым или трудноразмокаемым (размокают при измельчении) в отличие от трепелов [5]. Спектр разновидности опоковых пород достаточно широк. Содержание глинистых минералов в них изменяется от 10 до 50 %, а карбонатного компонента – от 5 до 35 %.

Опоковидные породы являются весьма «технологичным» сырьем. Установлено, что путем варьирования технологических параметров из одного типа сырья можно получать изделия с широким диапазоном прочностных характеристик. Из-за повышенной пористости породы малочувствительны к сушке. Средняя плотность полнотелого кирпича на основе опок составляет 1200-1600 кг/м<sup>3</sup>, огневая усадка при обжиге - до 3-7%, водопоглощение черепка менее 10-14%.

Разработаны технические условия ТУ 5741-001-55519628-2009 «Кирпич прессованный из кремнистого опоковидного сырья». Производственные испытания подтвердили возможность применения опоковидного сырья для получения кирпича пониженной средней плотности, высокой прочности и необходимой морозостойкости. Карбонатные разновидности опок обеспечивают черепок светлой окраски. Кроме того, опоки могут быть рекомендованы в качестве эффективной корректирующей добавки в глиняные массы для снижения усадки, чувствительности к сушке, снижения средней плотности изделий.

*Применение карбонатсодержащих глинистых пород.* Карбонатные примеси в глинистых породах оказывают существенное влияние на процессы структурообразования керамических материалов. Их присутствие в виде каменистых плотных включений оказывают негативное влияние на свойства готового материала вследствие увеличения объема продуктов обжига (оксидов кальция и магния) при гидратации.

География использования закарбонизованного сырья для изготовления стеновых керамических материалов достаточно обширна (Иркутская область, Казахстан, Узбекистан, Новосибирская область, Краснодарский край и др.).

Авторы статьи [6] отмечают, что присутствие кальцита и доломита в лессовой породе позволяет получить строительную керамику по новому способу, состоящему в низкотемпературном обжиге кусковой лессовой породы, смешивании измельченного лессового шамота со связкой, полусухом прессовании изделий с их последующей водотепловой обработкой под давлением. Низкотемпературный обжиг породы при температуре 850 °С, позволяет получить в ее составе гидравлически активные кальциевые соединения, которые в гидротермальных условиях связывают структуру изделия в прочный конгломерат. Таким способом можно существенно повысить качество изделий, прочность и атмосферостойчивость, снизить их среднюю плотность.

Одним из наиболее эффективных способов, позволяющих обезвредить карбонатных примесей является тонкий помол глинистого сырья [7].

Сотрудниками ВНИИСТРОМа выполнены исследования фазового состава спеков из закарбонизованных глинистых пород различных месторождений при температуре обжига 950...1200<sup>0</sup>С. В них зафиксированы анортит (CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub>), геленит (2CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub>) и диопсид (CaO·MgO·2SiO<sub>2</sub>). Наряду с тройными соединениями в продуктах обжига при температуре 950...1050<sup>0</sup>С выявлено наличие несвязанного оксида кальция (CaO), при температуре 1100<sup>0</sup>С – двухкальциевого силиката в β-модификации (β-2CaO·SiO<sub>2</sub>). По мнению авторов для ускорения связывания оксида кальция в стабильные тройные соединения необходимо ориентироваться на интенсификацию реакции синтеза β-2CaO·SiO<sub>2</sub>.

В работе [9] представлены результаты исследований реакций взаимодействия между карбонатом кальция и глиной с использованием в составе масс неорганических солей. Установлено, что в присутствии расплавов щелочных солей карбонат кальция реагирует с глиной при температурах ниже 900<sup>0</sup>С.

На формирование керамического черепка из многокарбонатных глин большое влияние оказывает парогазовая среда при обжиге. Установлено, что оптимальным является восстановительно-окислительный обжиг при температуре 750...900<sup>0</sup>С, то есть обжиг в переменной газовой среде [10]. В данном случае при подъеме температуры осуществляется подача водорода, а при выдержке – воздуха. В таких условиях образуется максимальное количество стабильных фаз, увеличивается прочность и морозостойкость керамических образцов.

Установлено, позитивное влияние добавки окисленного талового лигнина на интенсивность кристаллизации диоксида и снижение несвязанных оксидов кальция и магния в обожженном керамическом материале из закарбонизованного суглинка [11]. Выше сказанное представляется особенно важным в связи с низкой морозостойкостью готовых изделий из суглинка без добавок.

В связи с повышением требований к физико-техническим свойствам стеновых керамических материалов современные исследования должны быть ориентированы на обеспечение технологических характеристик изделий и получение морозостойкой продукции.

В Иркутской области отсутствует кондиционное глинистое и кремнистое сырье, обеспечивающее формирование прочного и долговечного черепка. В связи с этим необходимо разрабатывать составы и технологию изготовления материалов с преимущественной заменой некондиционного природного сырья техногенным ресурсом.

#### **Библиографический список**

1. Кашкаев, И.С. Разработка составов для получения лицевого кирпича из диатомитов / И.С. Кашкаев, В.Т. Новинская, Н.Н. Климцова // Сборник трудов ВНИИСТРОМа. Технология строительной керамики и искусственных пористых заполнителей. М, 1974. – С. 43 – 46.
2. Салахов, А. М Строительная керамика на основе высокодисперсных композиций / А. М. Салахов, Г. Р. Туктарова, В. П. Морозов // Строительные материалы – 2006. - № 11. – С. 8 – 9.
3. Кондратенко, В.А. Суперлегкие керамические материалы на основе Терпелов / Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века – 2006. - №7. – С. 16.
4. Иващенко, П. А. К вопросу о структурообразовании в керамических материалах на основе трепела в присутствии добавок / П. А. Иващенко, В. А. Езерский // Сборник трудов ВНИИСТРОМа. Выпуск 57 (85), М, 1985. – С. 123 -132.
5. Котляр В.Д. Классификация кремнистых опоковидных пород как сырья для производства стеновой керамики / Строительные материалы - 2009. - №3. – С. 36-39.
6. Балакирев, А. А. Перспективы рационального использования лессовых пород в технологии строительной керамики / А. А. Балакирев, В. С. Зубков // Тезисы докладов XIV Всесоюзного совещания «Глинистые минералы и породы, их использование в народном хозяйстве»: Серия состав и свойства глинистых минералов и пород – Новосибирск, 1988. – С. 24.
7. Матягин, Л.А Пустотелый кирпич из глиняных сланцев с повышенным содержанием карбонатных включений / Л. А Матягин, В. Н. Бурмистров, О. А. Чернова // Строительные материалы – 1974. - №8.
8. Чекмасов, С.В. Кальций – и магнийсодержащие фазы в изделиях строительной керамики на основе карбонатных глин / С. В. Чекмасов // Сборник трудов ВНИИСТРОМа. Выпуск 33 (61), М, 1975. – С. 140.
9. Karsch, K. Ziegelindustrie. Реакции глинистых окислов с карбонатом кальция и щелочами при температурах ниже 950°// С К. Karsch - ФРГ – 1961. – 8. – с. 221-225.
10. Мато, Ирена. Исследование образования керамического тела из многокарбонатных гидрослюди- стых глин в зависимости от парогазовой среды: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Мато, Ирена.; Вильнюс, 1974. – 145 с.
11. Лохова, Н.А. Морозостойкие строительные керамические материалы и изделия на основе кремне- земистого сырья: монография. – Братск: БрГУ, 2009. – 268 с.

**В.Д. Паршукова**

*Братский государственный университет*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА КЛАДОЧНЫХ РАСТВОРОВ С ПОНИЖЕННОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ**

С начала века в нашей стране существенным образом изменился перечень строительных материалов, используемых при возведении ограждающих стеновых конструкций. Этому процессу в первую очередь способствовало введение изменений к СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника» и затем последующая его замена на СНиП 23-02-2003 «Те-

пловая защита зданий». В соответствии с этими документами требование к значению сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций в РФ увеличено в 2,5 - 3 раза. В результате многие традиционные, проверенные временем и климатическими условиями нашей страны материалы (такие, как силикатный кирпич, керамзитобетон, полистиролбетон, деревянный брус и бревно, применяемые в основном при строительстве загородного жилья, вермикулит и многие другие) и конструкции на их основе перестали удовлетворять требованиям к современному уровню тепловой защиты.

Чем дальше развиваются технологии, тем более фантастические проекты появляются на страницах научно-популярных журналов. И то, что в 80-е было лишь проектами, в 90-е годы появилось и воплощается в жизнь один за другим. Все эти научные изыскания аккумулировались к началу нового века в концепцию пассивных домов.

Впервые концепцию пассивного дома предложил немецкий профессор Вольфганг Файст. Он стал основателем Института пассивного дома (город Дармштадт). За 20 лет своего существования специалисты Института пассивного дома провели огромную работу по исследованию строительных материалов, технологий строительства, процессов эксплуатации жилья. Со временем немецкий опыт распространился на все западные страны, в том числе и на Россию.

Преимущества новых технологий очевидно: в домах энергопассивного типа применяются самые современные материалы, новейшее инженерное оборудование. Один из главных факторов – эта значительная экономия энергии, от 7 до 12 раз меньше затраты на отопление пассивных домов в сравнении с затратами на традиционные дома. Исследования потребительского спроса показывают, что пассивные дома являются лучшими с точки зрения комфорта, что благоприятно влияет на здоровье и долголетие человека.

Однако традиционное строительство востребовано и продолжает увеличивать темпы. В первую очередь это связано с экономичностью традиционного строительства по сравнению с пассивными домами.

На сегодняшний день на рынке строительных материалов широко представлены различные высокопористые стеновые материалы. Один из видов неорганических теплоизоляционных материалов - пенобетон и газобетон (ячеистый бетон). Обладая высокой прочностью соразмерной с прочностью обычного бетона, этот материал обладает высокими теплоизоляционными свойствами при гораздо меньшем весе. Пенобетон легко обрабатывается, экологически безопасен, при строительстве стен из пенобетона существенно уменьшается нагрузка на фундамент, но при этом намного увеличиваются теплоизоляционные характеристики здания. Используется как альтернатива обычному бетону при возведении стен, преимущественно в малоэтажном строительстве. Но из одних блоков дом не построишь, необходимо сцепление отдельных элементов между собой, тут без специального кладочного раствора не обойтись.

Если производить кладку на обычном цементно-песчаном растворе с высокой плотностью (до  $2500 \text{ кг/м}^3$ ), то возможны дополнительные потери теплоты через эти «мостики холода», что ухудшает теплотехнические характеристики стеновой конструкции. По расчетам, при увеличении средней плотности раствора по сравнению с плотностью стеновых материалов на каждые  $100 \text{ кг/м}^3$  потери теплоты увеличиваются на 1%.

Поэтому актуальна проблема получения растворов, средняя плотность которых была бы сопоставимой с плотностью высокопористых стеновых материалов, то есть составляла  $500\text{-}800 \text{ кг/м}^3$ .

Для достижения цели способом облегчения плотности кладочного раствора выбрали применение отходов полистирола, используемые как заполнитель.

За объект исследования был принят базовый состав цемент – песок, в соотношении 1:3. В качестве заполнителя использовали отход утилизации – полистирольные гранулы. Зерновой состав гранул находится в пределах от 0,2 до 5 мм. Количество заполнителя варьировали по объему.

На первом этапе работы в базовый цементно-песчаный состав добавляли «чистые», не обработанные полистирольные гранулы. На этом этапе удалось достичь понижения плотности, с сохранением достаточной прочности. Так при последовательном «разбавлении» полистирольными гранулами модельного состава (30%; 50%; 100% насыпного объема) получили снижение плотности, с  $2125 \text{ кг/м}^3$  до  $1930 \text{ кг/м}^3$ ;  $1755 \text{ кг/м}^3$ ;  $1550 \text{ кг/м}^3$  соответственно. Исследования позволили считать, что прочность будет гарантирована для кладки в различных условиях для зданий I степени долговечности и находиться в пределах от М10 до М50. Было установлено, что опыт со 100% объемом полистирольных гранул дал лучшие результаты:

- Удалось снизить плотность до  $1500 \text{ кг/м}^3$ ;
- Обеспечить запас прочности (М40);
- Снизил расход цемента;
- Снизить теплопроводности до  $0,54 \text{ Вт/мК}^\circ$ .

Далее шел ряд экспериментов с «разбавлением» раствора 200% и 400% полистирольных гранул. В этих опытах прочность резко падает, это возможно из-за возросшей водопотребности (т.к удельная поверхность гранул резко возросла) и из-за недостаточной цементно-песчаной оболочки вокруг гранул полистирола.

Второй этап работы был направлен на получение положительных результатов в области с высоким содержанием полистирольных гранул. Ранее проведенные исследования пенополистиролсодержащих кладочных растворов установили, что такие композиции трудно разложить тонким равномерным слоем т.к. гранулы оголяются, и смесь перестает быть связной.

С целью сближения свойств пенополистирола с минеральной фазой раствора было предложено обрабатывать гранулы воздухововлекающей добавкой и опудривать золой-уноса.

В результате испытаний добились:

- Теплопроводность и плотность кладочного раствора уменьшилась в 2 раза, по сравнению с универсальным кладочным раствором;
- Введение в состав золы-уноса способствовало снижению высолообразования, уплотнению структуры раствора, повышая конечную прочность, играя роль наполнителя;
- Введение пенополистирольных гранул снизило теплопроводность и плотность раствора, а дополнительная обработка способствовала равномерному распределению гранул в смеси.

На третьем этапе необходимо усовершенствовать и оптимизировать состав кладочного раствора. А так же разработать сухую строительную смесь на базе данного кладочного раствора, представляющую собой оптимально подобранный, тщательно перемешанный состав песка и вяжущего, с добавлением модифицированных полистирольных гранул от 40% до 80%.

Н.А. Черемисина

*Братский государственный университет*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ В МИРОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

В настоящее время для повышения конструктивной обеспеченности проектных решений все больше применяются бетоны нового поколения с высокими технологическими и эксплуатационными свойствами, с гарантированными показателями качества, которым отводится важная роль в сложных инженерных сооружениях XXI века.

Под бетонами нового поколения понимают бетоны с высокими эксплуатационными свойствами, так называемые «High Performance Concrete», полученные из высокоподвижных бетонных смесей, которые уже сегодня востребованы не только необходимостью выдерживать возрастающие воздействия природного и особенно техногенного характера, но

и новыми эстетическими требованиями, предъявляемыми к современным инженерным сооружениям.

Сегодня концепцию бетонов с высокими эксплуатационными свойствами можно изложить следующим образом:

а) доступная технология производства бетонных смесей и бетонов с широким диапазоном свойств, основанная на использовании сложившейся производственной базы и традиционных материалов;

б) высокие физико-технические характеристики бетонов – высокая прочность, низкая проницаемость для воды и газов, низкая усадка и ползучесть, повышенная коррозионная стойкость и долговечность, т.е. свойства, сочетание которых или преобладание одного из которых обеспечивает высокую надежность конструкций при любых условиях эксплуатации.

Такой подход вполне обоснован:

с одной стороны, бетон должен сохранить все преимущества, сделавшие его основным конструкционным материалом строительства, т.е. изготавливаться главным образом на основе местных ресурсов в непосредственной близости от стройплощадок, с небольшими затратами как при приготовлении смесей, так и при бетонировании конструкций;

с другой стороны, он должен обладать достаточным потенциалом, чтобы воспринимать без «вторичной» защиты повышенные физико-механические нагрузки при эксплуатации конструкций в различных, в том числе в сильно агрессивных, средах.

За короткий срок в России было основано массовое производство бетонов нового поколения – высокой прочности, низкой проницаемости, повышенной коррозионной стойкости и морозостойкости. Достаточно отметить, что за последние 10 лет в РФ возведено более 750 тыс.м<sup>3</sup> железобетонных конструкций, из которых 250 тыс.м<sup>3</sup> – из высокопрочного бетона классов В50-В60 и выше[1].

Применение высокопрочного бетона дает возможность существенно уменьшить объем бетона или сократить расход арматурной стали в железобетонных конструкциях. Помимо этого, благодаря уменьшению размеров сечения при повышении прочности бетона, на заводах сборного железобетона становится возможным изготовление конструкций под разные нагрузки в формах одного типоразмера, что приводит к сокращению парка форм. Следует также отметить, что использование высокопрочного бетона позволяет сократить сроки тепловлажностной обработки железобетонных конструкций, а в ряде случаев вообще ее исключить, например, в теплое время года. Это дает возможность существенно уменьшить энергозатраты на изготовление железобетона.

В гражданском строительстве высокопрочный бетон применяется в колоннах каркасов многоэтажных жилых и общественных зданий. Эти каркасы выполняются по связевой схеме, особенностью которой является близкое к шарнирному соединению ригелей с многоэтажными гибкими колоннами и передача всех усилий на специальные жесткие вертикальные элементы, например, на монолитные ядра жесткости или связевые диафрагмы. При этом колонны работают практически на осевое сжатие с небольшими случайными эксцентриситетами, и увеличение прочности бетона приводит к почти соответствующему повышению несущей способности.

В промышленном строительстве высокопрочный бетон весьма эффективен в стропильных и подстропильных конструкциях (фермах, балках), особенно под высокие нагрузки и для больших пролетов. При этом удается существенно уменьшить объем бетона и, следовательно, массу конструкций. Также бетон повышенной прочности используется в колоннах многоэтажных производственных зданий рамно-связевой системы, устойчивость которых в поперечном направлении обеспечивается жестким соединением колонн с ригелями, а в продольном – металлическими связями.

Бетон высоких марок применяется также в транспортном строительстве в железобетонных туннелях для обделки тоннелей, в преднапряженных стойках контактной сети, в аэродромных покрытиях, в стропильных конструкциях зданий ТЭЦ и тяжелонагруженных

ригелях, при изготовлении напорных труб, шахтной крепи, шпалерных столбов других специальных конструкций[2].

В настоящее время в различных национальных и международных нормах и кодексах высокопрочный бетон представлен следующим образом:

норвежские нормы NS3473: до класса В105 включительно, приблизительно эквивалентно маркам М1200-М1300;

шведские нормы: до класса В75 включительно, приблизительно эквивалентно маркам М900-М1000;

японские нормы: до класса В80 включительно, приблизительно эквивалентно марке М1000;

западногерманские и французские нормы: до классов В60-В65 включительно, приблизительно эквивалентно маркам М800-М900;

британские нормы BS8110: до класса С80 (В80) включительно;

технические инструкции Румынии CR116-78: до марки М800 включительно;

также румынские технические инструкции С137/1-89 и российские нормы СНиП 2.03.01 до класса В60 включительно, что приблизительно эквивалентно марке М800;

американские нормы АСІ-318 не содержат указаний по верхним границам прочности. Но именно американская практика дает наиболее многочисленные примеры применения высокопрочного бетона в реальных сооружениях.

Всего в США к настоящему времени построено более 100 зданий от 20 до 80 этажей с применением высокопрочного бетона. На сегодняшний день мировой рекорд по прочности бетона, примененного в реальном объекте, принадлежит 58-этажному небоскребу «Ту Юнион Сквер» в Сиэтле – 133МПа. Причем сверхпрочные бетоны применяются в колоннах нижних этажей, т.е. там, где нагрузки наибольшие.

Следует отметить отчетливую тенденцию использования сверхпрочного бетона в трубобетонных элементах в нижних этажах высотных зданий.

Высокопрочный бетон широко применяется также при изготовлении сборных предварительно напряженных пролетных строений мостов (Япония, США, Канада).

Впечатляющей областью применения бетонов высоких марок является строительство морских платформ для добычи нефти (например, в Северном море построена 21 морская платформа).

Морские сооружения из железобетона, построенные в последнее время за рубежом, потребовали высокого инженерного искусства. Идея предварительного изготовления сооружения в котловане или доке в виде блока с последующей его буксировкой к месту эксплуатации получила применение для самых различных областей строительной практики. Сюда можно отнести, кроме нефтедобывающих платформ, швартовые палы, массивные якоря, туннели, а также плавучие средства, используемые для работ в океане[3].

Таким образом, успешная практика применения высокопрочных бетонов в очень ответственных сооружениях (небоскребы, телебашни, внеклассные мосты, корпуса и защитные оболочки атомных редукторов, морские платформы для добычи нефти и газа и др.) подтверждает его исключительные строительно-технические возможности.

Перспективы применения железобетонных конструкций из высокопрочного бетона в строительстве можно представить исходя из общих тенденций развития строительной промышленности. Очевидно, что в будущем проблема снижения материалоемкости железобетонных конструкций и особенно их металлоемкости станет еще более актуальной. В то же время совершенствование технологии получения высокопрочных цементов, а также увеличение объемов выпуска и разновидностей модификаторов позволяет получать бетон высоких марок без усложнения производства.

#### **Библиографический список:**

1. Житкевич Р.К., Лазопуло Л.Л., Шейнфельд А.В., Ферджулян А.Г., Пригоженко О.В. Опыт применения высокопрочных модифицированных бетонов на объектах ЗАО «Моспромстрой» // Бетон и железобетон. 2005. №2. С. 2-8.

2. Михайлов К.В., Беликов В.А. Перспективы применения конструкций из высокопрочных бетонов // Бетон и железобетон. 1982. №5. С. 13-15.

3. Волков Ю.С. Применение сверхпрочных бетонов в строительстве // бетон и железобетон. 1994. №3. С. 27-31.

А.А. Чикичев

Научный руководитель – С.А. Белых

*Братский государственный университет*

## **ОПЫТ РАЗРАБОТКИ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ**

Одним из отходов Братского лесопромышленного комбината является кубовый остаток ректификации скипидара и побочных продуктов – так называемый полимерный остаток (ПО). Это легковоспламеняющаяся жидкость с характерным запахом, по химическому составу представляющая собой смесь терпеновых соединений. В настоящий момент он не утилизируется, поэтому разработка способов его применения оправдана экологически, экономически и энергетически. Целью наших исследований является разработка строительных материалов на основе местного сырья и техногенных отходов.

В широком спектре инженерно-строительных задач необходима способность материала препятствовать прохождению воды через свой объём: при устройстве плотин ГЭС, фундаментов во влажных либо труднодренируемых грунтах, подвалов и цокольных этажей и т.д. Основываясь на теоретических предположениях, что ПО способен образовывать молекулярные плёнки на поверхности минеральных веществ с уменьшением эффективного диаметра пор и увеличением угла смачивания, было предложено использовать в качестве гидрофобизатора строительных материалов. В русле данного направления нами была проведена серия исследовательских работ.

Первичные исследования гидрофобизирующих качеств ПО показали, что пропитка в нем изделий из искусственного камня позволяет снизить показатель водонасыщения в пять раз. Однако, вымачивание изделий в ПО в течение 48 часов с последующей естественной сушкой (в данных условиях был получен этот результат) весьма нетехнологично. К тому же, специфический запах ПО ухудшает условия труда в месте обработки. Поэтому, были изысканы способы ликвидации этих недостатков.

Известен способ получения органоминеральных добавок в сухие строительные смеси путём осаждения на тонкодисперсном минеральном компоненте органического модификатора с последующим высушиванием. Мы задались целью получить гидрофобизирующую добавку для сухих строительных смесей на основе ПО. В 80-х годах учёными БрГУ было установлено, что введение ПО в раствор в виде эмульсии повышает гидрофобность готовых изделий. Однако, эмульсия с ПО современного состава не обладает описанной ими стабильностью. Нами были опробованы различные составы эмульсий, пока не был получен относительно стабильный состав, который мы осаждали на различных минеральных веществах (гипс, зола-унос, микрокремнезём) для получения органоминеральной добавки по описанному способу. Установлено, что органоминеральная добавка по гидрофобизирующему эффекту эквивалентна введению в раствор эмульсии. Оптимальным минеральным компонентом по исследованным эксплуатационным качествам является зола-унос ТЭЦ-7 г. Братска.

Полученная органоминеральная добавка увеличивала водопотребность растворной смеси и ингибировала гидратацию цемента, поэтому в неё были введены суперпластификатор С-3 и ускоритель твердения формиат кальция.

Гидрофобизирующее действие оценивалось нами по коэффициентам водопоглощения и водонасыщения, определяемые как отношение прироста массы высушенных при  $T \sim 85^\circ\text{C}$  образцов раствора  $4*4*16$  см к массе вымоченных в питьевой воде в погруженном состоянии 24 часа и выдержанных в питьевой воде под разрежением 0,9-1 МПа в течении часа соответственно.

В результате исследований разработана комплексная органоминеральная гидрофобизирующая добавка. Она является эффективной применительно к сухим строительным смесям для растворов пониженной водопроницаемости: она снижает коэффициент водонасыщения на 9,2%, водопоглощение на 44%, повышает прочность раствора при сжатии на 25%.

С.А. Белых, Ю.В. Орлова, Н.Ю. Клиндух

*Братский государственный университет  
Сибирский Федеральный Университет*

## **ВОЗДУХОВОВЛЕКАЮЩАЯ ДОБАВКА В БЕТОНЫ, РАСТВОРЫ И СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ**

Практически ни одно современное предприятие, осуществляющее производство железобетонных изделий, цемента, бетонных, сухих строительных смесей не обходится без применения добавок. Добавки позволяют нам регулировать и улучшать эксплуатационные характеристики материалов. Для получения дополнительных специальных свойств бетона, которые позволяют сделать этот основной строительный материал более эффективным, а как следствие, ускорить темпы ведения строительства, а также значительно его удешевить, широко применяются различные добавки. В настоящее время развивается производство современных и качественных строительных материалов с использованием в качестве сырья отходы промышленных производств.

Ученые кафедры СМиТ получили патент на изобретение №2283292 «Способ приготовления микрогранул комплексной добавки в цементные композиты». Изобретение относится к строительству и производству строительных материалов, а именно к способам приготовления комплексных добавок для бетонной смеси, и может быть использовано при производстве сборного и монолитного бетона и железобетона, сухих строительных смесей, а также в производстве минеральных вяжущих веществ. В способе приготовления микрогранул комплексной добавки в цементные композиты осуществляют получение смеси введением во взбитую пену, приготовленную из раствора ПАВ – сырого сульфатного мыла, стабилизированную жидким стеклом, тонкодисперсного минерального компонента – микрокремнезема, осушение приготовленной смеси производилось при температуре 20-100°С. Техническим результатом изобретения является снижение энергоемкости и упрощение технологического процесса приготовления комплексной гранулированной добавки в цементные композиты.

Целью работы является подбор оптимального состава воздувовлекающей добавки для низкомарочных материалов из местных отходов.

Приготовление воздуволекающей добавки включает: перемешивание ЗУ с раствором поверхностно-активного вещества (ПАВ) и сушку, осуществляется путем разрушения малопрочных массивов минерализованной пены. Пену готовят из водных растворов пенообразующего поверхностно-активного вещества, стабилизируют и вводят золу-унос во взбитую пену. Минерализованную пену укладывают в формы и сушат при температуре 20-60°С.

В качестве пенообразователя использовалось сырое сульфатное мыло, побочный продукт сульфатной варки Братского лесопромышленного комплекса.

Братский лесопромышленный комплекс - предприятие с большим сырьевым, техническим и технологическим потенциалом. Комбинат производит более 20% всей российской целлюлозы и около 10% картона. Его проектная мощность - более миллиона тонн целлюлозы в год по варке. Основные рынки сбыта - Китай и юго-восточная Азия. Сегодня в состав комбината ходят два целлюлозных производства: производство приготовления химикатов; технологическая электростанция; производство очистных сооружений промышленных стоков; производство щепы; лесохимическое производство. Основными видами товарной продукции ЦКК являются целлюлоза сульфатная беленая хвойная, целлю-

лоза сульфатная беленая листовая, целлюлоза сульфатная небеленая хвойная, картон для плоских слоев гофрированного картона.

Пенообразователи отличаются высокой эффективностью при малых дозировках.

Таблица 1

Результаты исследований воздухововлекающей добавки

№	m ПАВ, г	Кэф. В.В, %	Состав в натуральных					Масса образца m, кг	Масса обр. ср, m <sub>ср</sub> , кг	Прочность на изгиб R <sub>изг</sub> , кгс/см <sup>2</sup>	Ср. прочность на изгиб R <sub>изгср</sub> , кгс/см <sup>2</sup>	Прочность на сжатие R <sub>сж</sub> , кгс/см <sup>2</sup>		Средняя прочн. на сжатие R <sub>сжср</sub> , кгс/см <sup>2</sup>
			Ц	П	В	Д	В/Ц							
КО	-	-	500	1500	255	-	0,5	560,0	564,3	69,3	69,9	29,6	31,2	31,1
								551,80		69,0		26,8	32,0	
								580,95		71,4		32,1	30,8	
1	1,5	0,2	400	1500	255	100	0,5	528,65	536,1	57,7	65,8	25,6	25,6	27,7
								537,85		68,3		30,0	30,0	
								541,90		71,3		27,6	27,6	
2	2	1,5	400	1500	255	100	0,5	539,60	540,6	66,5	62,8	28,0	23,6	35,3
								533,75		64,7		26,0	22,8	
								548,30		57,1		27,6	22,4	
3	2,5	2,3	400	1500	255	100	0,5	547,95	543,3	63,5	64,7	28,0	28,42	27,7
								542,00		67,5		27,6	28,4	
								539,85		63,2		28,4	27,2	

Воздухововлечение, обеспечиваемое добавкой увеличивает удобоукладываемость бетонной смеси, снижает расслаиваемость и водоотделение. Образование условно-замкнутых пор повышает морозостойкость бетона.

Использование золы-уноса позволяет управлять процессами структурообразования, регулировать подвижность и жизнеспособность бетонной смеси, скорость твердения и прочность в заданном возрасте. Эффективность использования золы в одинаковой степени зависит как от характеристик исходных материалов (золы и цемента) как и от правильного подхода к выбору направления ее использования.

Предлагаемую комплексную воздухововлекающую добавку можно применять в производстве:

- дорожных плит;
- фундаментных блоков;
- плит перекрытия;
- бордюрных плит;
- тротуарных камней.

По результатам выполненных исследований можно сделать вывод, что исследуемая добавка обладает высокими технологическими свойствами и будет иметь низкую себестоимость за счет применения в качестве основного сырья местных техногенных отходов.

Т.Ю. Дымуря

*Братский государственный университет*

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЕ УСИЛИЙ В НЕСУЩИХ СИСТЕМАХ ЗДАНИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Долговечность зданий и сооружений — это предельный срок службы конструкций зданий, в течение которого они не утрачивают необходимых эксплуатационных качеств.

В процессе эксплуатации ограждающие конструкции подвергаются воздействию внешних климатических и техногенных воздействий.

Определение долговечности зависит от изменения прочностных характеристик железобетона во времени. Физико-механические свойства железобетона со временем меняются. Изменение модуля упругости значительно влияет на усилия в конструкциях.

Существует множество формул для определения модуля упругости бетона. Честяковым Е.А. предложено аналитическое выражение, описывающее влияние возраста бетона на изменение модуля упругости.

Исследовав функцию видно, что к возрасту в 50 лет изменение модуля упругости не превышает 30%, то есть 0,7 от первоначального значения.

Для оценки степени влияния модуля упругости на напряженно-деформированное состояние здания, произведены вычисления бескаркасного 5-этажного жилого здания с продольными и поперечными несущими стенами серии 97 и сделаем сравнение усилий, возникающих в столбах здания на разных сроках эксплуатации.

Для вычислений здания использовался программный комплекс «АВЕС».

До этого были сделаны вычисления при равномерном изменении прочностных характеристик конструкций всего здания, построены графики изменения усилий в конструкциях со временем, а так же сделаны соответствующие выводы. Однако, постепенный износ конструкции происходит неравномерно в течение общего срока службы здания.

Чтобы увидеть на сколько эти изменения влияют на усилия во всех конструкциях здания, были проведены соответствующие вычисления.

Из данных вычислений видно, что произошли значительные изменения в значениях изгибающего момента, разница в продольных и поперечных силах не так велика.

Для обеспечения долговечности необходимо учитывать такие виды изменений, при подборе и расчете конструкций здания.