

СЕКЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ, ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИК И ИСПЫТАНИЯ СООРУЖЕНИЙ

Студент 4 курса 7 группы ИСА Амгалан Эр-очир

Студент магистратуры 2 года обучения 2 группы ИСА Корнев О.А.

Научный руководитель – канд.техн.наук, А.Н Шувалов

ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ, АРМИРОВАННОЙ СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРОЙ

Коррозия стальной арматуры является серьезной проблемой в России и во всем мире. Подземная вода и почва могут сильно воздействовать на подземные конструкции со стальной арматурой, и в частности на фундаментные плиты. Коррозия стальной арматуры может привести к дорогостоящему капитальному ремонту, уменьшить долговечность и несущую способность железобетонной конструкции. Для борьбы с коррозией приходится повышать толщину защитного слоя бетона и применять высоко стоимостные процедуры (например, гидроизоляцию) для защиты стальной арматуры от суровых условий окружающей среды при возведении и эксплуатации конструкций.

Возведение строительных объектов на территории РФ регламентируется федеральным законом 384-ФЗ [1] и постановлением правительства 15-21 [2], применение композитной арматуры не отражено в данных документах, поэтому необходимо экспериментальное подтверждение применения АСК. Для этого в лаборатории НИУ МГСУ проведены масштабные испытания АСК и изделий армированных АСК. Данные испытания проводились под руководством заведующего лабораторией ИСМИиК Какуши В.А.. На основании данных испытаний, для решения проблем коррозии и уменьшения стоимости строительства был разработан уникальный проект: фундаментная плита, полностью армированная стеклопластиковой арматурой. Сокращение сроков возведения за счёт применения композитных материалов также привело к снижению стоимости строительного объекта.

При возведении данного объекта, в частности возведении фундаментной плиты, армированной АСК, отсутствует необходимость в применении кранов большой грузоподъемности, типа башенного крана. Раскладка арматуры в проектное положение осуществляется вручную без использования специальной техники. В связи с «гибкостью» производства АСК возможно изготавливать стержни любых типоразмеров длины для конкретного участка фундаментной плиты. Следовательно отсутствует необходимость в арматурном участке для резки и сорти-

ровки арматуры фундаментной плиты, что существенно сокращает сроки возведение фундаментной плиты.

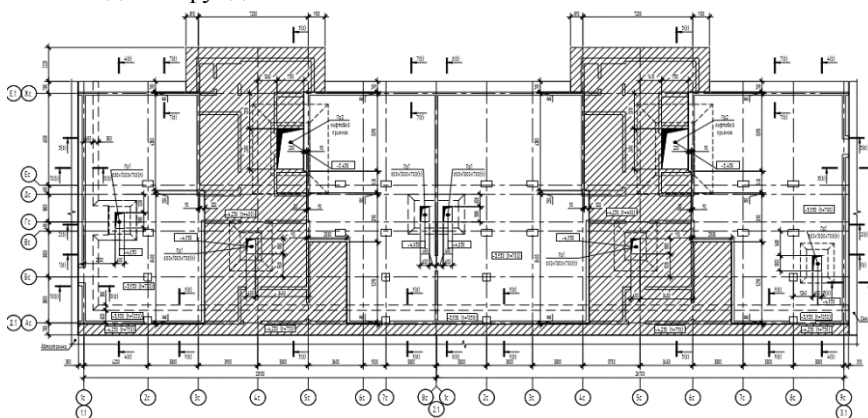


Рис 1. План 15-ти этажной секции жилого здания

Была разработана специальная технологическая карта на возведение фундаментной плиты, армированной стеклопластиковой арматурой. Весь процесс возведения проходит под видеонаблюдением. На каркасе и на бетоне плиты установлены тензорезисторы на участках с максимальными напряжениями. С помощью тензорезисторов будет контролироваться деформация арматурных стержней и бетона в процессе возведения и в течение первых лет эксплуатации здания.



Рис 2. Каркас фундаментной плиты из стеклопластиковой арматуры

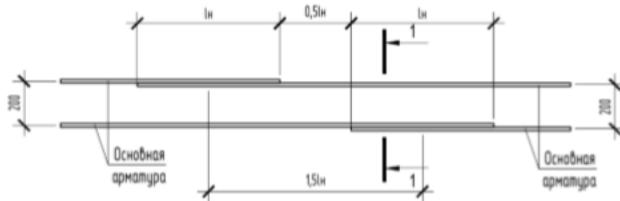
При изготовлении арматурных сеток и сборке арматурного каркаса в качестве основного материала используется арматура стеклокомпозитная АСК 18-800/50, АСК 20-800/50 и АСК 22-800/50 по ГОСТ 31938-

2012, в качестве вспомогательного арматурная сталь класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006 диаметров 10, 12, 16, 18, 20 и 25 мм.

Арматурные работы выполняются в следующей очередности:

- связывают продольные и поперечные стержни АСК в сетки; - устанавливают нижние сетки из АСК на фиксаторы, обеспечивающие защитный слой бетона по проекту; - стыкуют продольные стержни АСК «внахлест»; - укладывают дополнительные стержни АСК и металлические каркасы; - устанавливают поддерживающие устройства и перевязывают их с сетками АСК; - устанавливают верхние сетки из АСК на каркасы и перевязывают их с поддерживающими устройствами.

С учётом международного опыта было принято решение использовать на строительных площадках кабельные стяжки для вязки арматурных стержней. Связи с тем, что возведение фундаментной плиты может возводиться в климатических условиях с отрицательными температурами, а кабельные стяжки в основном изготавливаются из полимеров, у которых есть склонность к охрупчиванию в отрицательных температурах, в лаборатории НИУ МГСУ были подобраны кабельные стяжки с температурной эксплуатации до -40°C . Перевязка стержней АСК между собой и с поддерживающими устройствами осуществляется кабельными стяжками с внутренней насечкой, изготовленными из ударопрочного полиамида (ПА6.6), шириной не менее 5 мм, температурой эксплуатации от -40 до $+80^{\circ}\text{C}$ и предельной нагрузкой при разрыве не менее 500Н. Перевязка продольных и поперечных стержней АСК осуществляется перекрестно двумя хомутами. Стыковка продольных стержней АСК выполняется согласно рисунку 3, пластиковыми стяжками (хомутами) с шагом не более 150 мм.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ В ДОРОЖНОЙ ПЛИТЕ

Под экспериментальной проверкой качества материала, который применялся в строительстве, понимают проведение исследования конкретных параметров материала с теми, которые указаны в нормативных документах. Основной задачей данной работы является определение соответствия компонента строительной конструкции нормативным документам. Необходимо учитывать все требования ГОСТов на данную строительную конструкцию. При изготовлении дорожных плит требуется проводить дополнительные мероприятия по увеличению стойкости и надежности элемента. Для этих целей применяется преднапряженное армирование. Назначение данного стального материала состоит в том, чтобы увеличить несущую способность конструкции, снизить вероятность возникновения трещин, возникающих в связи с температурными перепадами и силовыми воздействиями. Получению этих сведений и обеспечению их высокой точности уделяется большое внимание. Для реализации поставленной задачи необходимо экспериментально исследовать дорожную плиту, а именно определить значения напряжений в преднапряженной арматуре методом разгрузки с применением тензорезисторов по ГОСТ52728-2007. Суть данного метода заключается в следующем: в месте расположения арматурного стержня вскрывается защитный слой бетона, бетон вокруг стержня полностью удаляется (рис. 1). На один конец оголенного участка арматуры наклеивался тензометрический датчик (рис.2), после снятия показаний с датчика на противоположном конце стержня делался разрез (рис. 3), после обрыва стержня снимались показания с датчика. По разности показаний с датчика определяется деформация стержня. Напряжение в стержне определяется по линейной зависимости между деформациями и напряжениями по известному модулю упругости стали ($E=2,06 \cdot 10^5$ МПа). Переход от напряжения в стержне к усилию натяжения осуществлялся умножением напряжения на расчетную площадь арматуры известного диаметра. Фактическое натяжение арматуры были определено на трех участках плиты. Полученные результаты измерений сведены в табл. 1. Для сравнения полученных усилий с требуемыми по ГОСТ25912.0-91 необходимо учесть потери преднапряжения. Расчет потерь преднапряжения проводится по СП 63.13330.2012. Требуемое значение напряжения 590 МПа (допустимое отклонение $\pm 10\%$). На основании проведенного расчета установлено, что фактическое преднапряжение в арматурных

стержнях должно быть не менее 301 МПа.

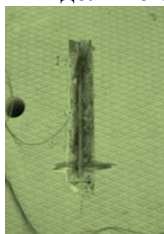


Рис. 6. Общий вид вскрытого участка арматуры

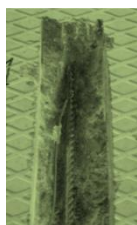


Рис. 2. Тензорезистор на арматурном стержне

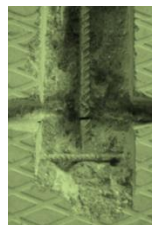


Рис. 3. Надрез на арматурном стержне

Таблица 1

Определение усилий натяжения в арматуре

Номер участка	$\varepsilon, \cdot 10^{-6}$	σ , МПа	Диаметр арматуры (мм)	Площадь поперечного сечения(мм ²)	Усилие натяжения (кН)
1	2201,7	453,5	12,0	113,10	513,0
2	2171,5	447,3	12,0	113,10	505,9
3	860,1	177,2	12,0	113,10	200,4

Контроль степени натяжения арматуры является важнейшим этапом в пооперационном контроле при производстве предварительно напряженных арматурных изделий для железобетонной плиты. Тщательный контроль над степенью натяжения арматуры предотвращает снижение трещиностойкости конструкций и повышает надежность их в эксплуатации. Применение метода разгрузки дает определить значения напряжения в преднапряженной арматуре, а использование тензорезисторов, принцип действия которых основан на изменении электрического сопротивления проводника при его деформировании, позволяет извлечь показания физических величин в измерительных точках исследуемой конструкции. Выводы: Фактическое преднапряжение арматурных стержней на 1 и 2 участках соответствует требованиям ГОСТ25912.0-91; Фактическое преднапряжение арматурных стержней на 3 участке не соответствует требованиям ГОСТ25912.0-91; Предложенная методика определения усилия натяжения арматурных стержней в железобетонном элементе позволяет с высокой точностью определить фактическое значение усилия натяжения арматуры.

*Студент 5 курса 11 группы ИГЭС Долгушев Т.В.,
Студентка 5 курса 2 группы ИСА Фёдорова В.В.
Научный руководитель – доц., канд. техн. наук Л.Х. Сафина*

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ СТРОЯЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА ЖБК

В статье представлены результаты анализа проявления дефектов и повреждений различной природы в железобетонных конструкциях строительного объекта. Анализ проводился на основании данных исследования технического состояния нескольких этажей монолитного железобетонного несущего каркаса здания торгово-развлекательного комплекса на стадии его возведения [1]. Здание расположено в г.Москва. На момент обследования существовал каркас трех этажей здания, имеющего сложное очертание в плане и большую протяженность. Высота этажей указанного объекта варьировалась от 3,3 м до 6,6 м. Общая длина шести секций сооружения, разделенных деформационными швами, составляла около 1500 м.

В конструктивном отношении несущий каркас состоял из большого числа однотипных элементов: колонны сечением 600x600мм и 750x750мм; междуэтажные перекрытия балочной схемы; плиты перекрытий толщиной 200мм; элементы, обеспечивающие пространственную жесткость каркаса: диафрагмы жесткости, стены лифтовых шахт, стены лестничных клеток. В процессе строительства в монолитных колоннах, балках и плитах перекрытий несущего каркаса возникло значительное количество дефектов. В основном, это было связано с нарушениями технологии бетонирования и отсутствием надлежащего ухода за твердеющим бетоном. Часть дефектных участков была отремонтирована до начала настоящего обследования, 79% повреждённых участков были отремонтированы качественно и 21% некачественно.

Среди дефектов, обнаруженных в несущих конструкциях изгибаемых элементов монолитного каркаса, преобладали трещины, распространявшиеся в пределах защитного слоя в плитах и балках перекрытий и возникшие непосредственно после распалубки (таблица 1). Трещины в стыках соединения с колоннами не учитывались.

Подавляющее большинство этих трещин имело усадочную природу, что подтверждается небольшой глубиной распространения. Ширина раскрытия в основном не превышала допустимую нормативными документами [3] ширину раскрытия равную 0,3мм и составляла около 0,1мм и менее.

Таблица 1

Трещины в плитах и балках перекрытия

Наименование		ширина раскрытия трещин				сетка трещин
		<0,1мм	0,1мм	0,2мм	0,3мм	
Повреждённые плиты перекрытия	в % от числа поврежденных плит	12,5	80	4,2	-	4,2
Повреждённые балки перекрытия	в % от числа поврежденных плит	35,7	28,6	35,7	7,1	-

В отношении дефектов обнаруженных в колоннах можно сказать следующее:

- наибольшее число дефектов (57,2% поврежденных колонн) составляют пустоты, раковины и каверны, сосредоточенные на гранях колон и швах бетонирования,
- 25,6% поврежденных колонн имеют наплывы в швах бетонирования

Эти дефекты возникают вследствие нарушения технологии бетонирования, однако могут быть исправлены с небольшими трудозатратами. Таким образом, они не оказывают серьезного влияния на эксплуатационные характеристики здания, не уменьшают несущую способность каркаса, что подтвердили ультразвуковые исследования [2]. К дефектам с опасными последствиями относятся оголённая арматура, трещины, нарушения геометрии. Несоблюдение рекомендаций по ремонту участков с подобными дефектами ведёт к постепенному разрушению конструкции. Оголение арматуры чревато возникновением коррозии, которая со временем приводит элемент с оголённой арматурой к потере прочности и устойчивости. Так как на обследуемом объекте потенциально опасные дефекты возникли в период возведения, когда каркас несёт нагрузку только от собственного веса, то при приложении проектной нагрузки возможно их развитие, ведущее к снижению несущей способности и долговечности сооружения в целом. Дефекты геометрии элементов каркаса (изменение сечения, смещение арматуры от проектного положения, отклонения от вертикали или горизонтали) ведут к возникновению эксцентриситетов приложения нагрузки, приводит к изменению работы несущего каркаса здания, к отклонениям от расчетов проектировщиков. В табл. 2 представлены результаты дефектоскопии колонн.

Таблица 2

Виды дефектов и повреждений	Количество колонн с дефектом					В % от числа поврежденных колонн (297 шт),
	В % от общего числа дефектов (297 шт)					
	Местоположение дефекта					
	Грани колонны	Углы колонны	Шов бетонирования	Всего		
Наплывы	шт.	-	-	76	76	25,6
	%	-	-	25,6	25,6	
Пустоты	шт.	79	39	52	170	57,2
	%	26,6	13,1	17,5	57,2	
Непробетонированные участки	шт.	-	8	-	8	2,7
	%	-	2,7	-	2,7	
Оголённая арматура	шт.	-	6	-	6	2
	%	-	2	-	2	
Скалывание	шт.	15	-	-	15	5,1
	%	5,1	-	-	5,1	
Отслоение бетона	шт.	-	-	2	2	0,7
	%	-	-	0,7	0,7	
Оголение заполнителя бетонной смеси	шт.	-	4	-	4	1,3
	%	-	1,3	-	1,3	
Трещины	шт.	2	-	-	2	0,7
	%	0,7	-	-	0,7	
Дефект геометрии	шт.	14	-	-	14	4,7
	%	4,7	-	-	4,7	
Итого (шт.)	шт.	110	57	130	297	-
Итого в % от числа колонн с дефект.	%	37	19,2	43,8	100	-

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технический отчет «Визуально-инструментальное обследование строительных конструкций трех этажей строящегося здания». – М.: НИУ МГСУ, 2013.
2. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ИЗМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БЕТОНА

Оценка степени повреждения бетонных конструкций в результате высоких температур при пожаре является актуальной задачей современных методов обследования строительных конструкций. В соответствии с нормативными документами [1] температура на поверхности бетона при «стандартном» целлюлозном горении изменяется по логарифмической зависимости вида (1) и достигает более 1000 °С при времени воздействия более 0,5 часа.

$$T - T_0 = 345 \cdot \lg(8 \cdot t + 1) \quad (1)$$

где T – температура в печи, соответствующая времени t , °С;

T_0 – температура в печи до начала теплового воздействия (принимается равной температуре окружающей среды), °С;

t – время, исчисляемое от начала испытания, мин.

В результате огневого воздействия в бетоне происходят физические и механические процессы, которые в зависимости от температуры по-разному влияют на прочность и целостность структуры материала. При обследовании железобетонных конструкций после пожара основная задача ставится в определении величины температурного воздействия на бетон и глубины его деструкции. Обычно значение величины температуры определяют по изменению цветового оттенка бетона. Так тяжелый бетон при температуре около 300 °С приобретает розовый оттенок, при 400-600°С – красноватый, а при температуре более 700 °С после остывания бетон становится бледно серым и самопроизвольно разрушается. Для инженера-обследователя главной задачей является определение остаточной прочности бетона после пожара, выявление и локализация дефектных участков для дальнейшего ремонта. Целью приведенных испытаний является определение влияния интенсивности температурного воздействия на скорость прохождения ультразвукового импульса в бетоне и изменение его окраски. Испытания проводили на высокопрочном самоуплотняющемся мелкозернистом бетоне, который находит все большее распространение в строительстве, особенно уникальных зданий. Данные виды бетонов еще мало изучены, отсюда практическая ценность данного исследования. Были исследованы свойства мелкозернистого бетона класса по прочности В80 на образцах пластинах, размером 260×60×20. Образцы нагревали по стандартному графику изменения температуры при нагревании до 100, 200, 400, 600, 800 и 1029 °С, что соответствует предельной температуре при соответствии

конструкции классу по огнестойкости R120 в соответствии с нормативными документами [1]. Размер образцов был выбран исходя из предположения, что в тонкостенном элементе будет отсутствовать эффект неравномерного прогрева по толщине. Исследован мелкозернистый бетон следующего состава (на 1 м³): цемент – 800 кг, песок – 1250 кг, вода – 260 кг, микрокремнезем – 45 кг, гиперпластификатор Sika 5-800 – 8 кг.

Подготовленные к испытанию пластины разбили на серии по три образца. На контрольной, не подверженной температурному воздействию, серии произвели замер скорости прохождения ультразвукового импульса при поверхностном прозвучивании. Измерения проводили с использованием прибора «Бетон-32» на базе 120 мм. Для каждой серии образцов выполняли по 18 измерений, по которым находили среднее значение. Затем для образцов определяли прочность на растяжение при изгибе по методике ГОСТ 10180 [2]. Следующую серию образцов нагревали по стандартному температурному режиму до интересующей температуры с использованием муфельной печи. Выдерживали образцы в течении двух часов, затем отключали печь и после естественного остывания до нормальной температуры проводили измерения скорости ультразвука, прочности на растяжение при изгибе и визуально оценивали изменение цветового оттенка бетона.



Рис. 7. Изменение цвета образцов после температурного воздействия

Как видно по Рис. 7, с увеличением значения теплового воздействия на поверхности бетона появляются следы локальных «тепловых ожогов», что свидетельствует о проявлении процессов дегидратации и перекристаллизации на поверхности бетонных образцов. Цвет бетона при этом существенно не меняется до достижения температуры 800°C, когда окраска принимает светло-серый оттенок. По достижению предельной температуры 1029°C цвет образца становится явно бежевым, что свидетельствует уже о плавлении компонентов заполнителя мелкозернистого бетона.

По графикам на рис. 2 и 3 видно:

- на участке 20°C – 200°C скорость ультразвука незначительно снижается в пределах 11%, в то время как прочность растет на 15-20 %;

- примерно в два раза снижается скорость ультразвука на втором участке диаграммы от 200°C до 600°C, где прочность также линейно уменьшается;

- от 600°C до 1100°C скорость ультразвука практически не меняется, как и прочность, значение которой стремится к нулю.

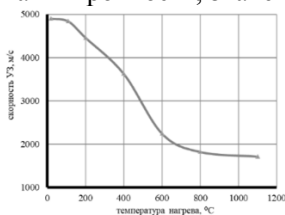


Рис. 8. Зависимость скорости УЗ от температуры

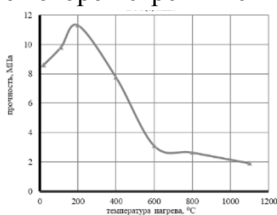


Рис. 3. Зависимость прочности от температуры

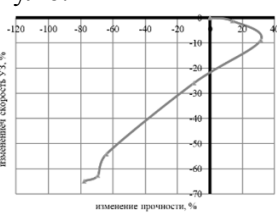


Рис. 4. Зависимость изменения прочности бетона и изменения скорости УЗ.

Эффект увеличения прочности бетона при повышении температуры до 200°C пуццолановой реакцией взаимодействия в присутствии влаги порошкообразных силикатных компонентов с гидроксидом кальция [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Снижение скорости УЗ при том связано, очевидно, с испарением свободной влаги из образцов. На основании проведенной работы получены прямые зависимости изменения скорости УЗ от величины температурного воздействия и проанализировано изменение цвета мелкозернистого высокопрочного бетона с ростом температуры. Наиболее целесообразным является применение полученных зависимостей для участка возможного температурного воздействия от 200°C до 600°C (800°C). Полученные результаты имеют практическую ценность при проведении работ по обследованию конструкций после пожара. Сравнение скорости ультразвука в контрольной и подвергшейся пожару конструкциях позволит сделать выводы о несущей способности последней, а также оценить значения воздействовавших температур, в том числе учитывая и изменение цвета бетона.

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ БАЛОК С ТРЕЩИНАМИ, АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТНОЙ ПОЛИМЕРНОЙ АРМАТУРОЙ

Для получения экспериментальных данных, характеризующих действительную работу изгибаемых бетонных элементов, армированных арматурой композитной стеклопластиковой (АКС) были проведены испытания серий образцов балок: с продольной АКС Ø6 и поперечной АКС Ø6 шагом 100 мм, АКС Ø14 и поперечной АКС Ø6 шагом 100 мм.

Балки имеют прямоугольное поперечное сечение размером 200x100 мм. Схема армирования и нагружения приведена на рис. 1.

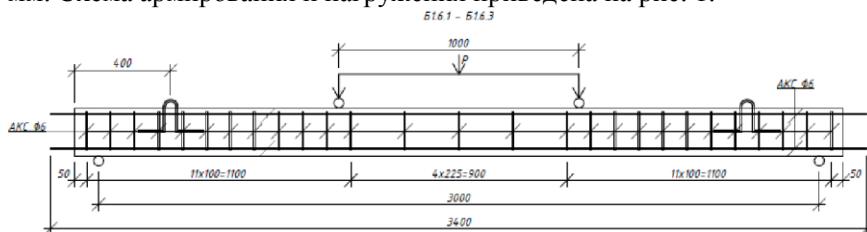


Рис. 1. Схема армирования и нагружения балок

Характеристики АКС Ø6: $\sigma_b = 1229,06$ МПа, $E_f = 63453,43$ МПа, $\varepsilon = 19370 \cdot 10^{-6}$ е.о.д., $d_{ном} = 6,07$ мм; характеристики АКС Ø14: $\sigma_b = 1148,11$ МПа, $E_f = 52619,05$ МПа, $\varepsilon = 21819 \cdot 10^{-6}$ е.о.д., $\varepsilon = 21819 \cdot 10^{-6}$ е.о.д. определялись экспериментально. Физико-механические показатели применяемой АКС были не ниже требуемых по ГОСТ 31938-2012 [1]. Призменная прочность бетона при сжатии: 22,26 МПа (в балке Б1.6.1 с АКС Ø6), 45,41 МПа (в балках Б1.6.2, Б1.6.3 с АКС Ø6), 22,10 МПа (в балке Б1.14.1 с АКС Ø14), 23,12 МПа (в балке Б1.14.2 с АКС Ø14), 23,39 МПа (в балке Б1.14.3 с АКС Ø14).

В процессе испытания балок определялись предельные нагрузки, деформации АКС и бетона по тензорезисторам, прогибы балок, нагрузки и зоны трещинообразования, ширина раскрытия трещин, время прохождения ультразвуковых колебаний в зонах образования и развития трещин. Нагружение балок осуществлялось поэтапно, равными ступенями нагрузки до процесса трещинообразования с выдержками нагрузки и регистрацией параметров на каждой ступени. Первые трещины в балке Б1.6.2 с АКС Ø6 обнаруживались в зоне чистого изгиба при нагрузке 4,0 кН, что составляет 16% от предельного значения. В дальнейшем образование трещин отмечалось ближе к зоне передачи внешнего усилия. Активный рост и раскрытие трещин наблюдались до нагрузки 6,0 кН. Последующее нагружение вызывало только раскрытие

магистральных трещин. При нагрузке 8,0 кН ширина раскрытия наиболее крупных трещин составляла $a_{\text{ср}} = 0,70$ мм. Окончательное разрушение происходило по бетону сжатой зоны и растянутой арматуре.

Характер разрушения балки с АКС Ø6 приведен на рис. 2.

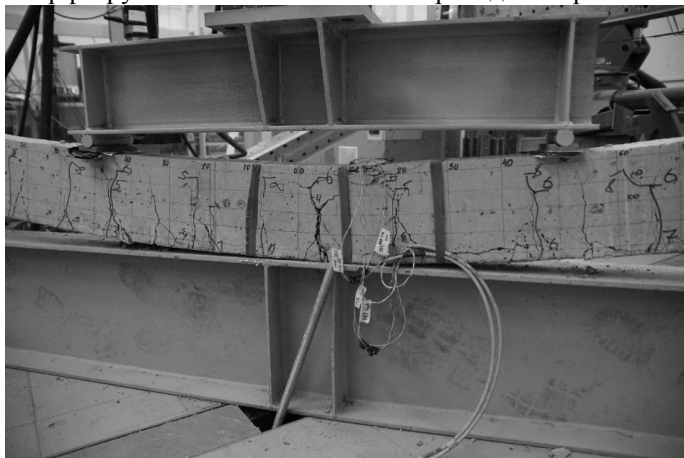


Рис. 2. Характер разрушения балки с АКС Ø6

Разрушение балок Б1.14.2 и Б1.14.3 с АКС Ø14 происходило по бетону при максимальных нагрузках $P = 50,0$ кН и $P = 52,6$ кН соответственно. По длине трещин и характеру разрушения бетона балки Б1.14.2 можно заключить, что высота сжатой зоны бетона перед разрушением составляла не менее $X = 6,0$ см. В результате осмотра балки Б1.14.3 установлено, что высота разрушенной сжатой зоны бетона составляла $X = 6,5$ см.

В балках Б1.14.2 и Б1.14.3 трещины шириной раскрытия 0,05 мм были обнаружены при нагрузках $P = 6,0$ кН и $P = 4,0$ кН соответственно. Максимальные длина и ширина раскрытия трещин для балок Б1.14.2 и Б1.14.3 были зафиксированы для трещин, образование которых происходило позднее этапа нагружения, при котором появились первые трещины. Анализ внутренних усилий по результатам тензометрических измерений на бетоне и арматуре в балках с АКС Ø6 показал, что композитная арматура в верхней зоне балок не воспринимает сжимающие усилия. Деформации в сжатой области бетона значительно превышают упругую составляющую предельных деформаций сжатия бетона. Изгибающий момент внутренней пары сил в сечении балки при нагрузках, близких к предельным, равен моменту от внешней приложенной нагрузки.

Анализ внутренних усилий в балках с АКС Ø14 показывает, что деформации сжатия в верхней арматуре незначительны, поэтому усилие сжатия арматуры не учитывается. Высота сжатой зоны бетона, опреде-

ляемая экспериментально из условия равновесия нормальных усилий сжатого бетона и растянутой арматуры оказывается большей, чем определяемая теоретически для изгибаемых конструкций прямоугольного сечения по СП 295.1325800.2017 [2]. Таким образом фактическая несущая способность балки оказывается выше, чем определяемая по методике СП. В случае определения высоты сжатой зоны по (6.7а) [2], когда площадь растянутой арматуры принимается большей, чем это требуется для того, чтобы высота сжатой зоны бетона не превышала граничную высоту сжатой зоны, предельный изгибающий момент сечения увеличивается, но все еще оказывается несколько ниже, чем экспериментальный. Сравнение экспериментальных результатов и результатов расчёта предельного изгибающего момента приведены в таблице 1. Обозначения в таблице: $M_{вн}$ – изгибающий момент внутренней пары сил в сечении (экспериментальный); M_p – момент от внешнего приложенного усилия на балку, зафиксированный при соответствующем $M_{вн}$; $M_{разр}$ – фактический предельный изгибающий момент; M_{ult} – предельный изгибающий момент по СП [2]; $M_{ult,2}$ – предельный изгибающий момент по СП [2] в случае определения высоты сжатой зоны по (6.7а) для переармированного сечения.

Таблица 1.

Сравнение теоретических и экспериментальных данных

Тип АСК	АКС Ø6			АКС Ø14		
	Б1.6.1	Б1.6.2	Б1.6.3	Б1.14.1	Б1.14.2	Б1.14.3
$M_{вн}$, кН·см	1130	1090	1196	2192	2687	2543
M_p , кН·см	1052	1085	1187	2228	2300	2500
$M_{разр}$, кН·см	1054	1261	1230	2228	2500	2617
M_{ult} , кН·см	1023	1333	1333	–	–	–
$M_{ult,2}$, кН·см	–	–	–	1597	1646	1659

Оптимизация методики расчёта изгибаемых элементов с АКС приведёт к более эффективному и рациональному применению композитной арматуры в бетонных конструкциях.

ИСПЫТАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ АНКЕРОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ В ОБРАЗЦАХ БЕТОНА

Химические анкера широко используются в строительстве для крепления несущих стальных конструкций и вспомогательных стальных элементов, крепления и соединения забетонированной арматуры, восстановления неправильно установленной или отсутствующей арматуры и соединений и при реконструкции зданий и сооружений с возможностью наращивания и усиления железобетонных элементов. Однако на текущий момент нет достаточной нормативной базы для проведения испытаний и расчетов химических анкеров.

Целью данной работы являлась проверка зарубежных методов испытаний химических анкеров для написания проекта ГОСТ на методики и оценку результатов испытаний. За основу при проведении испытаний был взят европейский нормативный документ, регламентирующий применение металлических анкеров в бетоне, ETAG 001 [1]. В рамках работы были проведены испытания химических анкеров с использованием шпилек класса прочности 12.9 (класс прочности определялся по результатам испытаний по ГОСТ ISO 898-1-2014 [2]) диаметром от 8 до 30 мм:

- на вырыв из образцов бетона класса В25 без трещин с препятствием образованию конуса (серия 1);
- на вырыв из образцов бетона класса В15 без трещин с препятствием образованию конуса (серия 2);
- на вырыв из образцов бетона класса В25 с трещинами шириной раскрытия 0,4 мм с препятствием образованию конуса (серия 3);
- на вырыв из образцов бетона класса В15 с трещинами шириной раскрытия 0,4 мм с препятствием образованию конуса (серия 4);
- на вырыв из образцов бетона класса В15 без трещин без препятствия образованию конуса (серия 5);
- на сдвиг в образцах бетона класса В15 (серия 6).

На рис. 1 приведен характер разрушения образцов серий 1-4 – разрушение по границе клеевой состав-бетон. На рис. 2 приведен характер разрушения образцов серии 5 – образование конуса выкалывания. На рисунке 3 приведение характер разрушения образцов серии 6 – разрушение по стали шпильки. Результаты испытаний приведены в таблицах 1 и 2. Обозначения в таблице: d – диаметр анкера; h_{ef} – глубина заделки анкера; N_{um} – предельная нагрузка; σ_{um} – предельное напряжение сцеп-

ления; f_m – перемещение анкера при нагрузке равной $0,5 \cdot N_{um}$, σ_s – напряжение в стали при сдвиге.



Рис. 1. Характер разрушения образцов серий 1-4



Рис. 2. Характер разрушения образцов серии 5



Рис. 3. Характер разрушения образцов серии 6

Таблица 1.

Результаты испытаний химических анкеров на вырыв

Серия	d, мм	h_{ef} , мм	N_{um} , кН	σ_{um} , МПа	f_m , мм
1	8,0	40,0	35,50	35,14	0,55
	12,0	60,0	73,32	32,16	0,54
	20,0	100,0	205,35	32,32	0,66
	30,0	150,0	405,86	28,49	0,72
2	8,0	40,0	34,93	33,89	0,27
	12,0	60,0	60,07	26,55	0,24
	20,0	100,0	124,46	19,50	0,24
	30,0	150,0	287,56	20,34	0,25
3	8,0	40,0	24,06	23,63	0,62
	12,0	60,0	49,41	21,99	0,56
	20,0	100,0	117,14	18,70	0,59
	30,0	150,0	297,61	20,68	0,74
4	8,0	40,0	21,10	20,26	0,34
	12,0	60,0	42,14	18,08	0,33
	20,0	100,0	95,61	14,88	0,38
	30,0	150,0	216,92	15,34	0,29
5	8,0	60,0	26,24	16,69	0,23
	12,0	70,0	37,50	13,66	0,18
	20,0	90,0	54,98	9,40	0,12
	30,0	120,0	78,65	6,81	0,09
6	8,0	80,0	18,10	481,25	0,69
	12,0	120,0	42,34	524,31	1,60
	20,0	200,0	125,89	532,68	2,91
	30,0	300,0	307,01	564,27	5,28

Результаты испытаний, приведенные в статье, легли в основу разработки проекта ГОСТ Р Анкеры клеевые для крепления в бетон. Методы испытаний. В дальнейшем планируется проведение более широкого спектра испытаний химических анкеров, в том числе испытаний на воздействие низких и высоких температур, воздействие агрессивных сред и длительных испытаний по определению ползучести.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ETAG 001. Metal anchors for use in concrete
2. ГОСТ ISO 898-1-2014. Механические свойства крепежных изделий из углеродистых и легированных сталей. Часть 1.

УСТАЛОСТНАЯ ПРОЧНОСТЬ ЛИСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

На заседаниях Правительства РФ каждый раз уделяется большое внимание ускорению развитию Арктического пространства, в пределах которого планируется создание крупнейшей сырьевой базы в мире. Одним из важных элементов данной задачи является строительство в трудных инженерно-геологических условиях объектов транспорта, мостов, переходов, резервуаров, газгольдеров и прочих сооружений из легких листовых материалов, которые производятся методом экструзии в том же числе. Данные условия эксплуатации и возведения строительных объектов заставляют смотреть в сторону повышения износостойкости, повышения требований к работе материалов в отрицательных температурах и значительного облегчения конструкций.

К решению данной задачи необходимо привлекать максимально индустриальные подходы изготовлению изделий и возведению из данных изделий конструкции. В данной статье рассматриваются испытания образцов алюминиевых сплавов 1915Т при различном НДС. Алюминиевый сплав выбран из-за снижения стоимости транспортировки (малый вес изделий), снижена стоимость эксплуатационных расходов во время жизненного цикла объекта и капитальных ремонтов объекта. Кроме того, долговечность (коррозионностойкость) позволяет увеличить срок службы объектов до 6 раз [1]. Отличительной и очень важной особенностью является свойство сохранять и в ряде случаев увеличивать свои показатели (прочности и модуля упругости) при работе в отрицательных температурах. Особенностью эксплуатации транспортных объектов является циклический характер прикладываемых нагрузок (при прохождении транспорта, колебаний температуры и т.д.). Как известно при циклическом деформировании металлов в зонах концентраторов происходит усталостное разрушение от нагрузок, которые при статическом нагружении не являются предельными. Практика обследований конструкций показывает, что поверхностные трещины не влияют на несущую способность, а время до опасного размера может составлять значительную часть полезного срока службы зданий. Данные знания необходимы для утонения методики оценки усталостной прочности строительных конструкций.

Результаты прочностных испытаний образцов, выполненных из сплава 1915Т. Испытания образцов производились с помощью системы для измерений параметров испытаний серии 8800, тип 8802 с датчиком

силы №64726 (до 250кН), системы для измерений параметров испытаний серии SATEC, тип 1000HDX (до 1000кН) и преобразователя перемещения серии 2600, тип 2630-106. Результаты отражены в табл. 1.

Таблица 1.

Результаты испытаний образцов на растяжение.

Номер образца	Маркировка образца	Площадь поперечного сечения (мм ²)	Модуль упругости при растяжении (МПа)	Предел текучести (МПа)	Временное сопротивление (МПа)
1	1	289,06	93603,06	258,31	364,56
2	2	284,21	88311,04	259,17	363,52
3	3	288,12	85254,16	253,72	353,80
4	4	283,24	89498,06	254,51	358,84
5	5	294,00	90349,44	253,93	356,19
6	6	291,06	75314,02	251,74	357,55
Среднее значение:			87054,96	255,23	359,08
Среднеквадратичное отклон.:			6361,92	2,89	4,21
Коэффициент вариации (%):			7,31	1,13	1,17

Результаты усталостных испытаний отражены на рис. 1 и в табл. 2.

Таблица 2.

Результаты испытаний на усталость при отнулевом цикле

Номер образца	Минимальное усилие цикла (кН)	Максимальное усилие цикла (кН)	Максимальное напряжение цикла (МПа)	Кол-во циклов до разрушения
0	-	-	359,08	1
1	1,0	58,8	300	37 942
2	1,0	47,8	250	166 558
3	0,8	48,5	250	178 437
4	0,6	38,8	200	590 742
5	0,6	38,8	200	607 300
6	1,0	34,0	175	1 207 188
7	0,6	31,2	162,5	3 384 489
8	1,0	28,8	150	>1000000
9	0,5	29,3	150	>1000000

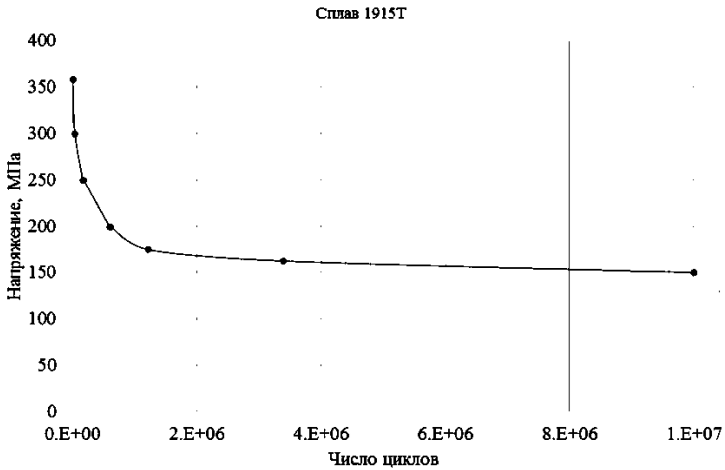


Рис. 1. Усталостная кривая при отнулевом цикле

Наиболее интересными являются испытания образцов с концентратором напряжений на усталость, результаты представлены в табл. 3 и на рис. 3.

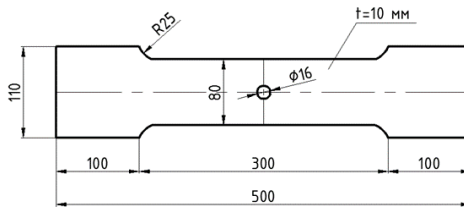


Рис. 2. Схема образца

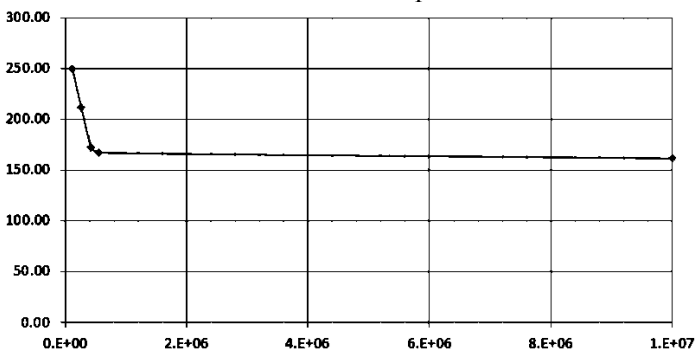


Рис. 3. Усталостная кривая при отнулевом цикле

Таблица 3.

Результаты испытаний на усталость при отнулевом цикле

Но- мер об- раз- ца	Мини- мальное усилие цикла (кН)	Макси- мальное усилие цикла (кН)	Макси- мальное напряже- ние цикла (МПа)	Количе- ство цик- лов до появления трещины	Кол-во циклов до разруше- ния
1	1,0	65,0	250,0	120 000	153 896
2	1,0	55,0	211,54	266 000	344 497
3	1,0	45,0	173,08	479 000	544 254
4	1,0	45,0	173,08	426 700	594 142
5	1,0	43,5	167,31	550 000	807 000
6	1,0	42,0	161,54	>10 000 000	-

В результате испытаний образцов на растяжение получены следующие результаты:

модуль упругости при растяжении – 87054,96 МПа

предел текучести – 255,23 МПа

временное сопротивление 359,08 МПа

В результате испытаний образцов на усталость получена усталостная кривая при отнулевом цикле (рис. 1), $\sigma_0 = 150$ МПа.

В результате испытаний образцов с концентратором напряжений на усталость получена усталостная кривая при отнулевом цикле (рис. 4), $\sigma_0 = 161,54$ МПа

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алюминиевые сплавы. Состав, свойства, технология, применение. Справочник. Киев. 2005
2. Протоколы испытаний НИИ ЭМ НИУ МГСУ
3. ГОСТ 8617-81 Профили прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТОВ ЗДАНИЯ ЗАЩИЩЕННОГО ПУНКТА УПРАВЛЕНИЯ НА СЕЙСМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ УРОВНЯ МРЗ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЯМОГО ДИНАМИЧЕСКОГО И ЛИНЕЙНО-СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДОВ

Землетрясение — подземные толчки и колебания земной поверхности. Согласно современным взглядам, землетрясения отражают процесс геологического преобразования планеты. Колебания от землетрясений передаются в виде сейсмических волн. Поведение земных поверхностей и сооружений, созданных человеком во время «подземной грозы» изучает сейсмология.

Сейсмический расчет конструкции условно разделен на 4 этапа:

1. задание исходных данных, в том числе и сейсмических;
2. определение инерционных сейсмических нагрузок или перемещений конструкции;
3. вычисление внутренних усилий в конструкции;
4. оценка сейсмостойкости (прочности, работоспособности и т.д.) конструкции.

В моей работе будет выполнен расчет здания защищенного пункта управления (ЗПУ) входящей в состав объектов ядерной энергетики. Расчет будет выполнен в программном комплексе ANSYS прямым динамическим и спектральным методами.

Целью расчета является определение отклика конструкции (перемещений, ускорений, внутренних усилий и проч.) на сейсмическое возмущение.

При прямом динамическом методе расчета в качестве начальных условий используются записи сейсмических движений грунта, законы колебаний которых задаются тремя компонентами: двумя ортогональными горизонтальными и вертикальной.

В результате выполнения расчета обоими методами будут получены внутренние усилия в элементах конструкции (перемещения, моменты, поперечные и продольные силы и т.п.). Результаты полученные прямым динамическим и спектральными методами будут сопоставлены между собой и будут сделаны соответствующие выводы.

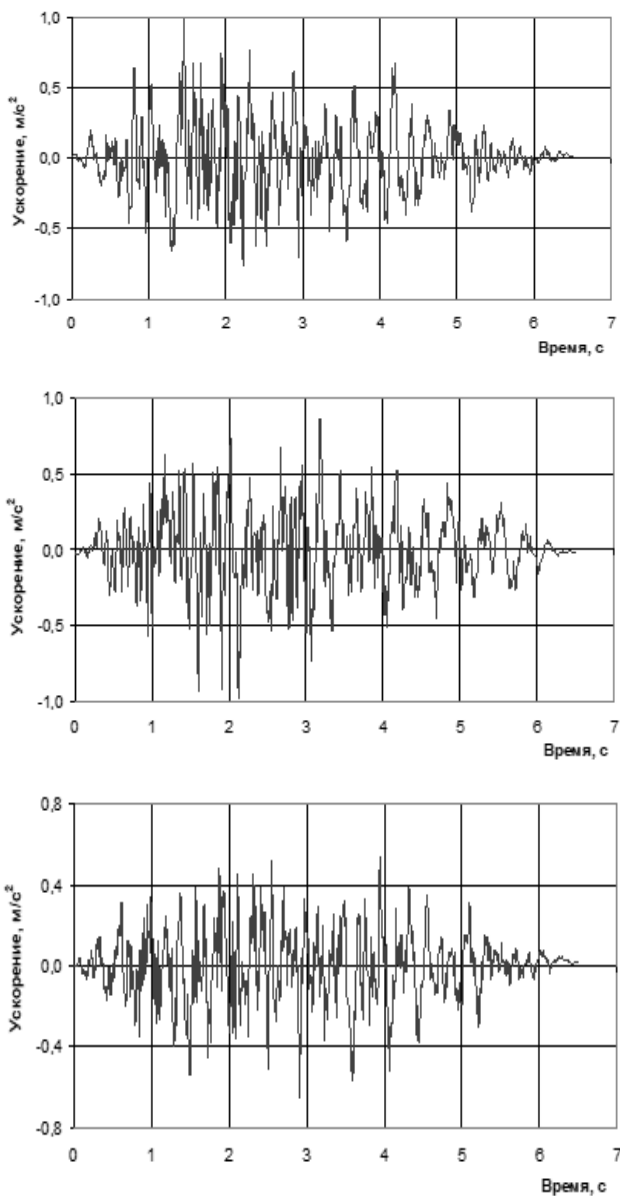


Рис.1 Трехкомпонентная акселерограмма расчетного землетрясения
Для спектрального метода расчета исходное сейсмическое воздействие задается в виде спектров отклика (зачастую спектров ускорений).

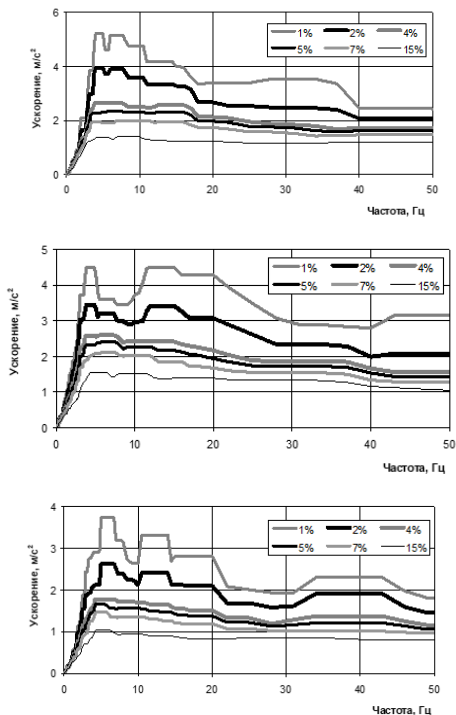


Рис.2 Спектры реакции на свободной поверхности площадки при максимальном расчетном землетрясении

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Медведев С.В., Карапетян Б.К., Быховский В.А.* Сейсмические воздействия на здания и сооружения. М.: Стройиздат, 1968
2. *Поляков С.В.* Проектирование сейсмостойких зданий. М.: Стройиздат, 1970
3. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах СНиП II-7-81*
4. *Гутенберг Б.* Основы сейсмологии. – М.: ОНТИ, 1938
5. *Саргсян А.Е.* Динамика и сейсмостойкость сооружений атомных станций / А. Е. Саргсян; ОАО "Атомэнергопроект". - Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ

ИСПЫТАНИЕ ДЮБЕЛЬ-ГВОЗДЕЙ В ОБРАЗЦАХ СТАЛИ РАЗЛИЧНОЙ ТОЛЩИНЫ

В современной строительной отрасли всё чаще переходят к упрощению монтажа строительных конструкций и систем, что обеспечивает высокие темпы производства конечного продукта использования. Одним из ярких примеров ускорения монтажных работ является дюбель-гвоздь.

Крепёжные элементы представляют собой стержни из углеродистой стали с конусообразной головкой и острым наконечником с насечками с другой стороны для закрепления в стали. Геометрические параметры элементов: диаметр шляпки – 7,4 мм, диаметр ножки 4,5 мм, длина 23,8 и 25,5 мм [1]. Данный тип дюбель-гвоздей применяют для крепления профлиста к стальным конструкциям, сайдинга, перекрытия, крепления стеновых металлических панелей к балкам из конструкционной стали и колоннам, крепление кровельных и напольных металлических листов к балкам из конструкционной стали [2]. Преимуществами данного типа крепления являются: насечки по всей длине обеспечивают надёжную фиксацию в материале, предварительное сверление не требуется даже для тонкой стали, возможность использования на стали толщиной не менее 6 мм, технология имеет мировые сертификаты для использования обшивки стен и устройства перекрытий.

Назначение и допускаемая область применения согласно производителю - это крепление металлических листов (с пределом прочности $R_{un} \geq 270$ МПа) к конструкциям из стали (с пределом прочности $360 \leq R_{un} \leq 630$ МПа) зданий и сооружений различного назначения. Показателями и параметрами, характеризующие надёжность и безопасность продукции-рекомендуемые для выполнения предварительного расчёта количества крепёжных элементов являются величины нормативных сопротивлений срезу V_{rec} – от 4,5 до 8,6 кН, вырыву N_{rec} – от 4,1 до 8,8 кН, из металла толщиной более 3 мм в зависимости от типа крепёжного элемента и толщины прикрепляемого листа металла [3].

Для проведения испытаний было отобрано по три образца для определения соответствия физико-механических характеристик требуемым значениям на вырыв и срез дюбель-гвоздя. Образцы соединений стального листового проката и уголка были скреплены при помощи универсальных дюбель-гвоздей. Временное сопротивление образцов стали присоединяемого листа и базового материала определялось по ГОСТу

1497-84 [4]. Результаты испытаний дюбель гвоздей на вырыв и срез приведены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1.

Результаты испытаний на вырыв дюбель-гвоздя

№ серии	1	2	3
Маркировка	B.X.R 0.7/5	B.X.R 2/5	B.X.R 3/5
Толщина присоединяемого листа (мм)	0,7	2,0	3,0
Толщина базового материала (мм)	5,0	5,0	5,0
N_{\max} (кН)	5,02	13,39	15,45
Вр. сопр. стали присоединяемого листа (МПа)	353,77	391,57	449,65
Вр. сопр. стали базового материала (МПа)	476,73	476,73	476,73
Хар-р разрушения	Отрыв листа	Вырыв гвоздя	Вырыв гвоздя

Таблица 2.

Результаты испытаний на срез дюбель-гвоздя

№ серии	1	2	3
Маркировка	C.X.R 0.7/5	C.X.R 2/5	C.X.R 3/5
Толщина присоединяемого листа (мм)	0,7	2,0	3,0
Толщина базового материала (мм)	5,0	5,0	5,0
V_{\max} (кН)	3,11	13,58	14,34
Вр. сопр. стали присоединяемого листа (МПа)	353,77	389,80	449,65
Вр. сопр. стали базового материала (МПа)	426,56	426,56	476,73
Хар-р разрушения	Смятие присоединяемого листа	Вырыв гвоздя	Вырыв гвоздя

На рис. 1 и 2 показаны образцы до и после испытаний на вырыв и на срез соответственно.

Вывод: по результатам проведённых испытаний образцы дюбель-гвоздей соответствуют заявленным техническим характеристикам производителя.

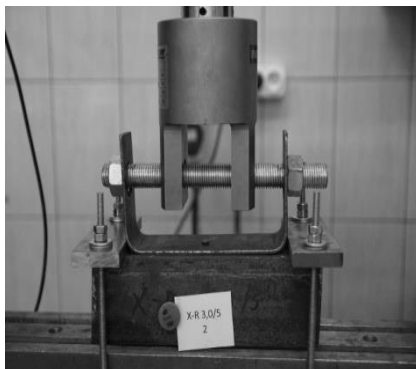


Рис. 1. Испытание на вырыв дюбель-гвоздя



Рис. 2. Испытание на срез дюбель-гвоздя

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Общий допуск органов строительного надзора Z-14.4-766
2. ЕТА-04/0101
3. EN 1993-1-3 «Проектирование стальных конструкций»; EN 10326 «Лента и листы из конструкционных сталей с покрытием, полученным непрерывным способом погружения в расплав. Технические условия поставки»
4. ГОСТ 1497-84 «Металлы. Методы испытаний на растяжение»

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Уникальные здания и сооружения относятся к особо ответственным, значит, они нуждаются в более частом контроле технического состояния, требующим больших затрат и труда. К таким объектам применяют особенные способы, методы и технические средства для начального выявления мест с изменением напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций. Одним из них является метод, основанный на измерении частоты собственных колебаний (ЧСК). Процесс контроля изменения ЧСК и других динамических параметров зданий и сооружений носит название сейсмометрического мониторинга. Метод определяет общий характер изменения технического состояния, расчетной схемы, жесткости и массы сооружения.

Первоначально, метод контроля частот свободных колебаний нашел широкое применение при контроле простых изделий на производстве. Однако, с развитием технологий и средств контроля стало возможным его применение при оценке динамических параметров зданий и сооружений для решения задач сейсмометрического мониторинга.

Различные схемы наблюдений содержат варианты, при которых колебания возбуждаются с помощью искусственных и естественных источников. Контролируемые динамические параметры в помощью низкочастотного края датчиков могут оценивать как изменение технического состояния, так и совместную работу системы «основание – сооружение». Например, при диагностике технического состояния Кронштадтского Морского собора в результате сравнительного анализа его пространственной жёсткости была оценена эффективность использования динамических характеристик. Сравнительный анализ результатов измерений в 2005 и 2009 годах показал стабильность ЧСК по первому тону в продольном направлении (3 Гц) и изменение ЧСК в поперечном на 12%, что свидетельствовало о снижении жёсткости конструкций на 17%. Уменьшение пространственной жесткости вызвано изменениями технического состояния несущих конструкций с 2005 года. На примере свода-оболочки ЖБИ в Санкт-Петербурге также рассмотрим определение динамических характеристик, осуществляющееся методом свободных колебаний в 2004 и 2010 гг.. Измерительные схемы были одинаковые, а оценка состояния

конструкций велась путём сравнения жёсткостных параметров оболочки – значений периодов собственных колебаний.

Опыты обследований показывают, что при уменьшении ЧСК по первой форме можно судить об изменении жёсткости в местах опирания конструкции, а по второй и более высоким формам – об изменении прочности материала, из которого выполнена конструкция.

В результате выяснено, что величины ЧСК оболочки покрытия данных 2004 и 2010 гг. различны в пределах погрешности измерений, что свидетельствует о стабильности технического состояния объекта. (рис. 1.)

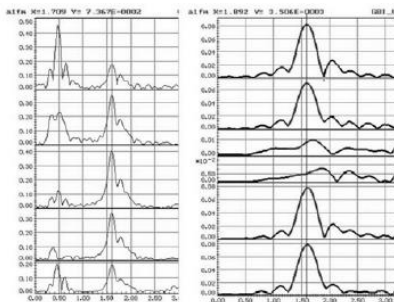


Рисунок 1. Модули спектров колебаний оболочки на частоте 1,59 Гц (2004 г.) и 1,60 Гц (2010 г.)

Эффективность применения сейсмометрического мониторинга рассмотрим на примере 157метрового 44этажного жилого дома «Эдельвейс». На объекте использована стационарная станция контроля. Источником колебаний выступили действующие постоянно пульсации атмосферного давления.

На рис. 2 изображен временной ход значений ЧСК основного тона объекта (0,54 и 0,72 Гц в различных направлениях осей плана).

Уменьшение значений собственных колебаний с течением времени (примерно 0,015 Гц за год) связано с постепенным заселением жилого дома [2].

В диапазоне до 1 Гц (обычно до 0,8 Гц) лежит основной тон высотныхзданий, а регистрация частот, превышающих 30 Гц нецелесообразна. Метод свободных колебаний не локализирует места изменения НДС конструкций здания, но прост в использовании и хорош тем, что на выполнение не требует большого числа вложений. Изменение ЧСК может указать на недостаточный учёт воздействий (силовых, температурных, ветровых и др.) на отдельные конструкции зданий и сооружений и значительные отклонения от действующих норм.

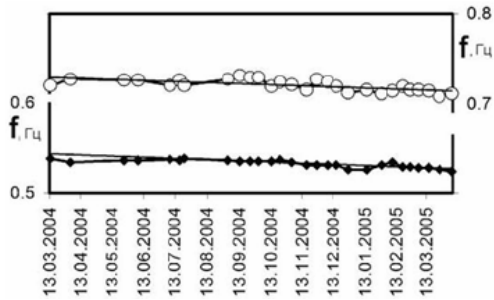


Рис. 2. Изменение ЧСК основного тона колебаний здания «Эдельвейс» в горизонтальной плоскости (в осях X -черный маркер, Y - белый маркер)

Проведение сейсмометрических измерений в совокупности с классическими методами повышает достоверность и объективность оценки технического состояния объекта.

Опыт применения метода показывает эффективность измерения динамических параметров с помощью мониторинга зданий и сооружений, однако для единой оценки общего состояния одного этого метода недостаточно. В соответствии с [1] необходимо регистрировать такие параметры, как периоды, декременты собственных колебаний основного тона, обертоны и передаточные функции исследуемых объектов.

Но в сравнении с обычными зданиями, эффективность метода при контроле высотных сооружений снижается в связи с уменьшением вклада НДС в значения логарифмических декрементов и периодов колебаний при увеличении этажности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 53778–2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М. : Стандартинформ, 2010. 62 с.
2. Леденёв В. В., Ярцев В.П. Обследование и мониторинг строительных конструкций зданий и сооружений. Тамбов Издательство ФГБОУ ВО «ТГТУ» 2017. 253с.

АВАРИЙНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ СИТУАЦИИ ДЛЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ

В современном мире с развитием технологий в строительстве и проектировании, а также с ростом зависимости безопасности людей от качества и надёжности зданий и сооружений, появилась необходимость учёта возможности аварий природного, техногенного и антропогенного характера при их расчёте. Главным нежелательным последствием таких аварий является прогрессирующее обрушение.

Прогрессирующее обрушение - последовательное (цепное) разрушение несущих строительных конструкций, приводящее к обрушению всего сооружения или его частей вследствие начального локального повреждения [1].

Термин “прогрессирующее обрушение” (progressive collapse) впервые прозвучал в 1968 г. в докладе комиссии, расследовавшей причины аварии 22-этажного панельного жилого дома “Ронан Поинт” в Лондоне.



а



б



в

Рис.1 Примеры аварий, приведших к прогрессирующему обрушению
а) «Ронан Поинт», Лондон, 1968г. (взрыв газа)
б) Жилой дом, Ижевск, 2017г. (взрыв газа)
в) Башни ВТЦ, Нью-Йорк, 2001г. (удар самолёта, теракт)

Взрыв газа в квартире на восемнадцатом этаже разрушил опорную стеновую панель. Вышележащие конструкции, оставшись без опоры, обрушились. Вследствие ударов от падающих конструкций и дополнительной нагрузки от обломков разрушились и нижележащие конструкции. В итоге отказ одного элемента вызвал обрушение части здания

непропорционально большего объема, чем объем связанных с разрушившимся элементом конструкций.

После публикации доклада во многих развитых странах были начаты исследования этого явления, и к концу 70-х годов анализ различных средств по защите от прогрессирующего обрушения зданий и сооружений различных конструктивных систем с учетом экономических аспектов был завершен. Выводы, которые получили разные исследователи, и последующие изменения норм проектирования в ряде стран (в основном это были западноевропейские государства) оказались похожи [2].

Существующие подходы к расчёту:

1) Добавочная прочность (СНиП)

Реализуется коэффициентом надежности по ответственности (0,95..1,2). Все элементы в конструкции проектируются с резервом прочности до 120%.

2) Увеличение связности конструкции (EN, UFC)

Горизонтальные связи должны быть выполнены непрерывно по периметру и внутри каждого перекрытия. В рамных конструкциях колонны и несущие стены рассчитываются на особую растягивающую нагрузку, которая равна максимальной нагрузке от перекрытия одного этажа.

3) Альтернативный путь (MГСН, NYBC, GSA, UFC)

«Условно» убираются ключевые элементы: один элемент за один расчет. Конструкция проектируется с учетом переноса нагрузок с убранных на другие конструктивные элементы.

4) Локальная прочность (NYBC, EN)

Расчет ключевых элементов на различные варианты дополнительной нагрузки.

Обобщённо принцип расчёта на устойчивость конструкции прогрессирующему обрушению можно изложить следующим образом. В расчетной схеме поочередно удаляются несущие (или иные ключевые) элементы (колонна, часть стены, балка, участок перекрытия) и производится расчет изменённой схемы по первой группе предельных состояний. Учитывается геометрическая и физическая нелинейность процесса.

Существует три метода расчёта:

- 1) Статический
- 2) Квазистатический (с учетом коэффициента динамичности)
- 3) Динамический

В отечественной практике с 1968 г. термин «прогрессирующее обрушение» и мероприятия по защите от него упоминаются в различных

нормативных документах (СНиП, «Рекомендации по защите зданий от прогрессирующего обрушения», МГСН, МДС, ГОСТ, СП).

По законодательству РФ необходим расчёт на прогрессирующее обрушение для всех объектов повышенного уровня ответственности и для общественных зданий и сооружений нормального уровня ответственности. [3][4]

На мой взгляд, можно выделить 3 направления, требующих развития в современной отечественной методике анализа аварийного воздействия и методике расчета на устойчивость прогрессирующему обрушению:

1. Взаимодействие проектных организаций с другими ведомствами и структурами при выборе методики расчёта, что важно для корректного прогнозирования и составления картины возможного аварийного воздействия.

2. Разработка явного критерия оценки экономической эффективности применяемых методов расчета, а именно зависимости снижения вероятности причинения вреда человеческому здоровью/имуществу к удорожанию проектирования-строительства

3. Разделение уровня ответственности не только в масштабах здания или сооружения, но и в масштабах отдельных помещений и блоков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения» Россия, 2015

2. «Непропорциональное разрушение. Сравнение методов расчёта». ООО «Грачев и партнеры», Екатеринбург, Россия, 2010

3. 384-ФЗ, статья 16, часть 6 (3)

4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1047-р, п. 91 (4)

ИСПЫТАНИЯ АНКЕРНОГО КРЕПЕЖА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В УСЛОВИЯХ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Сейсмическое воздействие на сооружение характеризуется усилиями и перемещениями разнообразной природы. С точки зрения расчёта, вынужденные ускорения точек сооружения являются основными внешними нагрузками, которые необходимо учитывать при проектировании анкерного крепежа. Колебания несущей конструкции вызывают, как показано на рис. 1 отклик и в прикрепляемом анкером оборудовании, что приводит к возникновению переменных растягивающих и срезающих усилий в теле анкерного болта.

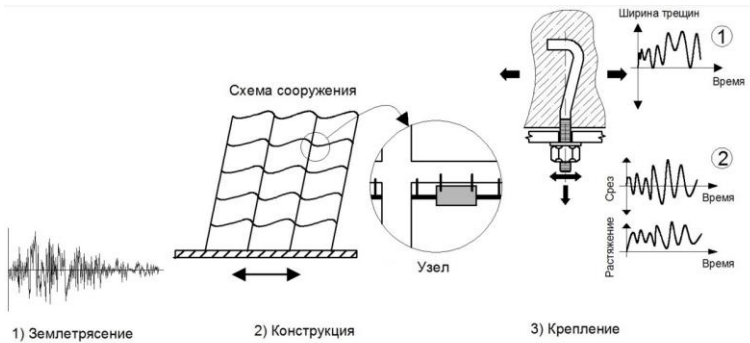


Рис. 1. Схема возникновения усилий на анкерный болт при воздействии землетрясения на сооружение

Колебание грунта, вызванное сейсмической активностью, приводит к колебаниям сооружения с большими амплитудами, числом циклов не более 30. При этом скорость деформаций составляет от 10⁻⁵ до 10⁻² с⁻¹.

Как показано на рис. 1, во время землетрясения, анкерный болт подвергается воздействию комбинированной вертикальной и горизонтальной нагрузок. Рассматриваем испытание с приложением горизонтальной нагрузки на сдвиг. При подготовке к проведению испытания анкерного крепежа для объектов атомной энергетики в образце образуют и раскрывают трещину. Затем анкер подвергают синусоидальной нагрузке на сдвиг, указанной на рис. 2 с частотой цикла не более чем 0,5 Hz, где V_{max} задано уравнением (1).

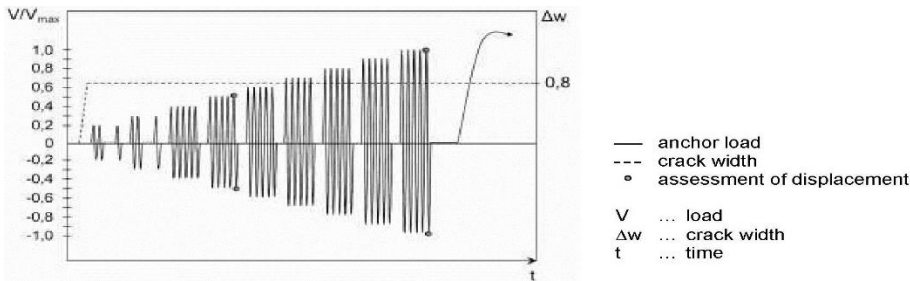


Рис. 2. Схема процедуры испытаний

$$V_{max} = 0.85 * V_{u,m} \left(\frac{f_{u,c,2.2}}{f_{u,c,2.2}} \right) \quad (1)$$

где $V_{u,m,c}$ - значение мощности сдвига из исходных испытаний [N]; $f_{u,c,2.4}$ - высшее значение предела прочности стали анкера, используемого в испытаниях [N/mm²]; $f_{u,c,2.2}$ - высшее значение предела прочности анкера, используемого в испытаниях [N/mm²].

Нагрузка должна применяться параллельно направлению трещины. Чтобы уменьшить вероятность неконтролируемого скольжения во время изменения нагрузки, приближение двух полу-синусоидальных циклов нагрузки на требуемой частоте, связанное с пониженной скоростью, увеличение нагрузки (см. рис. 3б) или просто треугольные циклы нагрузки (см. рис. 3в) могут быть использованы вместо синусоидальных циклов (см. рис. 3а). Ширина щели должна находиться под контролем в течение всего цикла испытаний.

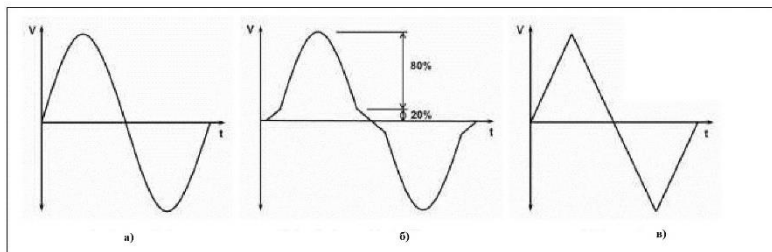


Рис. 3. Допустимый цикл сейсмического сдвига

В течение моделирования цикла сейсмического сдвига записывается ширина трещины, смещение анкера и примененная нагрузка на сдвиг. Как показывают результаты исследований, при циклическом нагружении анкерного болта при уровнях внешней нагрузки не превышающей предельной разрушающей, разрушения анкерного крепежа не происходит, что проиллюстрировано графиками на рис. 4. Более того, поведе-

ние анкерного болта после снятия циклической нагрузки не сильно отличается от поведения анкерного болта при статически приложенной нагрузке.

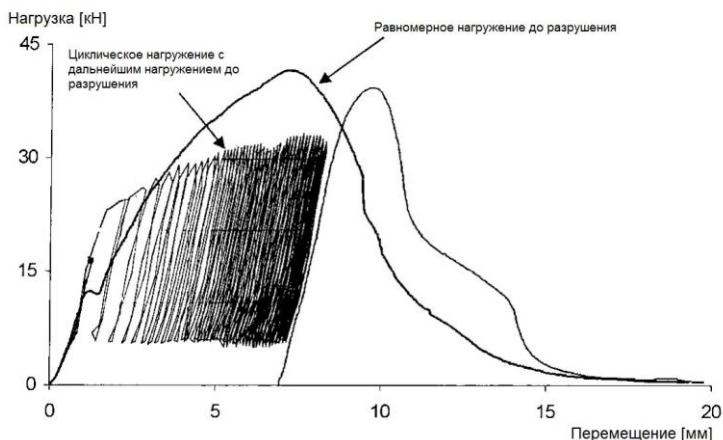


Рис. 4. Влияние циклического нагружения на поведение анкеров в бетоне с трещиной (предельная нагрузка – разрушение по бетону)

Основываясь на материалах экспериментальных исследований можно установить, что влияние трещин в бетоне на несущую способность анкерных болтов при действии на них ассиметричной циклической горизонтальной нагрузки (одного знака) вне зависимости от угла между плоскостью трещины и вектором приложенной нагрузки сопоставимо с результатами испытаний на статическую горизонтальную нагрузку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Корпорация Hilti* HILTI Руководство по анкерному крепежу выпуск 2013
2. ETAG 001 2013г.

Студент 5 курса 2 группы ИСА **Можжаев Е.А.** ,
 Студентка 5 курса 2 группы ИСА **Черкасова Д.А.**
 Научный руководитель – проф., док. техн. наук, доц. **В.В. Филатов**

РАСЧЕТ ПЛАСТИНЫ НА ПОПЕРЕЧНУЮ НАГРУЗКУ В ВИДЕ ТРЕУГОЛЬНОЙ ПРИЗМЫ

Цель исследования: оценить возможность замены нагрузки в виде треугольной призмы на ступенчато изменяющуюся равномерно распределенную нагрузку при расчете прямоугольной пластины.

Дифференциальные уравнения поперечного изгиба тонкой изотропной плиты, записанные в безразмерном виде [1]:

$$\frac{\partial^2 m}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 m}{\partial \eta^2} = -p; \tag{1}$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial \eta^2} = -m; \tag{2}$$

$$\text{где } \xi = \frac{x}{a}; \eta = \frac{y}{a}; m = \frac{M}{q_0 a^2}; M = \frac{M_x + M_y}{1 + \mu}; p = \frac{q}{q_0}; w = \frac{WD}{q_0 a^2}$$

q_0 - интенсивность нагрузки в какой-либо точке; μ - коэффициент Пуассона; D - цилиндрическая жесткость; a - сторона плиты; W - прогиб.

При отсутствии разрывов функции m и ее первой производной на равномерной квадратной сетке уравнение, аппроксимирующее (1) обобщенным уравнением МКР, запишется в виде:

$$m_{i-1,j} + m_{i,j-1} - 4m_{ij} + m_{i,j+1} + m_{i+1,j} = -\frac{h^2}{4}(p_{ij}^I + p_{ij}^{II} + p_{ij}^{III} + p_{ij}^{IV}) \tag{3}$$

Аналогично, уравнение, аппроксимирующее (2):

$$w_{i-1,j} + w_{i,j-1} - 4w_{ij} + w_{i,j+1} + w_{i+1,j} = -h^2 m_{ij} \tag{4}$$

Уравнения (3) и (4) записываются для всех внутренних точек расчетной сетки и решаются с учетом краевых условий [2]. При этом контурные точки не используются.

В качестве примера приведены численный расчет квадратной пластины на 2х сетках при $h = \frac{1}{4}$; $h = \frac{1}{8}$ и сравнение с аналитическим решением [1] и решением МКЭ, полученным для нагрузки, распределенной по треугольной призме.

Схема нагружения плиты (заданная нагрузка представлена пунктирной линией; заменяющая ее ступенчатая – сплошной) представлена на рис. 1.

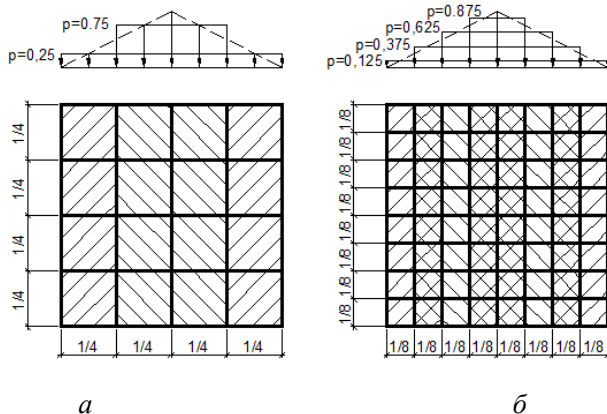


Рис. 1 Схема нагружения плиты:

а) на сетке с шагом $h = \frac{1}{4}$, б) на сетке с шагом $h = \frac{1}{8}$.

Для иллюстрации алгоритма ниже представлены уравнения типа (3) и (4) для точек на сетке с шагом $h = \frac{1}{4}$. По краям пластина закреплена шарнирно ($m=w=0$). Нагрузка является симметричной, что позволяет решить задачу, записав (3), (4) только для расчетных точек 11, 12, 21, 22 (см. рис.2).

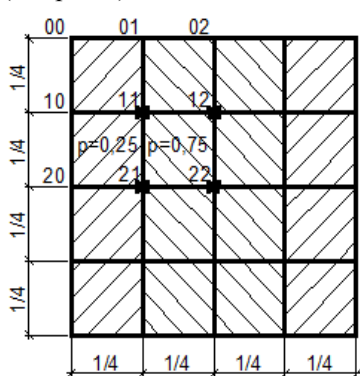


Рис. 2 Расчетная схема плиты

т.11

$$-4m_{11} + m_{12} + m_{21} = -\frac{1}{4^2 \cdot 4} (0,25 \cdot 2 + 0,75 \cdot 2)$$

$$-4w_{11} + w_{12} + w_{21} = -\frac{1}{4^2} m_{11}$$

т.12

$$2m_{11} - 4m_{12} + m_{22} = -\frac{1}{4^2 \cdot 4} (4 \cdot 0,75)$$

$$2w_{11} - 4w_{12} + w_{22} = -\frac{1}{4^2} m_{12}$$

т.21

$$2m_{11} - 4m_{21} + m_{22} = -\frac{1}{4^2 \cdot 4} (0,25 \cdot 2 + 0,75 \cdot 2)$$

$$2w_{11} - 4w_{21} + w_{22} = -\frac{1}{4^2} m_{21}$$

т. 22

$$2m_{12} + 2m_{21} - 4m_{22} = -\frac{1}{4^2 \cdot 4} (4 \cdot 0,75)$$

$$2w_{12} + 2w_{21} - 4w_{22} = -\frac{1}{4^2} m_{22}$$

Результаты расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение результатов расчета

	Аналитическое решение	МКЭ ($h = \frac{1}{8}$)	МКР ($h = \frac{1}{4}$)	МКР ($h = \frac{1}{8}$)
Прогиб в центре пластины	0,00263	0.002668	0,002472	0,002591
Погрешность (в сравнении с аналитическим решением), %	-	2,89	6,01	1,5

Анализируя приведенное решение, можно сделать вывод: использование обобщенных уравнений метода конечных разностей, учитывающих разрывы распределенной нагрузки, позволяет моделировать различные виды неравномерной нагрузки, в том числе, распределенной по треугольной призме. Уже при шаге сетки $h = \frac{1}{8}$ погрешность решения по сравнению с аналитическим составляет 1,5 %, что является достаточным для обеспечения инженерной точности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Войновский-Кригер С., Тимошенко С.П.* Пластины и оболочки пер. с англ. М., Наука, 1966. 635 с.
2. *Габбасов А.Р., Габбасов. Р.Ф., Филатов В.В.* Численное построение разрывных решений задач строительной механики. –М.: АСВ, 2008

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОННЫХ КОЛОНН, АРМИРОВАННЫХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ

Эффективность армирования несущих бетонных элементов определяется показателями прочности, трещиностойкости и деформативности [1,2]. Были проведены испытания для определения данных показателей, опирающиеся на методику испытания бетонных призм на сжатие в ГОСТ 24452-80 [3]. По результатам осмотра поверхностей разрушения было установлено, что в каждом из шести испытаний наблюдалась типичная картина деструкции при равномерном центральном нагружении колонны (рис. 1).



Рис. 1. Чертежи каркасов колонн



Рис. 2. Характер разрушения колонн

Влияние армирования на прочность оценивалось по коэффициенту увеличения прочности армированной колонны в сравнении с прочностью колонны без армирования (К.Б-А). При этом учитывались различия в призмной прочности бетона, которая определялась по результатам испытания образцов бетона (табл. 1). Отношение призмной прочности бетона R_b колонны без армирования к призмной прочности бетона $R_{ба}$ армированной колонны являлось корректирующим коэффициентом K_1 к определению коэффициента K увеличения прочности за счет армирования (табл. 2).

$$K = K_1 \cdot K_2,$$

где: $K_1 = \frac{R_b}{R_{ба}}$; $K_2 = \frac{R_{ка}}{R_k}$; $R_{ка}$ – прочность армированной колонны; R_k – прочность бетонной колонны.

Таблица 1.

Результаты испытаний колонн на сжатие

Маркировка колонны	Призменная прочность бетона $R_b, R_{бк}, \text{МПа}$	Коэффициент Пуассона колонны μ	Модуль упругости колонны $E, \text{МПа}$	Разрушающее усилие $P, \text{кН}$	Прочность колонны, $R_{кв}, \text{МПа}$
К.4Ø10-50-1	22,4	0,18	29362	670,50	29,80
К.4Ø10-50-2	27,8	0,16	28279	652,28	28,99
К.4Ø10-100-1	20,1	0,20	24410	501,53	22,29
К.4Ø10-100-2	20,1	0,20	25681	538,88	23,95
К.8Ø10-50-1	26,2	0,17	29039	721,58	32,07
К.Б-А-1	20,1	0,20	27599	511,65	22,74

Таблица 2.

Определение коэффициента увеличения прочности

Маркировка колонны	i	Отношение призменной прочности бетонов $K_1 = R_{бк}/R_{б1}$	Отношение прочности колонн $K_2 = R_{кв}/R_{к6}$	Коэффициент увеличения прочности K	Коэффициент увеличения прочности $K_{ср}$
К.4Ø10-50-1	1	0,90	1,31	1,18	1,05
К.4Ø10-50-2	2	0,72	1,28	0,92	
К.4Ø10-100-1	3	1,00	0,98	0,98	1,03
К.4Ø10-100-2	4	1,00	1,05	1,05	
К.8Ø10-50-1	5	0,77	1,43	1,10	1,10
К.Б-А	6	1	1	1	1

Начало микротрещинообразования является первой параметрической точкой зависимостей объемных деформаций Θ от напряжений σ . Верхней границей трещинообразования или второй параметрической точкой σ_T^V является напряжение, при котором объемные деформации $\Theta = 0$. По данным зависимости объемных деформаций от напряжений (табл. 3) установлено, что при всех вариантах армирования трещиностойкость бетона колонн повышается. Относительные напряжения на верхней (σ_T^V/R – отношение напряжения второй параметрической точки к прочности) и нижней (σ_T^0/R – отношение напряжения первой параметрической точки к прочности) границах трещинообразования составляют для колонн (табл. 4):

$$\text{К.Б-А} - \sigma_T^0/R = 0,41; \sigma_T^V/R = 0,73;$$

$$\text{К.4Ø10-50} - \sigma_T^0/R = 0,91 > 0,41 (122,0\%); \sigma_T^V/R = 1,00 > 0,73 (37,0\%);$$

$$\text{К.4Ø10-100} - \sigma_T^0/R = 0,84 > 0,41 (104,9\%); \sigma_T^V/R = 0,96 > 0,73 (31,5\%);$$

$$\text{К.8Ø10-50} - \sigma_T^0/R = 0,83 > 0,41 (102,4\%); \sigma_T^V/R = 0,98 > 0,73 (34,2\%).$$

Таблица 3.

Пределные продольные и поперечные деформации

Маркировка	i	$\varepsilon_{прл}/\varepsilon_{прб}$	$\varepsilon_{попл}/\varepsilon_{попб}$
К.4Ø10-50-1	1	0,43	0,11
К.4Ø10-50-2	2	0,44	0,11
К.4Ø10-100-1	3	0,37	0,14
К.4Ø10-100-2	4	0,47	0,14
К.8Ø10-50-1	5	0,49	0,20
К.Б-А	6	1	1

Таблица 4.

Напряжения на границах трещинообразования

Маркировка	i	$\sigma_{т}^{\circ}/R$	$\sigma_{т}^v/R$
К.4Ø10-50-1	1	0,91	1,00
К.4Ø10-50-2	2	0,91	1,00
К.4Ø10-100-1	3	0,84	0,96
К.4Ø10-100-2	4	0,83	0,96
К.8Ø10-50-1	5	0,83	0,98
К.Б-А	6	0,41	0,73

Установлено, что армирование колонн арматурой АСК с поперечными хомутами снижает значения параметров деформативности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лапинов А.Е., Мадатян С.А. Бетонные колонны, армированные стеклопластиковой и базальтопластиковой арматурой // Научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: в 7 томах, М. 2014. 67-77.
2. Лапинов А.Е. Перспективы применения неметаллической композитной арматуры в качестве рабочей ненапрягаемой в сжатых элементах // Вестник МГСУ №10-2015, М. 96-105.
3. ГОСТ 24452-80. Бетоны. Методы определения призмной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона.

Студент 6 курса 3 группы ИСА Парамонов Е.Е.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Уварова Н.Б.

ВЛИЯНИЕ СЕТКИ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ С ОПОРОЙ В ЦЕНТРЕ

Для решения многих задач нужно проводить анализ качества полученных результатов. Расчет на различной сетке конечных элементов позволяет это сделать. В работе исследовался вопрос о том, как изменяется напряженно-деформированное состояние тонкой, изотропной пластинки на упругом основании с колонной в центре, при изменении густоты сетки конечных элементов. Колонна заменялась сосредоточенной силой в центре. Учитывалось то что проверку сходимости следует проводить на примерах наиболее похожих на практически реализуемую конструкцию. А также эти задачи должны иметь точное решение. Для расчетов использовался программный комплекс *SCAD Office 21.1*. Принимаем следующие исходные данные: размер пластинки - $0.2 \times 2 \times 2$ м; упругое основание – модель Е. Винклера, равномерный коэффициент постели 100 т/м; материал пластинки – бетон В40; нагрузка – сосредоточенная сила в центре равная 1000 т. Стоит отметить, что в модели упругого основания Е. Винклера зависимость между реактивным отпором основания и осадкой его поверхности предполагается линейной.

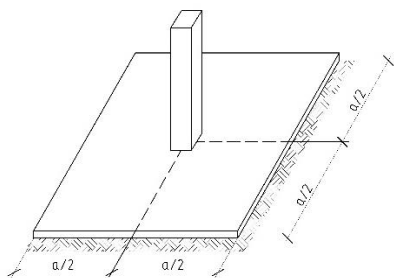


Рис 1. Схема конструкции.

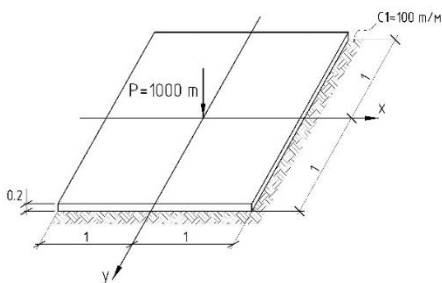


Рис 2. Расчетная схема.

Были проведены сопоставительные расчеты при пяти сетках конечных элементов – 2×2 , 4×4 , 10×10 , 50×50 , 100×100 .

Результаты представлены в виде графиков изменения рассматриваемой величины в центральной зоне. Причем, в силу симметрии, графики прогибов и изгибающих моментов имеют начало в точке с координатами центра пластинки, а перерезывающей силы из точки максимальных значений.

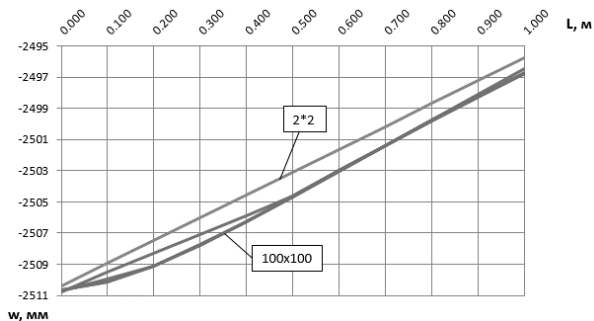


Рис 3. Эпюра прогиба в центральной зоне.

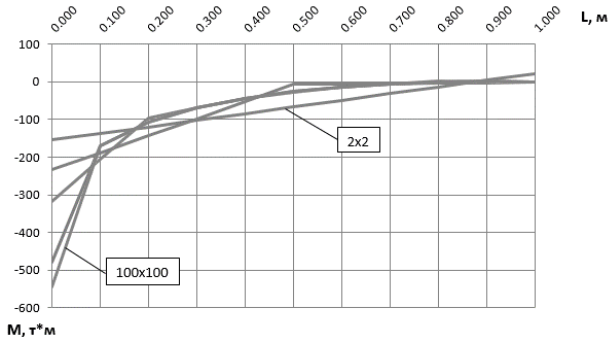


Рис 4. Эпюра M_x в центральной зоне.

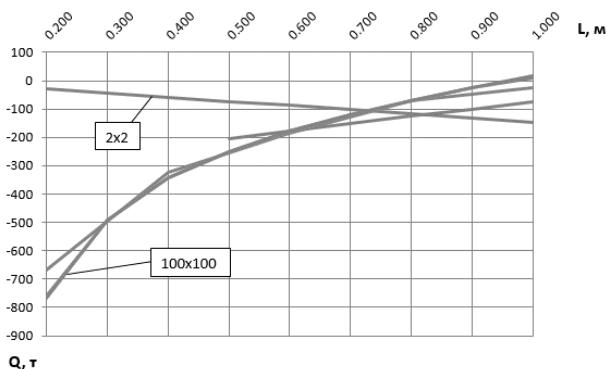


Рис 5. Эпюра Q_x в центральной зоне.

По рис. 3 видно, что значения прогибов при различной сетке меняются не значительно, а при сгущении сетки стремятся к одному значению. Прежде чем перейти к анализу графиков внутренних усилий обратим внимание что такая задача имеет «особенность». Нагрузку можно считать сосредоточенной при малой площади её распределения. На

практике сосредоточенное воздействие встречать не приходится. Если составить выражения для внутренних усилий в рядах и проанализировать их сходимость, видно, что она хуже, чем сходимость ряда для прогиба, что подтверждает рис. 3. В точке приложения силы ряды для внутренних усилий оказываются расходящимися. Поэтому в этой точке возникают бесконечно большие значения напряжений и внутренних усилий. Эта «особенность» определила максимальное количество элементов разбиения при расчете, для данной задачи, им оказалось разбиение 100x100 элементов по горизонтали и вертикали соответственно. При дальнейшем уменьшении размера конечного элемента ошибка при разложении матрицы жесткости превышает допустимые значения. Рис. 4 и 5 показывают, что при уменьшении шага сетки, значения внутренних усилий в центральной области увеличиваются. Данная задача требует дополнительных исследований, связанных с определением оптимального шага сетки, а также использования различных вариантов моделирования. Приведём несколько возможных вариантов: решение объемной задачи, объемная колонна – плита плоская, плита объемная – колонна стержень, нагрузка от колонны размером 0,2x0,2 м в виде равномерно распределенной, введение жестких вставок в области соединения колонны с плитой, предыдущий вариант с наложением кинематических связей на узлы, так же необходимо сравнение полученных результатов с аналитическим решением. Решение подобной задачи в рядах изложено в [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки пер. с англ. М., Наука, 1966. 635 с.
2. В.С. Карпиловский, Э.З. Криксунов, А.А. Маляренко, А.В. Перельмутер, М.А. Перельмутер, С.Ю. Фиалко. SCAD Office. Версия 21. Вычислительный комплекс SCAD++. Изд-во: «СКАД СОФТ», 2015. 848 с.
3. М.И. Горбунов-Посадов, Т.А. Маликова. Расчет конструкций на упругом основании. Изд. 2-е, перераб. И доп. М. Стройиздат, 1973.626 с.

Студентка 5 курса 1 группы ИСА Рафеевко В.В.,
 Студентка 5 курса 2 группы ИСА Помыканова А.А.
 Научный руководитель – проф., д-р техн. наук, доц. В.В. Филатов

РАСЧЁТ БАЛОК НА ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ АППРОКСИМАЦИЙ НА НЕРАВНОМЕРНОЙ РАСЧЕТНОЙ СЕТКЕ

В работах [1], [2] авторы используют разностные уравнения МПА на равномерной сетке. Ниже будет рассмотрен расчет балочных конструкций данным методом на неравномерной сетке.

Поперечный изгиб балки описывается дифференциальными уравнениями вида: $m'' = -p$; $w'' = -m$. (1)

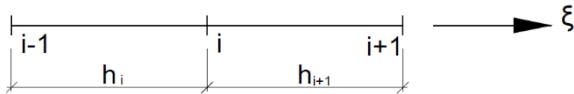


Рис. 1. Расчётная сетка в общем виде с неравномерным шагом

Переход к безразмерным величинам выполнен с учетом:

$$\xi = \frac{x}{l}; p = \frac{q}{q_0}; m = \frac{M}{q_0 \cdot l^2}; \Delta m'_i = \frac{P}{q_0 \cdot l}; w = \frac{E \cdot J \cdot W}{q_0 \cdot l^4}. \quad (2)$$

Разностные уравнения аппроксимирующие (1) [3] запишем для балок постоянной жесткости:

- для регулярных точек

$$\begin{aligned} & {}^n m_{i-1} - \left(1 + \frac{h_i}{h_{i+1}}\right) \cdot {}^n m_i + \frac{h_i}{h_{i+1}} \cdot {}^n m_{i+1} + \frac{h_i}{h_{i+1}} \cdot \Delta m_i + h_i \cdot \Delta m'_i = \\ & = -\frac{h^2}{12} \cdot [{}^n p_{i-1} + 5 \cdot \left(1 + \frac{h_{i+1}}{h_i}\right) \cdot {}^n p_i + \frac{h_{i+1}}{h_i} \cdot {}^n p_{i+1}] + \frac{5}{12} \cdot h_i \cdot h_{i+1} \cdot \Delta p_i + \\ & + \frac{h_i^3}{12} \cdot \left(1 - \frac{h_{i+1}^2}{h_i^2}\right) \cdot {}^n p'_i + \frac{h_i \cdot h_{i+1}^2}{12} \cdot \Delta p'_i; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & {}^n w_{i-1} - \left(1 + \frac{h_i}{h_{i+1}}\right) \cdot {}^n w_i + \frac{h_i}{h_{i+1}} \cdot {}^n w_{i+1} + \frac{h_i}{h_{i+1}} \cdot \Delta w_i + h_i \cdot \Delta w'_i = \\ & = -\frac{h^2}{12} \cdot [2 \cdot {}^n m_{i-1} + 4 \cdot \left(1 + \frac{h_{i+1}}{h_i}\right) \cdot {}^n m_i + 2 \cdot \frac{h_{i+1}}{h_i} \cdot {}^n m_{i+1}] + \\ & + \frac{h_i \cdot h_{i+1}}{3} \cdot \Delta m_i - \frac{h_i^4}{24} \cdot \left(1 - \frac{h_{i+1}^3}{h_i^3}\right) \cdot {}^n p_i + \frac{h_i \cdot h_{i+1}^3}{24} \cdot \Delta p_i; \end{aligned} \quad (4)$$

- для краевых точек

$$-h_{i+1} \cdot {}^n m_i' - {}^n m_i + {}^x m_{i+1} = -\frac{h_{i+1}^3}{12} \cdot {}^n p_i' + \frac{h_{i+1}^2}{12} \cdot (5 \cdot {}^n p_i + {}^x p_{i+1}); \quad (5)$$

$$-h_{i+1} \cdot {}^n w_i' - {}^n w_i + {}^x w_{i+1} = -\frac{h_{i+1}^3}{12} \cdot {}^n m_i' - \frac{h_{i+1}^2}{12} \cdot (5 \cdot {}^n m_i + {}^x m_{i+1}). \quad (6)$$

Рассмотрим пример расчета двухпролётной балки, загруженной сосредоточенной силой $P=10$ кН в одном из пролетов (рис.2).

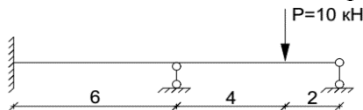


Рис. 2. Двухпролётная балка с сосредоточенной нагрузкой

Уравнения (3), (4) записываются для всех регулярных точек; (5), (6) – для краевых. Условия задачи: $w_1 = 0$; $\Delta m_1' \neq 0$; $\Delta m_2' = 1$; краевые условия: $w_0 = w_0' = w_3 = m_3 = 0$.

Решая уравнения совместно, найдем значения изгибающих моментов в каждой расчетной точке.

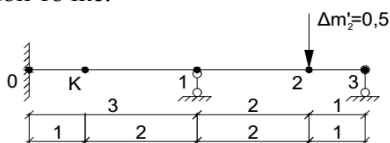


Рис. 3. Расчётные точки неравномерной сетки

Для оценки полученных результатов выполним также расчет МПА на равномерной сетке (рис.4) и методом перемещений (рис.5).

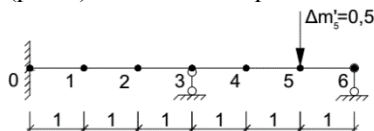


Рис. 4. Расчётные точки равномерной сетки

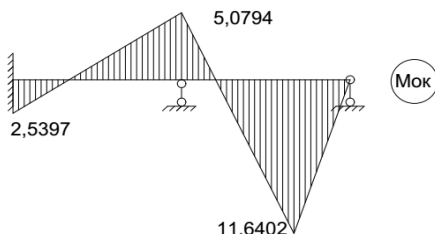


Рис. 5. Эпюра моментов, кНм

Анализируя данные таблицы 1, можно сделать вывод, что расчеты на неравномерной сетке обеспечивают высокую точность результатов.

Таблица 1

Значения изгибающих моментов в расчётных точках, кНм.

№ р.т.	МПА на неравномерной сетке	МПА на равномерной сетке	Метод перемещений
0 (0)	2,5397	2,5397	2,5397
1(3)	-5,0792	-5,0794	-5,0794
2(5)	11,6402	11,6402	11,6402

Использование уравнений на неравномерной сетке позволяет вычислять интересующие нас параметры в произвольных точках конструкции. Для этого не нужно заново решать всю задачу, изменяя расчетную сетку так, чтобы все характерные точки были ее узлами.

Определим перемещения в точке К (рис.3). Составим разностные уравнения (3), (4) для рассматриваемой точки с учетом полученных ранее значений моментов в точках «0» и «1». Проверим найденные значения на равномерной сетке и методом перемещений. Как мы видим из таблицы 2, полученное решение совпадает по всем трем способам.

Таблица 2

Значения прогибов в т.К, м.

МПА на неравномерной сетке	МПА на равномерной сетке	Метод перемещений
-3,3862/EJ	-3,3862/EJ	-3,3862/EJ

Использование неравномерной сетки позволяет получить точные результаты по моментам и прогибам при минимальных вычислительных затратах. При вычислении мы используем исключительно характерные точки, что даёт преимущество над решением задач на равномерной сетке, где используются все точки с постоянным шагом. Все выше сказанное определяет эффективность предлагаемой методики при ручном счёте и поверочных расчётах в инженерной практике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *В.В. Филатов* Расчет сквозных балок по теории составных стержней А.Р.Ржаницына //Вестник МГСУ.2013.№9. С.23-31.
2. *Габбасов Р.Ф., Уварова Н.Б., Филатов В.В.* Расчет балок на упругом основании с двумя коэффициентами постели // Вестник МГСУ.2012. №2. С.25-29.
3. *Р.Ф. Габбасов, А.Р. Габбасов, В.В. Филатов* Численное построение разрывных решений задач строительной механики

СТАНДАРТИЗАЦИЯ В ОБЛАСТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИИ

Достаточно актуальным на сегодняшний день является вопрос стандартизации в области обследования и испытания строительных конструкций. Целью данной статьи является выяснение, что конкретно представляет собой процесс стандартизации и почему он необходим в данной сфере строительства.

Деятельность организаций, занимающихся обследованием конструкций, а также испытательных лабораторий часто сводится к получению результата, необходимого заказчику. Достигается это за счет различных путей решения поставленной задачи. Например: определяя прочность бетона, можно получить различные результаты за счет незначительного корректирования процесса проведения испытания. Отсюда возникает задача строгой регламентации деятельности сотрудников испытательной лаборатории.

Для работ в сфере обследования и испытания строительных конструкций обычно достаточно членства в СРО, но на практике при работе с ответственными и государственными объектами следует подтверждать компетентность сотрудников и наличие необходимого оборудования и приборов. Так, например, для строительных лабораторий должна проводиться аккредитация, при этом государственный орган проверяет наличие поверенного оборудования, практические знания сотрудников, а также наличие и соблюдения процедур отбора образцов, хранения, испытания и обработки полученных данных.

В нормативной документации показано, что национальная стандартизация направлена на установление основных правил и методов, необходимых для получения высококачественной, конкурентно способной продукции [1].

Процесс разработки национальных стандартов выступает в роли одного из ключевых факторов, оказывающих влияние на процесс модернизации, а так же технологические и социально-экономические аспекты развития строительной отрасли страны.

Система национальной стандартизации является взаимосвязано совокупностью организационно-функциональных элементов, а также нормативных документов в сфере стандартизации, устанавливающие правила и процедуры стандартизации для реализации различной деятельности. Для любой области стандартизации, в частности в области обследования и испытания строительных конструкций, должны быть

использованы основополагающие стандарты, которые определяют организационно-технические положения для конкретных областей деятельности, общетехнические нормы и правила, гарантирующие взаимопонимание и единообразные подходы к неодинаковым действиям и процедурам. Примером такого стандарта является ГОСТ Р 1.0 -2012 [2], раскрывающий тему основных положений стандартизации в Российской Федерации. Также в роли основополагающего документа в данных видах деятельности выступает организационно-методический стандарт ГОСТ Р 1.2-2016 [3], описывающий процессы разработки, внедрения и аннулирования стандартов. Следовательно, создание стандартов на методы контроля (испытания, измерений, обработки информации) имеет конкретную методику, изложенную в указанных нормативах.

В области обследования и испытания строительных конструкций основополагающим документом является ГОСТ 31937-2011[4], являющийся комплексным нормативом, включающим не только обследование строительных конструкций, но также грунтов оснований, инженерного оборудования, электрических сетей и средств связи, а также геодезические и обмерные работы. Примечательно, что данный стандарт устанавливает не только виды и состав работ, но также включает в себя исчерпывающий перечень случаев, когда необходимо проводить обследования и мониторинг зданий, а именно:

- в течение первых двух лет эксплуатации зданий;
- каждые 10 лет для зданий, работающих в нормальных условиях, и каждые 5 лет для зданий или их элементов, взаимодействующих с агрессивными средами;
- по завершению нормативных периодов эксплуатации;
- при выявлении серьезных дефектов и деформаций;
- после воздействия аварийных ситуаций и стихийных бедствий;
- при смене технологического назначения здания;
- по желанию собственника;
- по предписанию органов, в компетенции которых находится ведение государственного строительного надзора.

Любое обследование здания – это не набор случайных мероприятий, позволяющих оценить техническое состояние объекта. Работы по обследованию проводят в соответствии с предварительно разработанной программой. Следует также отметить, что результаты мероприятий по обследованию имеют единую форму отчетности, установленную в приложении ГОСТа и должны содержать достаточно информации для принятия решения по реализации целей проведения обследования. Что же касается методик измерений, средств испытаний, измерений и контроля – они все также установлены в межгосударственных или в национальных стандартах и требуют предварительного выполнения меропри-

ятий по метрологическому обеспечению в соответствии с законами по вопросам технологического регулирования и обеспечения единства измерений.

В наше время в мире активного развития рыночных отношений очень важно поддерживать высокий уровень качества работы организации, в том числе и тех организаций, которые занимаются обследованием и мониторингом строительных конструкций, поэтому так важно следить за соответствием стандартов организаций действующим национальным или межгосударственным стандартам.

Также следует уделить внимание необходимости гармонизации национальных стандартов с требованиями Японии, США и государств Европы, задающих мировой уровень качества продукции.

Стандартизация как процесс очень важна для любого государства. Благодаря ей повышается уровень безопасности объектов, обеспечивается научно-технический прогресс, улучшается техническая и информационная совместимость, рационализируется использование ресурсов и многое другое. Обеспечение условий для единообразного применения стандартов дает возможность анализировать данные и использовать накопленный опыт в будущих разработках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 1.12-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения.
2. ГОСТ Р 1.0-2012. Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения.
3. ГОСТ Р 1.2-2016. Стандартизация в Российской Федерации. стандарты национальные российской федерации. Правила разработки, утверждения, обновления, внесения поправок, приостановки действия и отмены.
4. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.

ИСПЫТАНИЯ РЕЗЬБОВЫХ ШПИЛЕК, УСТАНОВЛЕННЫХ БЕЗ СКВОЗНОГО СВЕРЛЕНИЯ

Нередко в зданиях при строительстве, реконструкции или перепрофилировании встает вопрос прокладки инженерных сетей или установки электротехнического оборудования. Для зданий, в которых возможно осуществить крепление только к металлическим конструкциям одним из вариантов технологического решения является установка резьбовых шпилек без сквозного сверления. Приварка резьбовых шпилек или сквозное болтовое соединение, к примеру, может потребовать восстановления защитной поверхности покрытия.

Технология установки резьбовых шпилек данного типа позволяет устанавливать шпильку в маленькое, заранее просверленное, не сквозное, отверстие, а точка входа сверла затем полностью закрывается шайбой, выполненной из материала стойкого к воздействию агрессивных сред. Помимо крепления к стандартной конструкционной стали, данные шпильки могут использоваться для крепления к толстой стали и стали высокой прочности.

Монтаж резьбовых шпилек производится с помощью порохового инструмента, который не требует подключения к электричеству и, как следствие, освобождает монтажника от необходимости использования проводов, переносок и массивного сварочного оборудования.

Однако есть один недостаток, толщина базового материала, согласно рекомендациям изготовителей, должна быть не меньше 8 мм. Большое количество металлических конструкций, к которым необходимо выполнить крепление имеет толщину меньше минимальной рекоменду-

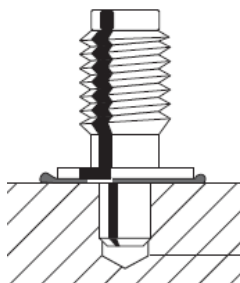


Рис. 1. Устройство шпильки, установленной без сквозного сверления



Рис. 2. Общий вид испытанных образцов

мой. Поэтому возникает необходимость проверки возможности использования рассматриваемых шпилек в металлических конструкциях толщиной менее 8 мм. В качестве базового материала рассмотрены стальной прокат, выполненный из, толщиной 3 и 5 мм. На базе лаборатории ЛИСМИК НИУ МГСУ были проведены испытания по определению физико-механических характеристик сталей, а также определены максимальные усилия при вырыве и срезе исследуемых резьбовых шпилек.

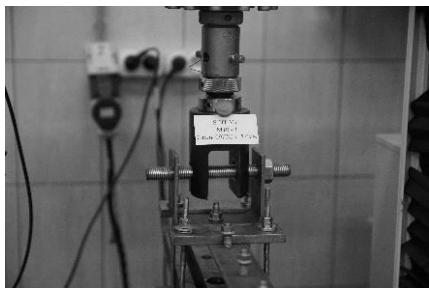


Рис. 3. Схема испытания образцов на вырыв



Рис. 4. Схема испытания образцов на срез

Таблица 1

Марка стали	Толщина образца (мм)	Ширина образца (мм)	Площадь поперечного сечения (мм ²)	Усилие при пределе текучести (кН)	Предел текучести (МПа)	Усилие при временном сопротивлении (кН)	Временное сопротивление (МПа)
09Г2С	2,94	19,04	55,91	21,97	392,96	28,47	509,54
09Г2С	5,15	18,97	97,81	36,05	368,62	49,26	503,72
Ст3	3,50	18,66	65,22	19,16	293,71	27,83	426,90
Ст3	5,03	19,76	99,32	28,93	291,29	41,55	418,43

Все испытания проводились на электромеханической машине, предел относительной погрешности измерений нагрузки которой составляет 0,5%.

Таблица 2

Толщина базового материала (мм)	Марка стали базового материала	Среднее усилие при вырыве (кН)	Среднее усилие при срезе (кН)	Предел текучести стали базового материала (МПа)	Временное сопротивление стали базового материала (МПа)
3	Ст3	4,91	10,00	293,71	426,90
	09Г2С	6,26	10,53	392,96	509,54
5	Ст3	9,93	11,38	291,29	418,43
	09Г2С	12,37	10,78	368,62	503,72

Анализ результатов испытания на вырыв говорит о том, что вырывающие усилия для образцов одинаковой толщины увеличивается прямо пропорционально пределу текучести стали основания. Однако при испытании на срез образцы установленные в прокат изготовленный из стали марки 09Г2С не получили существенного прироста значений разрушающих усилий. Разница составила менее 6%. Это говорит о том, что основными показателями влияющим на прочность при срезе будут физико-механические характеристики материала самой шпильки.

Полученные в ходе испытания усилия не превышают предельных значений нагрузок, указанных в руководстве по применению резьбовых шпилек, установленных без сквозного сверления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- ГОСТ ISO 898-1-2014. Механические свойства крепежных изделий из углеродистых и легированных сталей. Часть 1. Болты, винты и шпильки установленных классов прочности с крупным и мелким шагом резьбы..

ЗАВИСИМОСТЬ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ ОТ ВЕЛИЧИНЫ ПОВЕРХНОСТНОЙ АКТИВНОСТИ

Целью данной работы являлось определение роли поверхностного натяжения растворов в огнетушащей эффективности пены.

Для испытания использовали пенообразователи углеводородный – Синтекс Ф, фторированной природы – Кафилм С и Кафилм.

Поверхностное натяжение измерялось методом отрыва кольца (метод дю-Нуи), а огнетушащая эффективность по методике, описанной ГОСТ Р 53280.2 – 2010 с подачей пены на слой горючего.

В основе метода отрыва кольца лежит измерение усилия, необходимого для отрыва проволочного кольца от поверхности жидкости. Вместе с кольцом поднимается некоторое количество смачивающей его жидкости. Отрыв кольца происходит в тот момент, когда сила поверхностного натяжения, удерживающая кольцо, и вес поднятой жидкости уравновешиваются.

По результатам измерений поверхностного натяжения, представленных на рис. 1, видно, что поверхностное натяжение 1% водного раствора углеводородного пенообразователя – 23,0 мН/м, межфазное натяжение – 5,5 мН/м. У водных растворов фторированных пенообразователей значения поверхностного и межфазного натяжения на порядок ниже. Поверхностное натяжение Кафилм С – 17,2 мН/м и Кафилм – 16,0 мН/м, межфазное натяжение в обоих случаях – 2,5 мН/м.

Результаты тушения, представленные на рис. 2, показали связь поверхностного натяжения водных растворов на огнетушащую эффективность пены. Синтекс Ф, имея наибольший из испытанных образцов поверхностное натяжение, тушит на порядок хуже, чем Кафилм С и Кафилм [1].

Имея небольшую разницу в поверхностном натяжении, чуть больше 1 мН/м, времена тушения оказались несущественно, но лучше у Кафилм, чем у Кафилм С. Поверхностное натяжение водных растворов – 16,0 мН/м и 17,2 мН/м соответственно.

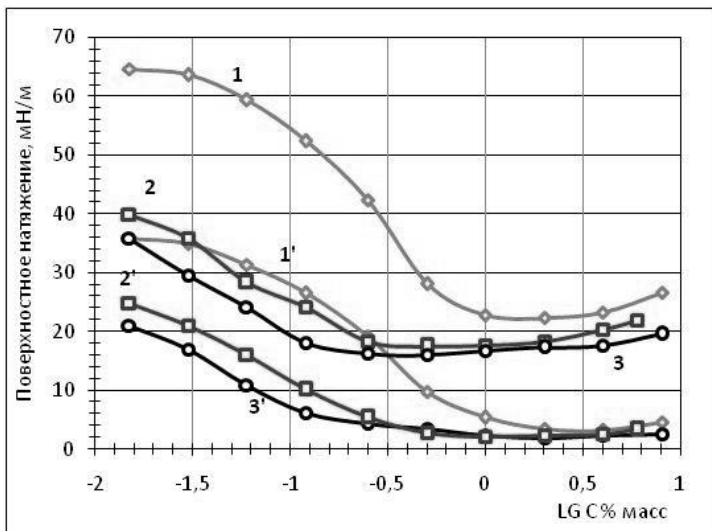


Рис. 1. Зависимость поверхностного (1,2,3) и межфазного натяжений (1',2',3') от логарифма концентрации: 1,1' –Синтекс Ф; 2, 2' –Кафилм С; 3 –Кафилм

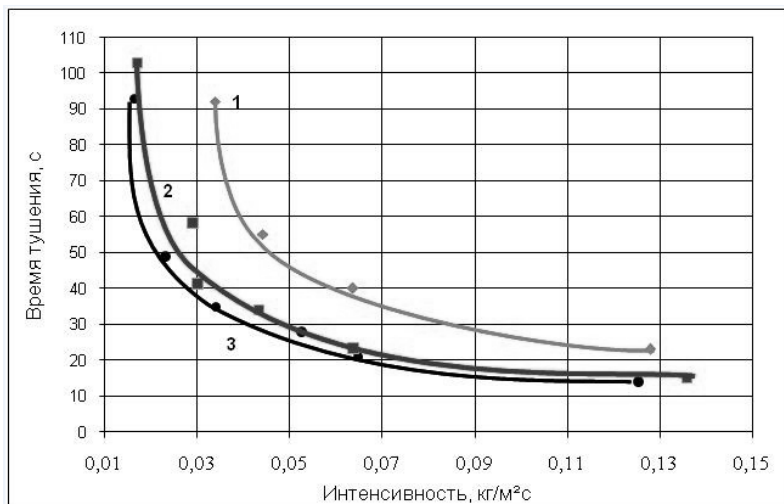


Рис. 2. Тушение пламени гептана пенообразователями различной природы: 1 – Синтекс Ф -1% р-р; 2 – Кафилм С - 1% р-р; 3 – Кафилм - 1% р-р

Время тушения пены однозначно связано с поверхностным натяжением водных растворов. Чем ниже поверхностное натяжение водного раствора, тем выше огнетушащая эффективность пены [2-3].

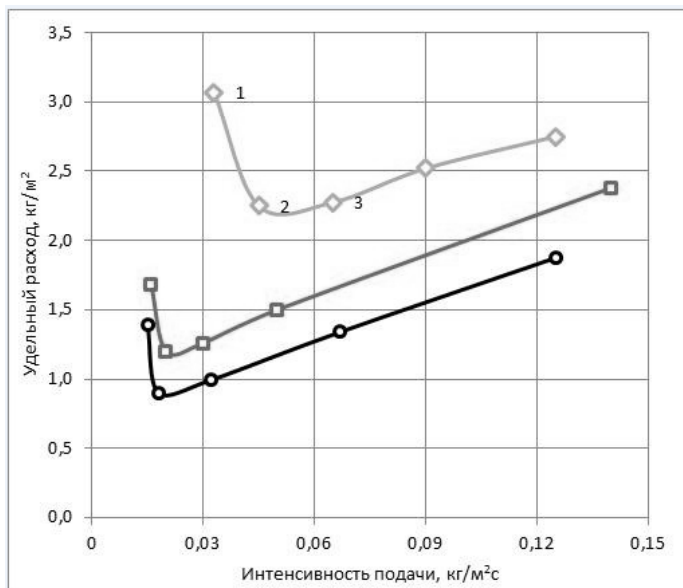


Рис. 3. Зависимость удельного расхода от интенсивности подачи пены: 1 – Синтекс Ф -1% р-р; 2 – Кафилм С -1% р-р; 3 – Кафилм -1% р-р.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дегаев Е.Н.* Сравнительная оценка огнетушащей эффективности фторированных и углеводородных пенообразователей // Современные материалы, техника и технологии. 2015. № 3 (3). С. 99-107.
2. *Дегаев Е.Н.* Огнетушащая эффективность пен с различной структурой коэффициента растекания водных растворов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук /МГСУ. Москва, 2016.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

На сегодняшний день композитная неметаллическая арматура становится все более популярной в строительной отрасли. Однако довольно низкая предельная температура эксплуатации является одной из основных проблем, поэтому изучение характеристик данной арматуры при повышенных температурах является очень актуальной задачей.

Для изучения были отобраны 2 типа стержней из волокнистых полимерных композиционных материалов: карбоновые (CFRP) диаметром 9,5 мм и стеклопластиковые стержни (GFRP) диаметрами 9,5; 12,7 мм. Для сравнения были испытаны и стальные арматурные стержни диаметрами 10 и 15 мм. Испытания проводились на специально созданном стенде при повышенных температурах, диапазон температур 20—600 °С. Особое внимание при таких испытаниях уделяется изготовлению испытательных образцов. Первой важной особенностью являлось обеспечение разрушения образцов в исследуемой зоне, а не в местах зажимов на испытательном стенде. Из-за низкого сцепления на поверхности стержней была разработана специальная система крепления, в настоящее время она является наиболее надежной. Свободные концы стержней погружались в металлическую трубу (диаметр - 48,3 мм, длина — 350 мм, толщина стенки — 3 мм), которая заполнялась саморасширяющимся цементом. Таким образом, давление, которое создавал цемент после затвердевания, обеспечивало достаточное сопротивление трению на поверхности стержень — цемент. При испытаниях такой вид крепления также позволяет распределить напряжения по всей длине заанкерowanego композитного стержня. Вторая важная особенность — обеспечение строго вертикального положения стержней и крепежных труб. С этой целью подготовка образцов проводилась в смонтированной деревянной рамке (рис.1).

Готовый образец закреплялся на испытательном стенде (рис. 2), который представляет собой металлический каркас с гидравлическим домкратом и электропечью (рис. 3). Затем температура в печи повышалась до необходимой и держалась в течение получаса, чтобы прогреть образец. При такой температуре образец нагружался до разрушения.

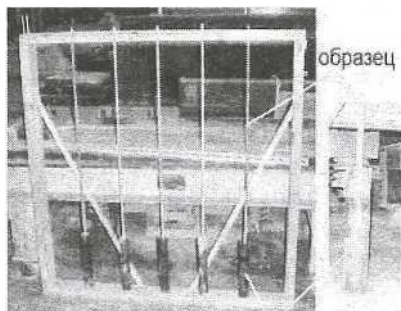


Рис. 1. Деревянная рамка с образцами

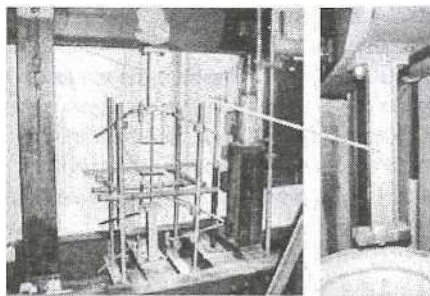


Рис. 2. Испытание образца при повышенных температурах

Четыре тензорезистора фиксировали осевые деформации (рис. 3). Температура внутри печи и на образце непрерывно измерялась с помощью термопар. Каждый тип образцов был испытан при 5 различных температурах минимум 2 раза.

Все композитные стержни были доведены до разрушения, усилия разрыва зафиксированы. Результаты выявили, что отношение «напряжения — деформации» имели линейный характер практически до самого разрушения.

Все образцы имели незначительное снижение модуля упругости (E), в пределах 10 %, при температуре испытаний до 400 °С. Выше этой температуры происходило резкое падение E до 30 %.

Эти свойства могут быть использованы при компьютерном моделировании поведения бетонных элементов, армированных FRP стержнями, при воздействии повышенных температур. Сильная изменчивость прочности композитных стержней может быть обусловлена высоким содержанием полимерного связующего, которое при высоких температурах разрушается в первую очередь.

Целью подобных исследований, в первую очередь, является определение изменчивости прочности и модуля упругости арматурных композитных стержней. Проведенные исследования показывают, что температура 350 °С является критической для волокнистых полимерных ком-

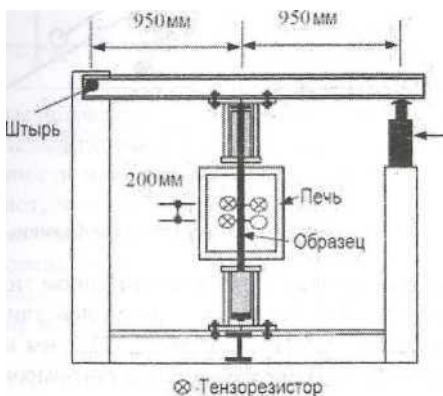


Рис.3 Схема испытательной установки

позиционных арматурных стержней. Ниже этой температуры стержни сохраняют высокий уровень от первоначальной жесткости. Снижение прочности образцов очень близко к линейному. При более высоких температурах лишь некоторые образцы все еще могут иметь высокие значения прочности и жесткости. Проведенные к настоящему моменту исследования имеют ограниченный характер. Для выявления особенностей работы композитной неметаллической арматуры необходимо проводить аналогичные испытания при разных типах нагружения в широком диапазоне положительных и отрицательных температур, варьируя различными диаметрами. Также большой интерес будут представлять исследования арматурных стержней в составе элементов конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Wang, Y.C.; Wong, P.M.H.; Kodur, V, Mechanical properties of fibre reinforced polymer reinforcing bars at elevated temperatures, SFPE/ASCE Specialty Conference: Designing Structures for Fire, Baltimore, 2003, pp. 183—192.

Студентка магистратуры 2 года обучения 1 группы ИСА

Фаизова А.Т.

Научный руководитель - асп. М.Д. Медянкин

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МУФТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ С КОНИЧЕСКОЙ РЕЗЬБОЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Целью проведенных испытаний было определение физико-механических характеристик муфтового соединения при статическом и динамическом нагружении. По результатам проведенных испытаний производилась оценка возможности применения данного вида соединения вместо соединения арматурных стержней при помощи ванной сварки. Преимущества муфтового соединения арматурных стержней перед их соединением с помощью ванной сварки и сваркой внахлест заключается в следующем:

- соединение является более экономичным и технологичным;
- контроль за качеством соединения более прост, поскольку все параметры соединения устанавливаются и контролируются в процессе изготовления резьбы и муфты, т.е. в заводских, либо приближенных к ним условиях;

Данная работа состояла из нескольких этапов. Были проведены статические испытания арматурных стержней на растяжение по ГОСТ 12004-81 [1]. Испытания проводились на трех арматурных стержнях Ø20. По результатам испытаний определялись предел прочности арматурного стержня и величина условного предела текучести, которые в дальнейшем являлись критерием для оценки эффективности применения муфтового соединения аналогичных арматурных стержней. После чего проводились статические испытания на растяжение трёх соединений аналогичных арматурных стержней с помощью муфт с конической резьбой. А заключительным этапом были динамические (циклические) испытания трех муфтовых соединений арматурных стержней с определением предела прочности соединений после завершения циклического нагружения опытных образцов. Характер нагружения выбирается в соответствии с ГОСТ 30546.3-98. Параметры динамического нагружения:

- количество циклов нагружения – 500;
- (в случае разрушения образца при циклическом нагружении образец считался испытанным);
- коэффициент асимметрии при циклическом нагружении $r = 0.6$;
- уровень нагрузки при циклическом нагружении $(0.8 \div 1.0) \times R_S$, где R_S – расчетное сопротивление стали на растяжение при статическом испытании.

Результаты испытаний арматурных стержней на осевое растяжение представлены в табл. 1.

Таблица 1

	Модуль, МПа	Усилие при пределе текучести, кН	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление, МПа	Усилие при временном сопротивлении, кН
1	228451,2	180,7	575	670	210,6
2	212576,9	179,9	573	668	209,9
3	205962,1	178,1	567	666	209,3

Разрыв муфтовых соединений арматурных стержней произошел при усилиях на образец, изменявшихся в интервале от 197.18 кН до 203.98 кН ($N_{ср}^{разр.} = 200.7$ кН). Сравнение результатов статических испытаний на растяжение арматурных стержней Ø20 и соединений аналогичных арматурных стержней с помощью резьбовых муфт позволяет констатировать, что прочность при растяжении арматурных соединений с помощью муфт такая же, как и при растяжении арматурных стержней.

Относительное максимальное удлинение стержней с муфтовым соединением при действии нагрузки растяжения составило 5.44%, что

меньше чем в случае с арматурными стержнями, так как разрушение происходило внутри муфты по резьбе.

Результаты испытания муфтового соединения арматурных стержней с конической резьбой на осевое растяжение представлены в табл.2.

Таблица 2

	Маркировка	Временное сопротивление (МПа)	Усилие при временном сопротивлении (кН)
1	1М	639,92	201,04
2	2М	627,64	197,18
3	3М	649,28	203,98

Три образца были испытаны на действие динамической нагрузки с частотой от 8 до 12 Гц, количество циклов нагружения при испытаниях каждого образца составляло 500. После завершения динамических (циклических) испытаний каждый из образцов испытывался на растяжение до разрушения.

Результаты испытания муфтового соединения арматурных стержней с конической резьбой на осевое растяжение после воздействия динамической нагрузки представлены в табл.3.

Таблица 3

Маркировка	Временное сопротивление прочности после циклического нагружения, МПа	Усилие при временном сопротивлении после циклического нагружения, кН	Частота циклического нагружения, Гц	Максимальное ускорение, м/сек ²	Отношение ускорения к ускорению свободного падения
М5	661.59	207.85	8	3.00804	0.30663 g
М6	652.55	205.01	10	3.99959	0.40771 g
М8	636.82	199.82	11	4.66033	0.47506 g

По результатам статических испытаний соединений арматурных стержней с помощью муфт, прошедших динамические (циклические) нагружения на специальной установке по описанной выше программе, установлено, что разрыв образцов произошел путем вырыва арматуры из муфтового соединения при средней нагрузке $N_{cp. \text{разр.}} = 201.4$ кН. Т.е.

несущая способность арматурных соединений с помощью резьбовых муфт после проведения динамических испытаний не изменилась.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 30546.3-98 - Методы определения сейсмостойкости машин, приборов и других технических изделий, установленных на месте эксплуатации, при их аттестации или сертификации на сейсмическую безопасность.

Студентка магистратуры 2 года обучения 1 группы ИСА

Фаизова А.Т.

Научный руководитель - асп. М.Д. Медянкин

ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ

В настоящее время на строительном рынке России наряду с традиционной стальной арматурой присутствует и широкая номенклатура ПКА, производством которой занято большее число отечественных и зарубежных предприятий. ПКА производят из базальтовых, стеклянных и углеродных волокон, а в качестве полимерной матрицы используют, в основном эпоксидные связующие. ПКА относится к волокнистым композитным материалам, высокая прочность при растяжении которых обусловлена прочностью параллельно ориентированных армирующих волокон, объединенных в монолитной эпоксидной матрицей. Высокая химическая стойкость и адгезия к различным материалам, небольшая усадка эпоксидных соединений при отверждении обеспечивает совместную работу волокон под нагрузкой. В тоже время эпоксидные соединения придают ПКА и характерные для эпоксидных полимеров недостатки. Одновременно проводятся исследования по изучению возможности замены стальной арматуры на ПКА для бетонных конструкций, работающих в агрессивных средах. Поэтому представляется целесообразным исследовать диаметра и рельефа полимерной стеклоарматуры, агрессивных средах на основные эксплуатационные свойства композитной арматуры, производства компании ГК «Рускомползит».

Объектом настоящего исследования являлась композитная стеклоарматура, диаметром 6-10 мм, производства ГК «Рускомползит» на технологической линии «PPLICOM-15». В качестве стеклования для производства композитной арматуры использовали ровинг ТЗО из стекла Advantex (ТУ 5952-084-05763895-2013), а в качестве связующе-

го-эпоксидного композитный компаунд «Этал-370У» (ТУ 2257-370-18826195-99). Рельеф поверхности арматуры образован спиралевидной навивкой тонкого стекловолокна, пропитанного эпоксидным связующим, или песчаная посыпка.

Основные физико-механические свойства композитной арматуры (номинальный диаметр, прочность при растяжении, сжатии и поперечном срезе, модуль упругости при растяжении, прочность сцепления с бетоном определяли в соответствии с ГОСТ 31938-2012. Для определения стойкости композитной арматуры к действию агрессивных сред предварительно высушенные до постоянной массы при температуре 100 °С образцы арматуры выдерживали в течении 30 суток при 60 °С в щелочном растворе (рН=12.6-13) и в 5% растворе NaCl. После выдержки образцов в агрессивных средах определяли прочность и модуль упругости, а также прочность сцепления с бетоном. Испытания арматуры проводились на универсальной гидравлической машине Instron 1000 HDX и электромеханической машине Instron 3382. Результаты экспериментальных исследований прочности полимерной композитной стеклоарматуры, производства ГК «Рускомполит», представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства полимерной композитной арматуры.

Показатели	Диаметр арматуры, мм		
	6	8	10
Номинальный диаметр, мм	5,47/6,20	7,16/8,31	8,94/10,30
Плотность, кг/м ³	1981/2087	1996/2074	1978/2113
Разрушающее напряжение, МПа при:			
Растяжении	929/974	904/1041	969/1010
Сжатии	358/469	508/453	548/448
Поперечном срезе	173/199	173/210	162/207
Модуль упругости при растяжении, МПа	51206/53506	50726/50095	51875/51277
Прочность сцепления с бетоном, МПа	12,64/12,05	13,03/12,30	12,08/12,27
Водопоглощение, %	0,70/0,16	0,57/0,12	0,80/0,14

Анализ данных табл. 1 показывает, что композитная арматуры с песчаной посыпкой диаметр (на 13,35-16-16,06 %), плотность, прочность при растяжении и поперечном срезе, водопоглощение по сравнению с ПКА со спиральной навивкой стекловолокна. Во тоже время прочность при сжатии и модуль упругости при растяжении у арматуры со спиральной навивкой диаметром 8 и 10 мм выше, чем у аналогичной

арматуры с песчаной посыпкой. Важное значение при использовании ПКА в бетонных элементах, работающих в агрессивных средах, имеет способность композитной арматуры к действию в щелочной и солевой среде. Влияние сред на прочность арматуры и ее сцепление с бетоном приведено в табл. 2. В числителе – арматура со спиральной навивкой, в знаменателе с песчаной посыпкой. В таблице приведены средние значения по результатам испытания 6 образцов.

Таблица 2

Физико-механические свойства полимерной композитной арматуры после воздействия агрессивных сред

Показатели	Диаметр арматуры, мм		
	6	8	10
Со спиральной навивкой			
Прочность при растяжении, МПа	740,1/446,5	754,7/826,2	753,1/870,8
Модуль упругости при растяжении, МПа	40623/44423	40938/44695	43606/48019
Прочность сцепления с бетоном, МПа	10,3/10,7	11,4/11,7	10,1/10,2
С песчаной посыпкой			
Прочность при растяжении, МПа	805,9/926,2	943,5/986,8	864,2/952,4
Модуль упругости при растяжении, МПа	43986/50060	43955/50494	42338/50355
Прочность сцепления с бетоном, МПа	10,1/11,3	10,1/10,1	10,2/11,2

Испытания показали, что минимальное снижение прочности ПКА после выдержки в солевой среде наблюдается для арматуры с песчаной посыпкой.

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗГИБАЕМЫХ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АРМИРОВАННЫХ ПРЕДНАПРЯЖЕННОЙ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ

Целью данной работы являлось экспериментальное исследование прочностных и деформационных характеристик преднапряженных бетонных элементов, армированных стеклопластиковой композитной арматурой. На базе лабораторий НИУ МГСУ были проведены испытания изгибаемых элементов, армированных преднапряженной неметаллической композитной арматурой на действие кратковременной нагрузки.

Балки были запроектированы для создания условий разрушения от чистого изгиба по нормальному сечению балки. На рис. 1 показана схема нагружения и армирования балки.

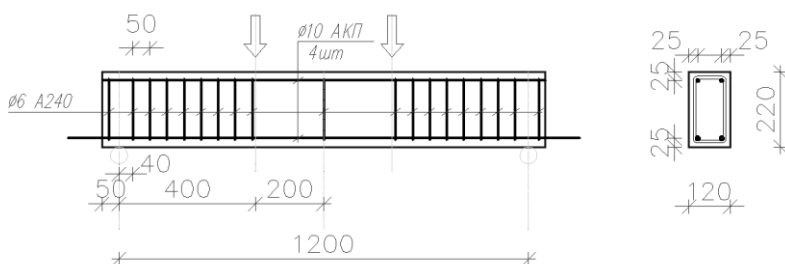


Рис.1 Схема армирования

Для создания усилий в арматурных композитных стержнях подготовили стенд, позволяющий создавать растягивающее напряжение и вести контроль его величины. Данные с тензорезисторов снимались до и после создания растягивающего усилия. Потери напряжения арматуры определялись по тензорезисторам и на момент проведения испытаний составили 32,5 %

Нагружение балок образцов осуществлялось этапами с приращением нагрузки $\Delta F = 2,5$ кН. Скорость нагружения – 2,5 кН/мин. На каждой ступени нагружения фиксировалось и выдерживалось значение нагрузки в автоматическом режиме. При выдержке на каждой ступени измерения осуществлялись: запись диаграммы «нагрузка-перемещение» по траверсе испытательной машины (в непрерывном режиме), регистрация показаний прогибов по индикаторам, регистрация показаний тензорези-

сторов в автоматическом режиме, определение скорости прохождения ультразвука между контрольными точками, визуальный осмотр балок и фиксация появляющихся трещин.

На рис. 2 и 3 представлены графики зависимости прогибов балок от нагрузки. На рисунке 2 показана зависимость для серии балок армированных непреднапряженной АСК, на рисунке 3 – преднапряженной АСК.

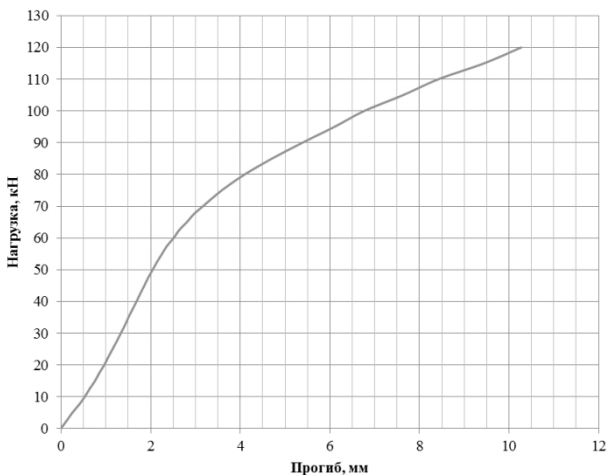


Рис.1 Диаграмма «Нагрузка-Прогиб» для балок армированных преднапряженной арматурой

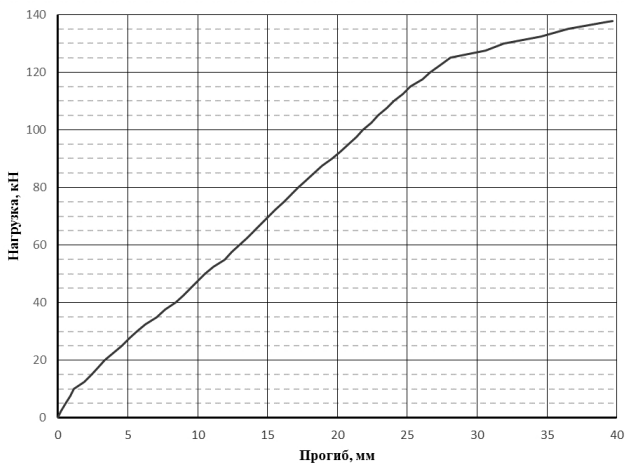


Рис.1 Диаграмма «Нагрузка-Прогиб» для балок армированных непреднапряженной арматурой

В результате проведения испытаний было выявлено, что создание предварительного напряжения значительно улучшает работу бетонных элементов, армированных АСК, по второму предельному состоянию.

Трещиностойкость в среднем увеличилась в 5,8 раз по сравнению с аналогичными образцами без предварительного напряжения, а нагрузка при контрольном прогибе балок в среднем увеличилась в 2,5 раза.

Контрольный прогиб $f = \frac{1}{120} l = 10,0$ мм для изгибаемых элементов с пролетом $l = 1,2$ м. в соответствии со СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия».

Таким образом, предварительное напряжение показало свою эффективность, однако, для использования преднапряженных бетонных конструкций, армированных АСК необходимо проведение исследований работы конструкций при длительном воздействии нагрузок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции»
2. СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия»
3. ГОСТ 31938-2012 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия»
4. ГОСТ 8829-94 «Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости»

БОЛЬШИЕ ПРОГИБЫ УДЛИНЕННОЙ ПЛАСТИНКИ, ИЗГИБАЕМОЙ ПО ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В работе рассматривается расчет удлиненной гибкой пластинки на изгиб по цилиндрической поверхности под действием равномерно распределенной поперечной нагрузкой (рис. 1).

Разрешающее дифференциальное уравнение, описывающее **деформированное состояние** балки-полоски имеет вид:

$$\frac{d^4 w}{dy^4} - \lambda^2 \frac{d^2 w}{dy^2} = \frac{q}{D}, \quad (1)$$

где $\lambda^2 = \frac{H\sigma}{D} = 12 \frac{\sigma}{E_1 H^2}$; w – прогиб; q – интенсивность распределенной нагрузки; D – цилиндрическая жесткость относительно оси y ; H – толщина пластинки; σ – постоянное по длине балки-полоски напряжение, вызванное реактивными силами со стороны подкрепляющих ребер.

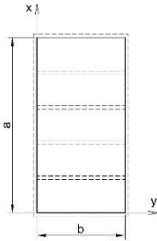


Рис. 1. Удлиненная пластинка с подкрепляющими ребрами, параллельными короткой стороне.

личинам:

$$q^* = \frac{q}{E_1} \left(\frac{b}{H} \right)^4; \quad (4)$$

$$\sigma^* = \frac{\sigma}{E_1} \left(\frac{b}{H} \right)^2; \quad (5)$$

$$E_1 = \frac{E}{1 - \mu^2}; \quad (6)$$

$$d\eta = \frac{dy}{b}. \quad (7)$$

Умножая уравнение (3) на b^3 с учетом (4), (7) получим:

Представим дифференциальное уравнение (1) в виде системы двух дифференциальных уравнений второго порядка. Обозначим:

$$\frac{d^2 w}{dy^2} = -z. \quad (2)$$

Тогда уравнение (1) примет вид:

$$\frac{d^2 z}{dy^2} - \lambda^2 z = -\frac{q}{D}. \quad (3)$$

Перейдем к безразмерным ве-

$$\frac{d^2(zb)}{d\eta^2} - \lambda^2 b^2 zb = -q^* \frac{E_1 H^4}{D b}. \quad (8)$$

Обозначим:

$$zb = g; \quad (9)$$

$$\lambda^2 b^2 = k^2. \quad (10)$$

Тогда уравнение (8) примет вид:

$$\frac{d^2 g}{d\eta^2} - k^2 g = -q^* \frac{E_1 H^4}{D b}. \quad (11)$$

Умножая уравнение (2) на b с учетом (9) получим:

$$\frac{d^2 \bar{w}}{d\eta^2} = -g, \text{ где } \bar{w} = \frac{w}{b}. \quad (12)$$

Решим тестовую задачу. Дана шарнирно опертая по контуру удлиненная пластинка. $H = 1$ мм; $b = 100$ мм; $q = 0,5$ кг/см². $E = 0,75 \cdot 10^6$ кг/см²; $\mu = 0,316$.

$$E_1 = \frac{0,75 \cdot 10^6}{1 - 0,316^2} = 0,833 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2.$$

$$q^* = \frac{0,5}{0,833 \cdot 10^6} \left(\frac{10}{0,1}\right)^4 = 60.$$

$$k^2 = \lambda^2 b^2 = 12 \frac{\sigma}{E_1 H^2} b^2 = 12 \frac{\sigma^* E_1 H^2}{E_1 H^2 b^2} b^2 = 12 \sigma^*.$$

$$q^* \frac{E_1 H^4}{D b} = q^* \frac{12 E_1 H^4}{E_1 H^3 b} = \frac{12 q^* H}{b} = \frac{12 \cdot 60 \cdot 0,1}{10} = 7,2.$$

Уравнение (11) примет вид:

$$\frac{d^2 g}{d\eta^2} = -(7,2 - 12 \sigma^* g). \quad (13)$$

Запишем уравнение (2.11) [1] при $\nu = 0$:

$$\sigma = \frac{E}{1 - \mu^2} \frac{1}{2b} \int_0^b \left(\frac{dw}{dy}\right)^2 dy. \quad (14)$$

Подставив (14) в (5) с учетом (7) получим:

$$\sigma^* = \frac{1}{2} \left(\frac{b}{H}\right)^2 \int_0^b \left(\frac{d\bar{w}}{d\eta}\right)^2 d\eta. \quad (15)$$

Решим задачу с одной расчетной точкой при равномерном шаге $h = \frac{1}{2}$ (рис. 2).

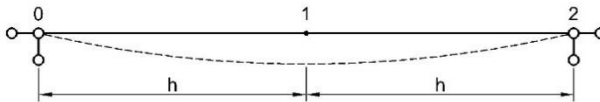


Рис. 2. Расчетная схема балки-полоски

Аппроксимируем (13) в точке 1 разностным уравнением МКР [2]:

$$-2g_1 = -h^2(7,2 - 12\sigma^*g_1); \sigma^* = \frac{3,6 - 4g_1}{6g_1}. \quad (16)$$

По формуле Симпсона, уравнение (15) примет вид:

$$\sigma^* = \frac{1}{2} \left(\frac{b}{H} \right)^2 \frac{h}{3} [(\bar{w}_0')^2 + 4(\bar{w}_1')^2 + (\bar{w}_2')^2]. \quad (17)$$

$\bar{w}_1' = 0$; $\bar{w}_0' = \bar{w}_2'$. Тогда:

$$\sigma^* = \frac{1}{6} \left(\frac{b}{H} \right)^2 (\bar{w}_0')^2 = \frac{1}{6} \left(\frac{b}{H} \right)^2 \left[\frac{1}{2h} (-3\bar{w}_0 + 4\bar{w}_1 - \bar{w}_0) \right]^2. \quad (18)$$

$\bar{w}_0 = 0$. Тогда:

$$\sigma^* = \frac{1}{6} \left(\frac{b}{H} \right)^2 16\bar{w}_1^2 = 2,67 \cdot 10^4 \bar{w}_1^2. \quad (19)$$

Приравняем (16) и (19):

$$\frac{3,6 - 4g_1}{6g_1} = 2,67 \cdot 10^4 \bar{w}_1^2. \quad (20)$$

Запишем разностную аппроксимацию уравнения (12) для точки 1:

$$-2\bar{w}_1 = -h^2g_1; g_1 = 8\bar{w}_1. \quad (21)$$

Подставляем (21) в (20):

$$\frac{3,6 - 32\bar{w}_1}{48\bar{w}_1} = 2,67 \cdot 10^4 \bar{w}_1^2; \quad (22)$$

$$1,28 \cdot 10^6 \bar{w}_1^3 + 32\bar{w}_1 - 3,6 = 0; \bar{w}_1 = 0,0135.$$

$$w_1 = \bar{w}_1 b = 0,135 \text{ см.}$$

По [1] при $\nu = 0$ получено $w_1 = 0,138$ см. Расхождение результатов 2,2%.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения обобщенных уравнений МКР для решения геометрически нелинейных задач строительной механики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Габбасов Р.Ф., Габбасов А.Р., Филатов В.В. Численное построение разрывных решений задач строительной механики. – М.: Изд-во АСВ, 2008.

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Испытание строительных конструкций эффективно применяется в научно-практических целях [1]. Для экспериментального определения величин деформаций и перемещений конструкций, существует множество вариантов современной аппаратуры [2,3]. Такой измерительный комплекс включает в себя датчики, воспринимающие механическую величину (силу, давление, деформацию или перемещение), преобразующие её в электрический сигнал, который регистрируется и обрабатывается электронной системой при помощи встроенной вычислительной программы [2,3,4]. В случае ошибки в настройках программы обработки или физической коммутации датчика и регистрирующего блока, это никак не отразится на возможности получения результатов. Ошибочные результаты невозможно идентифицировать в процессе испытания сложной конструкции при разнообразных воздействиях. В настоящей работе проводилась предварительная подготовка к статическим испытаниям конструкций с использованием тензометрических датчиков. На балке, выполненной из стального швеллера №22 длиной 3,2 м, закреплённой шарнирно в т. О, устанавливались измерительные приборы. Тензометрический датчик перемещения *SDP 100C* в т. В, инклинометр *KB 5 AC* в точке А, электронный угломер *POVERFIX Profi +* в точке С, схема испытания представлена на рис.1, характеристики приборов в таблице 1. Свободный конец швеллера приподнимался с помощью ручного домкрата с шагом 9 мм. На всем диапазоне измерений балка оставалась прямолинейной. Наибольший прогиб, возникающий от собственного веса и установленного оборудования, не превышал 10^{-16} мм. На каждом шаге подъёма по показаниям трех разных измерителей определялся угол поворота стержня. В результате проведенных измерений было получено хорошее совпадение значений угла поворота балки по всем приборам, что представлено в таблице 2. Наибольшее расхождение составило 10% и было зафиксировано на высоте подъема 27 мм для электронного угломера с ручной регистрацией, два других прибора имели автоматическую регистрацию. Таким образом, правомерность применения прогибомера *SDP 100C* и инклинометра *KB 5AC* [5] была подтверждена. Затем был проведен тестовый эксперимент для стальной балки двутаврового профиля (№10). Балка, закрепленная двумя парными болтами на опорах, имела пролёт 3 м и консольный вылет 1 м, принятая расчетная схема показана на рис.2. Если нагрузить балку сосредото-

точечной силой равной 2,5 кН в середине пролета в точке "D", то консольный участок "AB" остаётся прямолинейным. Теоретический угол поворота любого сечения на консольном участке "AB" равен углу поворота сечения на опоре в точке "B" и по величине, и по направлению. Он может быть вычислен по формуле (1). Тот же угол может быть вычислен по показаниям прогибомера *SDP 100 C* и длине участка «A₁B» из тригонометрических соотношений и измерен инклинометром *KB 5AC*.

$$\varphi = \frac{PL^2}{16EI}$$



Рис.1 Измерение угла поворота балки из швеллера

Таблица 1

Измеритель	Цена деления	Диапазон измерения
Прогибомер (<i>SDP 100C</i>)	0.01 мм.	0...100 мм.
Инклинометр (<i>KB 5 AC</i>)	0.001 град.	-5...5 град.
Электронный угломер (<i>POVERFIX Profi +</i>)	0.1 град.	0-999.9 град.

Таблица 2

Значение вертикального перемещения по <i>SDP 100 C</i> , мм											
	0	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90
Теоретическое значение угла поворота*, град.	0.00	0.17	0.33	0.50	0.66	0.83	0.99	1.16	1.32	1.49	1.65
Значение угла поворота по <i>KB-5AC</i> , град.	0.00	0.17	0.33	0.49	0.66	0.84	0.99	1.16	1.32	1.5	1.66
Значение угла поворота по <i>POVER-FIX Profi +</i> , град.	0.00	0.16	0.30	0.45	0.67	0.81	0.94	1.09	1.26	1.41	1.51

Примечание: теоретическое значение угла поворота, обозначенное *, вычислялось по *SDP 100C* из тригонометрических соотношений

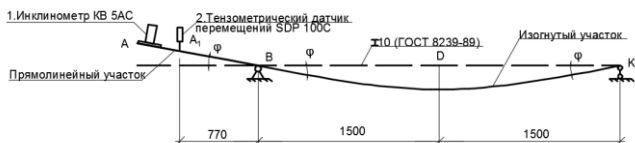


Рис.2 Схема тестового испытания двутавровой балки.
 Результаты тестового испытания приведены в табл. 3

Таблица 3.

Способ измерения или вычисления	Среднее значение угла поворота, град	$k_\varphi = \frac{\varphi_{\text{экс}}}{\varphi_{\text{теор}}}$
С использованием прогибомера	0.13	0.68
По инклинометру	0.15	0.78
Теоретический	0.19	1

Значения угла поворота, измеренного инклинометром и вычисленного по вертикальному перемещению, зафиксированному прогибомером, расходятся на 13,3%. Теоретический угол поворота, вычисленный для принятой расчетной схемы с шарнирным опиранием, превосходит экспериментальные значения на 22 % и 32 %.

Полученные результаты соответствуют ожидаемому поведению балки при испытании, т.к. реальное крепление двутавра двумя парами болтов к опорным элементам не является шарнирным, имеет некоторое защемление и препятствует свободному повороту сечения в т. «В».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 79.13330.2012 Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний. Актуализированная редакция СНиП 3.06.07-86.
2. Ахметьев М.А. Автоматизация измерений, испытаний и контроля: учебное пособие/ Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, Новосибирск, 2013. 165 с.
3. Харп Х. Введение в измерительную технику. М.: Мир, 1998. 388 с.
4. ГОСТ Р 8.654-2015 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения.

СЕКЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

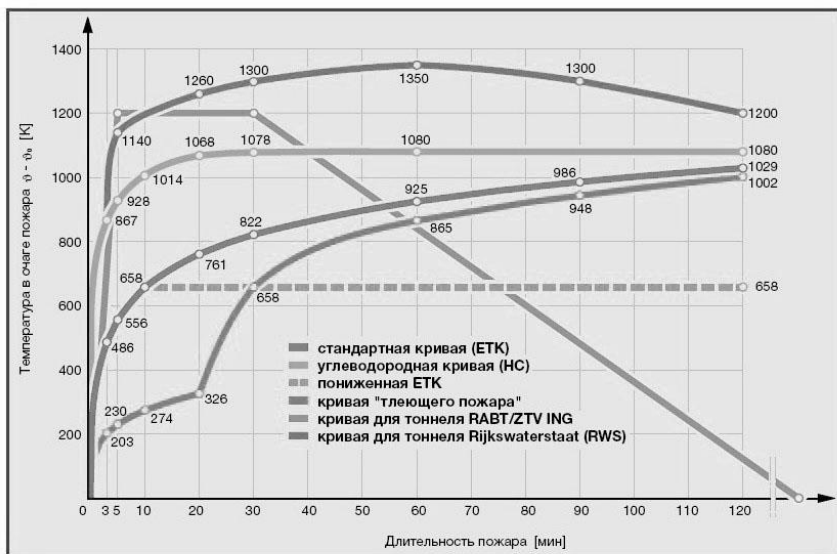
Студент 4 курса 25 группы ИСА Антонов М.Д.

Студент 4 курса 33 группы ИСА Бамматов А.А.

Научный руководитель – ст. преп., канд. техн. наук А.С. Пилипенко

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО ГОРЕНИЯ

В настоящее время в нашей стране актуальны вопросы строительства и эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли, в которых основным конструктивным материалом является сталь. Сталь в отличие от ж/б конструкций менее устойчива к воздействию огня и вопрос огнезащиты является одним из определяющих факторов надежности для данных конструкций. Пожары подразделяются на следующие типы, представленные на рисунке 1.



Модели температурного режима пожара

Рис.1. Модели температурного режима пожара.

Особенности применения огнезащитных материалов на объектах нефтегазовой отрасли заключаются в том, что они подвержены углеводородному пожару. Как видно из рисунка углеводородное горение характеризуется быстрым ростом температуры за короткий промежуток времени.



Рис. 2. Вспененная пенококсовая структура

Ввиду суровых условий эксплуатации конструкций для огнезащиты могут использоваться только тонкослойные вспенивающиеся краски. Данные покрытия при возникновении пожара значительно увеличиваются в объеме и создают пористый пенококсовый теплоизолирующий слой. Однако механизм вспенивания недостаточно изучен и предсказать его работу невозможно, соответственно необходимо проведение испытаний каждого материала при заданной кривой температурного режима пожара в нашем случае углеводородная. Следует отметить что для отечественных материалов испытания проводятся по гост 52, который предусматривает проведение испытаний и методы оценки для стандартной кривой, следовательно, для материалов, применяемых в нефтегазовой отрасли не подходит.

Производители совершают попытки сертифицировать продукцию и в отечественной нормативно-технической базе был выпущен ГОСТ Р ЕН 1363 2 2014 в котором изложены основные понятия об углеводородном горении и представлена кривая температурного режима, однако в нем не изложены методы оценки и методика проведения испытания.

Вторым фактором возможности применения огнезащитных материалов заключается их адгезионные свойства. Помимо быстрого роста температуры, углеводородная струя обладает высокой плотностью и скоростью потока, что приводит к необходимости применения покры-

тий с повышенными адгезионными свойствами. Данному критерию из имеющихся на рынке покрытий отвечают лишь краски на эпоксидной основе.

Таким образом вопрос применения огнезащитных материалов в условиях углеводородного горения остается открытым и требующим более детальных исследований в данной области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014 "Конструкции строительные. Испытания на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные методы"
2. ГОСТ 30247.0-94. «Конструкции строительные. Методы испытания на огнестойкость»
3. *Ненахов С.А. Пименова В.П., Пименов А.Л* Проблемы оценки ресурса рабо-госпособности огнезащитных вспенивающихся покрытий / Пожаровзрывобезопасность М.: №8, 2009 г
4. *Халилова Р.А.* Повышение огнестойкости металлических конструкций объектов нефтегазовой отрасли применением вспучивающихся красок: дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2008. 108 с
5. *Федоров В.С.* Основы обеспечения пожарной безопасности здания. -М.:Изд-во АСВ, 2004.
6. *Robin Wade*, Chartek Technical Lead «Partners in Engineered Design Solutions for hydrocarbon processing assets?». Presentation of International Fire and Security Conference & Exhibition. 2015. July.
7. UL 1209 (ISBN 07629-1074-7)

Студентка 4 курса 36 группы ИСА Безверхова Е.О.

Студент 3 курса 24 группы ИСА Чернов А.Д.

Научный руководитель – ст. преп., канд. техн. наук. А.С. Пулипенко

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СТЕКЛА В СОСТАВЕ ДЕКОРАТИВНЫХ БЕТОНОВ

Декоративный бетон можно применять для обустройства элементов фасада зданий, в декоративных плитах для отделки здания, в ограждающих конструкциях зданий, в малых архитектурных формах, в качестве напольного покрытия. Он должен придавать уникальный вид сооружению, помогать создавать новые архитектурные решения [1].

Одним из наиболее распространённых традиционных заполнителей может являться стекло. Анализируя литературу, можно сделать выводы, что стекло в данный момент чаще всего используется, как декоративный элемент в виде смальты (наиболее распространённая технология), витражных стёкол, мозаичных элементов, фьюзинга. Смальта – непрозрачное или полупрозрачное стекло, сделанное по специальной технологии для использования в мозаиках, благодаря отличным художественным свойствам [2]. Имеет ряд достоинств по сравнению с другими облицовочными декоративными материалами, она может обладать следующими достоинствами, она водонепроницаема и износостойкая, что позволяет использовать смальту в облицовке ванных комнат, бассейнов и в других помещениях, где присутствует повышенная влажность. Главные минусы смальты – трудоемкость и цена на отделку такого типа. В настоящее время в составе декоративных бетонов стекло практически не используется или используется, но с осторожностью. Целью нашей исследовательской работы является разработка способов в введение различных типов стекла и цветных пигментов в бетонную смесь, для придания бетону повышенных декоративных свойств. Может быть рассмотрено также, создание новой композиции из стекла разных фракций и цвета и способы нанесения декоративной бетонной смеси. В данной работе мы будем применять: глушеное, прозрачное и полупрозрачное стекло, минимальной или максимальной исследованной фракции (рис.1). Так же целью может являться исследовать влияние щелочной среды бетона на коррозию стекла и компенсация или нейтрализовать этого эффект. Рассматриваемыми приёмами ввода стекла в бетонную смесь являлись следующие способы: при смешивании бетонной смеси вводилась стеклянная крошка, второе, стекло выкладывалось на поверхность бетонной смеси. Чтобы бетон приобрёл определённый цвет, в него можно добавить различные пигменты. Для увеличения адгезии стекла и бетона, будем использоваться стекло, обработанное абразивом

в виде гранатового песка в шаровой мельнице, чтобы оно обрело более окатанную форму и шероховатую поверхность.

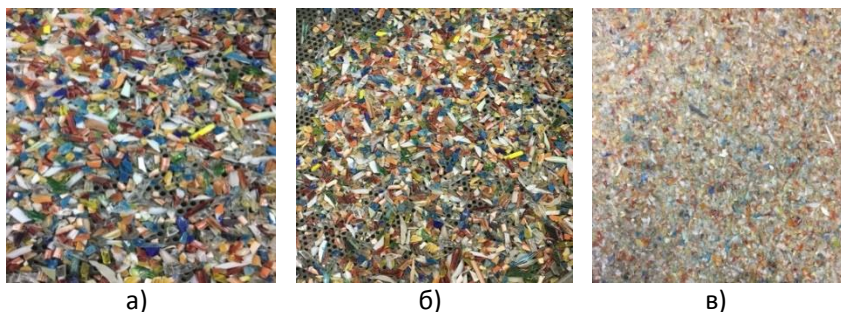


Рис.1. Размеры частиц стекла а) 2,5 мм, б) 1,25 мм, в) 0,63 мм

Главной проблемой при создании декоративных бетонов по такой технологии является сохранение свойств стекла при введении его в щелочную среду стандартной бетонной смеси на портландцементе. В результате протекания реакции гидратацией в бетонной смеси образуется $\text{Ca}(\text{OH})_2$, который реагирует со стеклом, происходит реакция выщелачивания и со временем стекло теряет свои свойства.

Решить эту проблему можно несколькими способами, например, применив ШПЦ или пуццолановый портландцемент в роли вяжущего поскольку содержание щелочей в них намного меньше. Также возможно введение различных добавок, которые будут понижать щелочность нашей среды. Проведенный литературный обзор позволяет сделать вывод, что декоративный бетон с заполнителем в виде стекла не распространен в архитектурных элементах здания. Однако бетон с таким видом заполнителя является художественным, архитектурно выразительным и эстетически красивым.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Баженова О.Ю., Баженова С.И.* Особенности структуры декоративных бетонов // *Успехи современной науки* - 2016. Том 3 №6. С. 21.
2. *Дворкин Л.И., Дворкин О.Л.* Строительные минеральные вяжущие материалы. Учебное пособие. С. 433.

Студентка 4 курса 36 группы ИСА Безверхова Е.О.

Студент 3 курса 24 группы ИСА Чернов А.Д.

Научный руководитель –доц., канд. техн. наук., В.С. Семенов

НАПРАВЛЕНИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПЕНОСТЕКЛА

Пеностекло – это тепло- и звукоизоляционный материал, получаемый путем высокотемпературной плавки сырьевой смеси – стекольного боя, размолотого в порошок, и газообразователя. Сравнивая его с другими теплоизоляционными материалами, можно выделить ряд преимуществ: долговечность (срок службы до 100 лет), малое водопоглощение (2...15% по объему), пожаробезопасность, высокая прочность (предел прочности на сжатие до 2 МПа, изгиб до 1 МПа), стойкость к агрессивным средам и экологическая безопасность [3]. Недостатком пеностекла является его высокая стоимость – цена за 1 м³: плиты от 19000 рублей, гранулированное пеностекло от 7000 рублей.

Целью данной работы является изучение возможности модификации структуры и свойств пеностекла, снижения его себестоимости за счет вариации гранулометрического состава стекольного порошка и использования различных стеклянных отходов в производстве пеностекла.

Рассмотрим основные технологические этапы производства пеностекла:

1. Измельчение стекольного боя до порошка определенной крупности;
2. Нагрев сырья до размягчения стекольного порошка до температуры 650...700°C;
3. Нагрев сырья до температуры начала газообразования 720-800°C [4] и выдерживание при данной температуре;
4. Понижение температуры на 160...180°C, при этом повышается вязкость вспененной стекломассы для предотвращения её осадки.
5. Медленный режим охлаждения – отжиг, для перевода пеностекла в твердое состояние и предотвращение его растрескивания.

Главными этапами производства являются: переход стекла в пластичное состояние и начало выделения газа из газообразующего вещества. Вспенивание стекломассы характеризуется двумя типами факторов: физико-химическими и технологическими [1]. К физико – химическим относятся: поверхностное натяжение расплава и его вязкость. К технологическим относятся: размеры частиц стекла, температура плавления, высота и продолжительность вспенивания [1].

При производстве пеностекла планируется использовать стеклянные отходы – бутылочное стекло. Регулируя гранулометрический состав

стекольного порошка, предполагается достичь повышения пористости, тем самым направленно изменять структуру и свойства пеностекла. При использовании такого стекла мы получаем несколько преимуществ – переработка и утилизация отходов, а также снижение температуры в процессе производства пеностекла (т.к. средняя температура размягчения вторичного стекольного боя 600...700°C), что впоследствии уменьшит стоимость производства.

Вторым компонентом сырьевой смеси для производства пеностекла является газообразователь. Он должен отвечать основному требованию: выделение газа должно происходить при температуре на 50...70С^o выше температуры размягчения стекла, газообразование должно происходить одновременно по всему объему и должно обеспечиваться необходимое давление [2]. В табл. 1 приведены виды газообразователей.

Таблица 1

Виды газообразователей для производства пеностекла

Газообразователь	Температура спекания °С	Кол-во газообразователя, % по массе	Характер пор стекла	Цвет стекла
Пиролюзит MnO ₂	680-720	2,9-5,0	Открытые, замкнутые	Фиолетовый
Известняк	760-775	0,5-1,0	Преимущественно открытые	Белый
Азотнокислый натрий NaNO ₃	720	2,9-5,0	Открытые	Белый, серый
Антрацит	770-780	1,9-3,0	Открытые, замкнутые	Желтый, темно-серый
Кокс	790-800	1,9-3,0	Замкнутые	Коричневый до черного
Карбид кремния	850-900	1,0-3,0	Замкнутые	Серый
Графит	850-900	1,0-2,0	Замкнутые	Серый, черный

Газообразующее вещество, которое мы будем применять для вспенивания стекла, будет подбираться экспериментальным путем. Оно должно отвечать следующим требованиям: относительно небольшая стоимость, не должен быть дефицитным и не должны выделяться токсичные вещества. Проведенный литературный обзор позволяет сделать вывод, что путем использования отходов бутылочного стекла и изменения размера частиц стеклянного порошка, можно достичь уменьшения

себестоимости пеностекла, модифицировать его свойства и сделать его более доступным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Н.С. Шелихов, Р.З. Рахимов.* Производство и применение пено-стекла в тепловой изоляции: учебное пособие. Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2016. 63-64с., 84с.
2. ГОСТ 33676-2015 Материалы и изделия из пеностекла тепло-изоляционные для зданий и сооружений. Классификация. Термины и определения
3. ГОСТ 16381-77. Материалы и изделия строительные теплоизо-ляционные. Классификация и общие технические требования.
4. *Демидович Б.К.* Производство и применение пеностекла. - Минск: Наука и техника, 1972, с. 126-145. Патент США № 4198224, кл. 65-22, опублик. 1980.

Студенты 2 курса 11 группы ИГЭС Бручев В.Д., Филиппов Г.В.
Научный руководитель — проф., д-р техн. наук, проф. Е.В. Ткач

СУЩНОСТЬ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА И СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Как известно, в современном строительстве наиболее широко применяются бетонные и железобетонные конструкции. Действительно: мосты, высотные здания, парковки, склады, промышленные здания, а также некоторые здания сельскохозяйственного назначения – все это сооружено с применением бетонных и железобетонных конструкций. Такая популярность бетонных конструкций обусловлена высокой прочностью бетона, его долговечностью, устойчивостью и технологичностью, однако и у бетонных конструкций есть существенные недостатки, а именно, низкая прочность на растяжение и склонность к образованию трещин под нагрузкой. Решение этих проблем привело к созданию конструкций из предварительно напряженного железобетона. Установка и монтаж такого рода конструкций происходит по следующей технологии: Сначала укладывается стальная арматура, обладающая высокой прочностью на растяжение, затем арматурные стержни натягиваются механическим или электротермическим способом, затем заливают бетонную смесь. После схватывания бетона арматуру «отпускают», таким

образом, остаточные растягивающие напряжения передаются окружающему бетону, в результате чего он оказывается сжат. Подобная технология позволяет увеличить жесткость и трещиностойкость конструкций. Существует два способа создания конструкций из предварительно напряженных конструкций:

1. Путем предварительного напряжения арматуры с последующей передачей усилий бетона при непосредственном его сцеплении с арматурой.

При таком способе уложенную в форму и не забетонированную арматуру натягивают, оставляя один конец элемента зажатым в упоре, а другой - в растягивающем устройстве. Затем элементы растягивают до заданных напряжений, находящихся в пределах упругих деформаций, после чего второй конец арматуры также закрепляют в упоре.

После растяжения и закрепления арматуры в упорах элемент бетонируют, а после набора бетоном прочности, освобождают арматуру от упоров.

2. Путем сцепления арматуры с уже затвердевшим раствором.

В отличие от предыдущего, при этом способе сначала создается бетонный элемент со специальными каналами и пазами, диаметр которых превышает диаметр укладываемой в них арматуры на 5-15 мм. После набора прочности бетоном, в пазы укладывают арматуру и растягивают ее таким образом, что она не имеет сцепления с бетоном. Обжатие бетона происходит в процессе натяжения арматурных элементов. Впоследствии каналы и пазы заполняются бетоном марки не ниже М300 инъекционным методом, то есть нагнетая бетонную смесь под давлением через отводы или отверстия в концевых анкерах, на которых закреплена напряженная арматура.

Для надежного сцепления арматуры с бетоном применяют арматуру периодического профиля или витую, или имеющую анкеры на концах.

Применяют четыре метода натяжения арматурных конструкций: механический, электротермический, комбинированный и физико-химический. При механическом способе растяжение арматуры производится при помощи гидравлических или винтовых домкратов, или же при помощи простейших устройств, таких как систему блоков и рычагов, снабженную динамометром. При этом натяжение может осуществляться как одиночными стержнями, так и группами стержней.

При электротермическом натяжении арматурные стержни нагревают электрическим током до температуры 300-400°C, в результате чего они удлиняются. Нагретые стержни укладывают в форму, а концы закрепляют в упорах. После остывания в зафиксированных стержнях возникают растягивающие напряжения. Комбинированный способ совмещает механическое и электротермическое натяжение арматуры, производи-

мые одновременно. При физико-химическом методе натяжения арматуры растяжение элементов достигается за счет расширения бетона, приготовленного на специальном напрягающем цементе в процессе его гидротермической обработки. В отличие от ненапряженных железобетонных конструкций, конструкции из предварительно напряженного железобетона имеют большую жесткость и трещиностойкость, повышенную сейсмостойчивость, долговечность, а также выносливость при повторяющихся динамических нагрузках, кроме того, подобные конструкции позволяют использовать высокопрочную арматуру, достигая при этом до 40% экономии металла и создавать комбинировать различные виды бетона в одной конструкции. Кроме того, такие конструкции безопаснее, потому что перед разрушением имеют большой прогиб, что позволяет определить, что ресурс конструкции почти исчерпан.

Но предварительно напряженный бетон также имеет и ряд недостатков, таких как повышенная трудоемкость при изготовлении, большая масса и тепло- и звукопроводность, меньшую огнестойкость, кроме того, действие коррозии на такие конструкции более разрушительно, так как арматура быстрее теряет пластические свойства. Также конструкции из предварительно напряженного железобетона сложнее усиливать и укреплять.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. <http://www.stroy-armatura.ru>
2. <http://www.alobuild.ru>
3. *С. Г. Стронгин, Г. А. Шестак, Ю. С. Тимьянский, П. П. Сербинович* Строительные конструкции. 2-е изд., перераб. — М.: Стройиздат, 1979
4. <https://ru.wikipedia.org>
5. *Ю. М. Баженов, А. Г. Комар* Технология бетонных и железобетонных изделий. М: Стройиздат, 1984

КЕРАМИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ СТАЛИ

Исследование и вовлечение в производство новых, ранее не используемых отходов производства и потребления, является актуальной задачей, напрямую связанной с сохранением природных ресурсов и защитой биосферы от загрязнения. К таким отходам относятся дисперсные отходы, образующиеся при гидроабразивной резке металлов. Целью нашей работы является исследование состава и свойств отходов гидроабразивной резки стали оценка возможности использования их в производстве строительных материалов.

Принцип действия гидроабразивной резки заключается в том, что поток воды, проходя через отверстие диаметром 0,2...0,8 мм, разгоняется до скорости порядка 300...900 м/мин, смешивается с абразивом и под высоким давлением (200...900 МПа) направляется на разрезаемую поверхность. Физическая суть механизма гидроабразивной резки состоит в отрыве и уносе из полости реза частиц материала скоростным потоком твердофазных частиц. В результате процесса гидроабразивной резки образуются отходы в виде шлама, содержащего абразив, частицы разрезаемого материала и воду. Шлам обезвоживается, а сухой остаток складывается на предприятии.

В качестве абразива используется гранатовый песок состоящий преимущественно из алмандина $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$ - одного из самых твердых и прочных из известных полезных ископаемых. Твердость его - 7...8 по шкале Мооса, плотность - 4,1...4,3 г/см³. Алмандин обладает высокой устойчивостью к разрушению, отсутствием токсичности по отношению к человеку и окружающей среде. Главными производителями гранатового песка являются Индия, Австралия, ЮАР, Чехия, Китай.

Мы исследовали гранатовый песок одного из основных российских поставщиков АО "Р-Гарнет", который является разработчиком ТУ на гранатовый абразив. Влажность песка составила 1,5%, насыпная плотность - 2,31 г/см³, плотность зерен - 3,805 г/см³, межзерновая пустотность - 39,29%. Песок представлен двумя фракциями: частный остаток на сите 0,315 мм - 75,6%, на сите 0,16 мм - 24%, проход через сито 0,16 мм составил всего 0,3%. Модуль крупности равен 1,752. Примерный химический состав исследованного гранатового песка (фирма Garnet "MICROBLAST"), % по массе: SiO₂ - 31,00%, Al₂O₃ - 21,60%, Fe₂O₃ - 37,00%, MgO - 7,40%, CaO - 1,84%.

Посчитанное нами количество отходов, образующихся при резке

стали, для одной установки гидроабразивной резки средней мощности (Water Jet Sweden NC3015, предприятие ООО "СК Модуль", Химки) составило примерно 200 кг в сутки, в пересчете на сухую часть отходов с учетом полезного времени работы установки.

Исследование сухой части отходов дало следующие результаты: истинная плотность - $3,7 \text{ г/см}^3$, насыпная плотность - $2,2 \text{ г/см}^3$. По сравнению с исходным абразивом резко меняются характеристики гранулометрического состава: практически исчезает фракция крупнее $0,315 \text{ мм}$ (частный остаток на сите $0,315 \text{ мм}$ всего $1,6\%$), что говорит о разрушении частиц исходного абразива. Появляется большое количество мелких (фракция $0,16...0,315 \text{ мм}$ - $70,5\%$) и мельчайших (фракция менее $0,16 \text{ мм}$ - $27,1\%$) частиц. Такое изменение гранулометрического состава объясняется еще и тем, что к мельчайшей пылевидной фракции присоединяются частицы разрезаемого металла.

Микроскопическое исследование, выполненное на растровом электронном микроскопе FEIQUANTA, показало, что частицы размерами от $0,16$ до $0,315 \text{ мм}$ "щебневидные", неправильной формы, разного размера, и представлены претерпевшим разрушение гранатовым песком. Более крупные частицы разрушенных песчинок абразива покрыты мельчайшими частицами - продуктами разрушения самого абразива и подвергаемого резке металла. Структура мельчайших частичек преимущественно листовидная, слоистая, с острыми гранями

Пылевидная фракция была просеяна через сито 008, и остаток на нем составил 31% . То есть 69% частиц пылевидной фракции имеют размеры менее 80 мкм , что соизмеримо с размерами частиц портландцемента. Со стороны химического состава подтверждается высокое содержание оксида железа Fe_2O_3 в отходах - более 35% . Оно может быть выше, чем в исходном абразиве за счет продуктов разрушения разрезаемого металла. В существенных количествах присутствуют также: SiO_2 - $31,02\%$, Al_2O_3 - $17,22\%$, TiO_2 - $7,62\%$, MgO - $6,74\%$. Комплексное исследование состава и свойств отходов гидроабразивной резки стали показало, что они представляют собой очень мелкие, практически монофракционные, тяжелые пески с высоким содержанием пылевидной фракции, в химическом составе которых, преобладают оксиды железа, кремния и алюминия. Такая характеристика отходов позволила наметить возможные пути их использования.

Наиболее целесообразным на данном этапе исследования представляется использование данных отходов в производстве изделий строительной керамики, доля которых в современном строительстве будет возрастать. Причем, ввиду дефицита кондиционного сырья, тенденцией является работа на искусственных многокомпонентных шихтах, в которых природное сырье составляет незначительную долю, а основной

объем приходится на вторичное сырье. Для исследования поведения отходов при обжиге в составе керамической массы были изготовлены образцы-кубики с ребром 5 см. Использовалось полиминеральное глинистое сырьё с технологической линии ОАО "Лосиноостровский завод строительных материалов и конструкций" следующего минерального состава: кварц - 49%, монтмориллонит - 25%, гидрослюда - 7%, микроклин - 5%, каолинит - 3%, гематит - 2%, анортит - 1%, аморфная фаза - 8%. Химический состав глинистого сырья: Al_2O_3 —14,85%, SiO_2 — 65,08%, Fe_2O_3 — 11,65%, K_2O — 3,45%, MgO — 1,98%, TiO_2 — 1,51%, CaO — 1,24%, MnO_2 — 0,24%. Пробный состав керамической массы: 50% глины и 50% отходов с водотвердым отношением 18%. Образцы высушивались при температуре 105°C, а затем подвергались обжигу при 900 С. Известно, что алмадин при температуре выше 900°C разлагается с образованием ферромагнитного королька из герцинита, железистого кордиерита и фаялита. Этот возможный процесс при формировании керамического черепка требует специального исследования. При обжиге не наблюдалось деформации образцов, растрескивания, аномалий цвета. Средняя плотность образцов после обжига составила 2,4 г/см³, водопоглощение - 11,6%, предел прочности при сжатии - 13,47 МПа, что соответствует марке 125. Цвет образцов - красный. Предварительное исследование позволяет сделать вывод о возможности использования отходов гидроабразивной резки стали для изготовления керамических изделий в качестве полифункционального компонента: отошающей добавки, флюса (плавня), для окрашивания керамического черепка (ввиду наличия хромофоров - оксида железа и вишнево-красного минерала - алмадина). Ознакомление с литературой по использованию отходов не дает достаточной информации по утилизации отходов гидроабразивной резки, что может быть связано с отсутствием интереса к отходам, образующимся в небольших количествах. Считаем, что наряду с так называемыми многотоннажными отходами промышленности, отходы, образующиеся в умеренных количествах, также могут заполнить нишу ресурсного дефицита в производстве того или иного материала.

ПРОБЛЕМЫ СТОЙКОСТИ НАПОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ХОЛОДИЛЬНИКАХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

К конструкции напольных покрытий современных промышленных холодильников предъявляется большой спектр требований: прочность, стойкость к коррозии, тепло- и термоизоляция. Все они позволяют обеспечить должные качества и необходимый срок службы. Однако, в процессе эксплуатации пола под влиянием различных факторов происходит постепенное изнашивание, а в дальнейшем, при достижении напряжений и деформаций предельных значений, начинается частичное или полное разрушение, проявляющееся образованием различных повреждений и дефектов. Можно выделить три наиболее распространенных фактора, влияющих на целостность напольного покрытия: соблюдение условий эксплуатации; качество строительства; правильность принятых технических и технологических проектных решений.

Нами были обследованы промышленные холодильники в Московском регионе и, в частности, холодильники в Домодедовском регионе Московской области. На основе этих наблюдений можно выделить наиболее часто встречающиеся дефекты напольных покрытий промышленных холодильников [1]. Начальным этапом разрушения пола является шелушение, то есть отслаивание тонких слоев бетона, представляющих собой чешуйки (толщина 2-5 мм) или тонкие лещадки (до 40 мм), с выкрашиванием мелких частиц - щебня, цементного камня и песка (Рис.1).



Рис.1. Шелушение бетонного покрытия

Шелушение может возникать по причине нарушения связности цементного камня с заполнителем, что является следствием выбора и использования некачественных материалов, а также нарушения производственных работ [2]. В дополнение к этим причинам на развитие шелушения влияют эксплуатационные факторы. В результате шелушения снижается толщина плиты напольного покрытия и уменьшается его не-

сущая способность. Выкрашивание крупного заполнителя бетона приводит к образованию выбоин, раковин, сколов и проломов плит. Выбоины представляют собой воронкообразные углубления диаметром 5-10 см и глубиной около 1-5 см (Рис.2).



Рис.2. Выбоины на поверхности бетонного покрытия

Они образуются на основе выкрашиваний под действием регулярных повторяющихся динамических нагрузок. Раковины сходны по своей форме с выбоинами, но имеют меньший размер. Причиной их образования является содержание крупного заполнителя в виде гравия с низким показателем по прочности, который быстро разрушается и из-за низкого сцепления с бетонным камнем выпадает из плиты. Еще одним дефектом, наблюдаемым на поверхности пола, являются трещины. Они подразделяются на сквозные, поверхностные и волосяные. Сквозные трещины чаще всего развиваются в местах наиболее неудачного сочетания разного рода нагрузок и воздействий при наличии недоуплотненного грунтового основания. В этом случае в бетоне возникают напряжения, превышающие предел его прочности на растяжение. Сквозные трещины опасны тем, что снижают несущую способность бетонных плит пола. На неармированных угловых участках плит часто наблюдаются косые трещины, который сильно разветвляются и крошатся. Из-за ненадлежащей нарезки швов можно также наблюдать трещины вдоль самих швов. Поверхностные трещины возникают при действии вибрационных нагрузок, а также усадочных и температурных напряжений. Они имеют свойство разветвляться в различных направлениях и увеличиваться в длину и глубину. Возникновение таких трещин обусловлено неправильным подбором состава бетонной смеси, ненадлежащим уходом за свежеложенным бетоном и неверной нарезкой швов.

Волосяными трещины являются тогда, когда их раскрытие составляет менее 0,1 мм. В основном они возникают при усадке бетонной смеси в виде густоразвитой сетки. Причиной их появления являются неверный подбор состава бетонной смеси или ненадлежащий уход за бетоном в начале твердения [3,4]. Дальнейшее развитие трещин в результате воздействия вертикальных нагрузок приводит к отколу углов и краев плит и их проседанию, а также расколу на более мелкие части (Рис.4).



Рис.4. Откол угла плиты

Все это является следствием неверной нарезки швов и преждевременного начала эксплуатации пола. Перекос и просадка плит пола промышленных холодильников и в дальнейшем потеря несущей способности и разрушение всего сооружения является следствием пучения грунта. Низкая температура промышленного сооружения приводит к промерзанию полов в нем. Это промерзание со временем достигает грунта, что и вызывает пучение грунта.

Рекомендации и выводы:

1. На износостойкость бетонного покрытия влияют: ненадлежащая эксплуатация и технологические ошибки.
2. Для изготовления ремонтных составов для бетонных полов с полимерным покрытием и без него необходимо определить минеральный состав эксплуатируемых полов.
3. Изучить динамику деструктивных процессов напольных покрытий с применением «Метода акустической эмиссии» в условиях эксплуатации при постоянно действующих низких температурах (-25°C).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пособие по проектированию зданий холодильников (в развитие главы СНиП 2.11.02-87 «Холодильники») шифр 08-0196-87/6-88.
2. Гориков В.М. Методы физико-химических исследований стр. материалов. — М.: Стройиздат, 1980.
3. Козлов В. В. Строительные сухие смеси. — М.: АСВ, 2000.
4. Козлов В.В., Камсков В.П. Гидроизоляционные материалы- Издательство АСВ, Москва, 2014 г.

ДРЕНАЖНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ КРОВЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В настоящее время при строительстве и эксплуатации жилых домов, промышленных зданий и сооружений наблюдается подтопление подвальных помещений. Источниками подтоплений могут являться грунтовые и поверхностные воды, а также утечка из коммуникаций.

Традиционно для защиты подземных и заглубленных сооружений от подтопления предусматривают устройство гидроизоляции в сочетании с пристенным и кольцевым трубчатым дренажом. Однако подобные защитные конструкции не всегда обеспечивают надежную защиту сооружений от грунтовых вод.

В качестве пристенного дренажа часто применяют дренажные плиты из фильтрационных материалов: фильтрационного бетона (ФБ), фильтрационного пенополистирола (ФППС) и др. ФБ имеют открытую пористую структуру, за счет того, что связующее, обволакивая зерна заполнителя, оставляет пространство между ними, обеспечивая отвод воды. Но такие плиты имеют ряд недостатков: большую массу, хрупкость, трудоемкость при монтаже. ФППС отличаются малой массой, высокой водопропускной способностью, стойкостью к агрессивным грунтовым водам. Однако при увеличении глубины заложения значительно снижается их водопропускная способность, поверхностные слои заполняются грунтом, что снижает эффективность плит на 30-80%.

В последние годы все большее распространение получили пристенные дренажи в виде одно- и многослойных полиэтиленовых полотен с округлыми шипами (Delta, Planter и др.). Применение таких материалов не всегда эффективно, они горючи, трудно утилизируются и являются серьезным источником загрязнения почвы и окружающей среды [1].

Согласно «Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года» распоряжением Правительства РФ от 10 мая 2016 г, приоритетными направлениями являются развитие энергоэффективных технологий, применение биопозитивных материалов и вовлечение отходов в производство.

Ежегодно при производстве кровельных материалов только на одном заводе образуется более 7,5 тыс. т отходов, которые представляют собой пропитанные битумом обрывки синтетических и стеклотканей малых размеров и неопределенной формы. Такие отходы относятся к IX классу опасности, утилизировать их трудно из-за формы и размеров, а

уничтожить сложно, т. к. они не гниют и могут долго сохраняться, а сжигание их чрезвычайно проблематично из-за высокого содержания битума. Поэтому вокруг каждого завода, производящего рулонные кровельные материалы, образуются огромные горы отходов, которые не только загрязняют окружающую среду, но и создают значительную пожарную опасность.

Целью данной работы является разработка дренажного плитного материала на основе отходов кровельной промышленности, волокна которого склеены в точках контакта. Было исследовано влияние различных технологических факторов (температуры, времени перемешивания и ширины волокна) на прочность и водопроницаемость материала. Прочность материала на разрыв и водопроницаемость (коэффициент фильтрации) определялись согласно нормативным документам [3,4]. Исходя из полученных данных, установлено, что большое влияние на пористость и водопроницаемость оказывает ширина волокна. С ее уменьшением увеличивается количество пор и их размер в материале, и, следовательно, водопроницаемость становится выше. Однако повышение температуры и времени перемешивания отрицательно сказывается на значениях пористости и, соответственно, водопроницаемости материала. Это происходит по той причине, что битум, выделяющийся более интенсивно при повышении температуры, способствует омоноличиванию материала, что препятствует образованию пор. Результаты испытаний представлены на графиках (рис. 1,2). С помощью математических методов планирования эксперимента были установлены следующие оптимальные технологические параметры: температура перемешивания материала (t°) 130-140 $^\circ$ C; время перемешивания (τ) 20-25 мин.; ширина волокон материала (b) 0,8-1,0 мм. Определены значения физико-механических свойств материала: прочность при разрыве (R_p) 0,8-1,1 МПа; водопроницаемость (K_f) 170-200 м/сут.; пористость (Π) 30-35%. Таким образом, новый дренажный материал, разработанный на основе переработки отходов кровельного производства, обладает достаточной прочностью, высокими показателями водопроницаемости и пористости, отвечает техническим требованиям, предъявляемым к гидроизоляционным материалам и может быть рекомендован для применения в подземном строительстве.

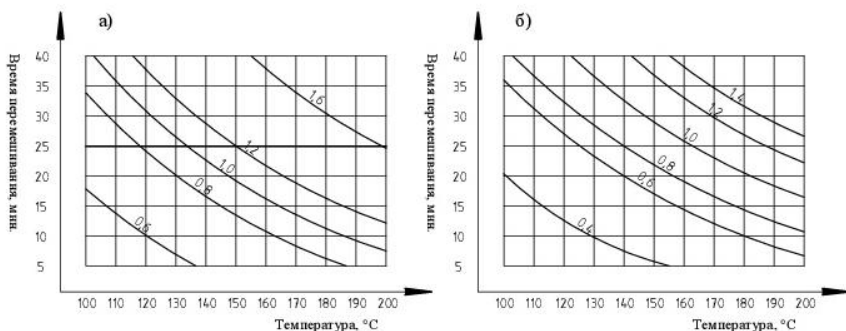


Рис. 1. Зависимость прочности от температуры и времени перемешивания дренажного материала при ширине волокна: а) 0,8 мм; б) 2,2 мм

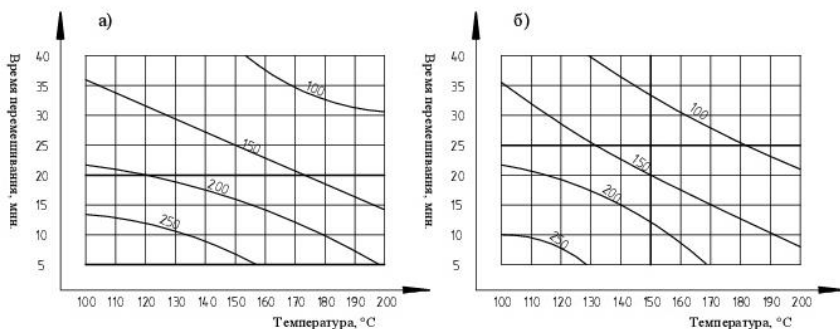


Рис. 2. Зависимость водопроницаемости от температуры и времени перемешивания дренажного материала при ширине волокна: а) 0,8 мм; б) 2,2 мм

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шилин А.А., Зайцев М.В., Золотарев И.А., Ляпидевская О. Б. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте: Учеб. пособие. -Тверь, 2003. 396с.
2. ГОСТ 2678-94 Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний (с Изменением N 1)
3. ВСН 6-94 Указания по применению фильтрующих плит в конструкциях пристенных и пластовых дренажей зданий и инженерных сооружений, - Департамент строительства научно-техническое управление НИИМОССТРОЙ, Москва-1997.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ

В наше время научный прогресс не стоит на месте. Эта тенденция соблюдается и в производстве различных стройматериалов. На рынке каждый день появляются различные альтернативы старым, но проверенным товарам. Так происходит и с арматурой. Всем нам известна металлическая арматура, но в последнее время становится популярным такой продукт, как композитная арматура. Композиционными принято называть искусственно созданные материалы, состоящие из пластичного связующего компонента – матрицы и жесткого упрочняющего наполнителя и обладающие новыми свойствами по сравнению с составляющими. В полимерных композиционных материалах матрица образована из термореактивных или термопластичных полимеров. Неметаллическая арматура – это композитный материал, состоящий из пучка ориентированных волокон диаметром 8-20 мкм и полимерного связующего, чаще всего на основе эпоксидной смолы и ее модификаций. АКП изготавливается из волокон двух видов посредством формирования силового стержня (рис. 1). Сегодня для этого используется такой метод, как “нидлтрузия”. Это способ изготовления АКП, при котором композитную арматуру протягивают сквозь полимеризационную камеру, не используя фильеры. При этом поверхность арматуры, которая пропитана связующим, обматывается полимером [1,2].

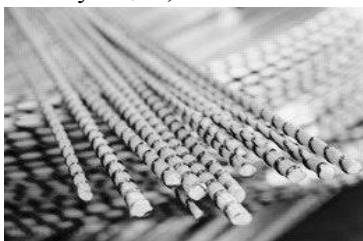


Рис. 1. Композитная арматура



Рис. 2. Крепление АКП проволокой

Она успешно используется на всемирном рынке строительных материалов долгие годы. Но в России АКП – относительная новинка, и не все застройщики знакомы со свойствами композитных и полимерных изделий. Композит в АКП бывает совершенно различным, например, стеклопластик, базальтопластик, углепластик и др. Состоит она из пластиковых стержней, имеющих специальные технологические ребра (как у стальной арматуры) или песчаное покрытие. Первоначально заинте-

ресованность к АКП появился ещё в середине 20-го века, из-за того, что привычная нам арматура была несовершенна, и проявлялось это в коррозии и последующих разрушениях бетонных конструкций. Сооружения все чаще и чаще стали возводиться в агрессивных средах, где трудно соблюдать необходимую коррозионную стойкость при эксплуатации стальной арматуры. Так же возникла необходимость в антимагнитных и диэлектрических свойствах конструкций различного назначения, и возведение сложных и высокотехнологичных сооружений потребовало упрочнения и облегчения сооружений. Немаловажную роль в изучении композитной арматуры сыграл дефицит в рудах, которые бы удовлетворяли непрерывно растущие потребности в стали и легирующих присадках. Данные условия подвигли к исследованию качеств арматуры и прогрессированию технологий изготовления композитной полимерной арматуры. О технологическом процессе и характеристиках АКП известно многое, и многие производители утверждают, что неметаллическая арматура прочнее, чем стальная, все же вторая приоритетнее. Отойдет ли стальная арматура на второй план и выйдет ли в лидеры АКП? Дать точный ответ мы сможем, лишь соотнеся положительные и отрицательные свойства композитной арматуры. Ожидания, что АКП уникальна - ошибочны, но если ей найти правильное применение, основываясь на условиях эксплуатации, то можно добиться на самом деле великих результатов. Если использовать положительные качества АКП и нивелировать отрицательные, то будет обеспечена более продолжительная и качественная эксплуатация, без значительных затрат [3,4]. Первый и, возможно, один из самых важных факторов - экономический. Композитная арматура гораздо дешевле, и экономическая картина складывается не только из разницы в цене металлической и полимерной арматуры. Высокий предел разрушающего воздействия – еще одно достоинство композитной арматуры, он почти в 2,5 раза выше, чем у стальной, если учитывать, что мы берем образцы равного диаметра. Выполнение комплексных работ по компенсации растягивающих воздействий в бетонном массиве у композитной арматуры получается намного лучше, чем у всеми нами известной стальной. Так же нельзя не учесть, что в процессе производства пластиковым стержням можно придать фактуру поверхности, которая будет способствовать максимально эффективному сцеплению с бетонной массой. Еще одним наглядным плюсом является то, что композитная арматура крайне устойчива к агрессивным средам. АКП не корродирует, а бетонные конструкции все время находятся в условиях высокой увлажнённости или подвержены воздействию солей, и если проводить армирование композитом – срок службы построек увеличивается. Так же композитная арматура легче металлической в пять раз, если брать образцы равного

диаметра, и в 11, если брать образцы равной прочности. Появляется экономия на перевозке и проявляется уменьшение веса конечного бетонной сооружения. Это так же объясняет колоссальную экономию и АКП становится еще более экономически целесообразна. Коэффициент температурного расширения композитной арматуры практически равен коэффициенту температурного расширения бетона, вследствие чего не возникает дополнительных нагрузок. Устойчивость к низким температурам так же является несомненным плюсом композитной арматуры, ведь она не теряет прочность при падениях температуры вниз. Нельзя не отметить факт того, что АКП долговечна - постройки с использованием композитной арматуры отличаются повышенным периодом эксплуатации, который по оценкам экспертов может достигать до 80 лет. Так же такая арматура является диэлектриком, который способен беспрепятственно пропускать радиоволны. Это имеет особую важность возведения специальных сооружений повышенной ответственности. Что касается недостатков, то без них в АКП так же не обошлось. Композитная арматура характеризуется низкой термостойкостью. АКП - самозатухающий материал, который неогнеопасен, но если мы нагреем его выше 200 градусов Цельсия, то будет страдать прочность и надежность данного материала, а при температуре до 600 градусов Цельсия, у материала происходит абсолютная потеря упругости. Вследствие этого обязательно внедрение дополнительных мер для теплозащиты конструкций, возведенных с помощью АКП. К недостаткам композитной арматуры можно отнести и гибкость – согнуть ее можно, прикладывая усилий в 4 раза меньше, чем к стальной [5]. Но гибкость в некоторых случаях является и несомненным плюсом, так как из-за гибкости АКП нет замены в возведении построек на сейсмоактивных территориях, что превращает это свойство при умелом использовании в несомненный плюс. Негативным фактором АКП является невозможность изменения ее формы нагревом, или другим способом на стройплощадке. И это так же является незначительным недостатком, ведь форму придают во время изготовления, то есть конечный вид изделия можно заказать у производителей. Так же в качестве минуса можно выделить невозможность соединения такой арматуры сваркой, но это нивелируется тем, что и стальную арматуру сегодня вяжут.). К тому же некоторые производители решили эту проблему изготовлением арматуры проволокой (рис. 2) со стальными концами.

Таблица 1.

Сравнение свойств композитной и металлической арматуры

Характеристики	Металлическая арматура	Стеклопластиковая арматура	Базальтопластиковая арматура
Материал	Сталь 35ГС, 25Г2С, 32Г2Рпс	АСП — стеклянные волокна диаметром 13-16 микрон, связанные полимером	АБП — базальтовые волокна диаметром 10-16 микрон, связанные полимером
Временное сопротивление при растяжении, МПа	390	600-1200	700—1300
Модуль упругости, МПа	200 000	45 000	60 000
Относительное удлинение, %	0,195	2,2	2,2
Характер поведения под нагрузкой	Кривая линия с площадкой текучести под нагрузкой	Прямая линия с упруголинейной зависимостью под нагрузкой до разрушения	Прямая линия с упруголинейной зависимостью под нагрузкой до разрушения
Плотность, кг/м ³	7,85	1,9	1,9
Коррозионная стойкость к агрессивным средам	Разрушается с выделением продуктов коррозии	Нержавеющий материал первой группы химической стойкости	Нержавеющий материал первой группы химической стойкости
Теплопроводность	Теплопроводна	Не теплопроводна	Не теплопроводна
Электропроводность	Электропроводна	Диэлектрик	Диэлектрик

Хотелось бы отметить, что только с недавних пор в России появился ГОСТ на АКП, а именно 4 декабря 2012 года была произведена регистрация ГОСТа 31938 “Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций”. Для нас это большой шаг, так как этот ГОСТ является обобщенными техническими условиями общероссийского масштаба. Так же он поясняет, что такое АКП, и устанавливает технические требования для изделий.

Можно сделать вывод, что АКП неидеальна, как и любой другой строительный материал на нашей планете, но многие специалисты признают, что плюсов у композитной арматуры гораздо больше, чем минусов, и всего лишь следует рационально выбирать ту или иную арматуру на различных строительных объектах. Если учитывать постоянное прогресс в изготовлении и использовании композитной арматуры, то ее уверенно можно называть строительным материалом будущего.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 31938-2012. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия. М.:Изд-во Стандартиформ, 2014.

2. *Голева Е.В., Гурова М.В., Панюкова Ю.В., Кретова В.М.* “Композитная арматура — новое поколение материалов”// Молодежный научный форум: Технические и математические науки: электр. сб. ст. по мат. XI междунар. студ. науч.-практ. конф. № 4

3. *Пашкевич А.А., Орешкин Д.В., Ляпидевская О.Б.* Сухие строительные смеси с полыми микросферами. В сборнике: Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов материалы V Международной научно-технической конференции: в 3-х частях. 2009. С. 207-211.

4. *Фролов Н.П.* “Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции”.- М.: Стройиздат, 1980г.

5. *Караваев И.В., Румянцева В.Е.* Теоретические предпосылки к верификации моделей напряженно-деформированного состояния в системе «Композитная арматура - Бетон» // Молодые ученые - развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК). 2016.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ БЕТОННЫХ ПОЛОВ

Важнейшим элементом любого здания является пол. Именно он принимает на себя механические воздействия от передвижения людей и механизмов, перемещения грузов и многого другого. В современном строительстве существует сложная задача – устройство полов в зданиях и сооружениях, отвечающих всему комплексу различных требований, которые зависят от назначения помещения. В поликлиниках, больницах, школах, лабораториях, аэропортах, производственных и складских помещениях, помещениях торгово-выставочных центров, различных спортивных сооружениях необходимы прочные промышленные полы. Промышленные полы - это особое напольное покрытие, которое должно соответствовать одновременно многим различным критериям. Эти покрытия используются в местах скопления людей и в производственных цехах, поэтому покрытия должны иметь стойкость к различным видам воздействия. Все требования к промышленным полам устанавливаются на этапе проектирования зданий, так как они зависят от назначения сооружения и интенсивности эксплуатационных нагрузок. Необходимыми свойствами промышленных полов являются износостойкость, высокая механическая прочность, долговечность, антиискровые свойства, негорючесть, наличие антискользящих свойств, возможность эксплуатации в широком диапазоне температур и декоративность [1,2]. В настоящее время чаще всего в качестве промышленных полов применяются бетонные полы. Чтобы получить бетонное покрытие, которое удовлетворяет все требования, нужно выполнить два условия: использовать качественные материалы (марка бетона не ниже М300) и строго соблюдать технологию устройства бетонного пола. Технология устройства включает следующие этапы: армирование, укладка бетонной смеси, разравнивание и уплотнение бетона с помощью виброрейки. Для армирования необходимо использовать специальную сетку, а при повышенных нагрузках – каркас из металлической арматуры. Необходимо, чтобы выполнялись следующие правила:

- армирующие элементы должны быть установлены до укладки бетонной смеси;
- бетонная смесь распределяется беспрепятственно, армирование не мешает распределению смеси по объему;
- бетонная смесь должна закрывать армирующие элементы полностью для создания необходимого защитного слоя против коррозии металлической арматуры.

После армирования производится укладка бетонной смеси. Для схватывания и твердения свежееуложенной смеси необходимо обеспечить специальные условия: положительная температура окружающего воздуха, высокая влажность и отсутствие сквозняков.

Бетонное покрытие при эксплуатации под действием больших нагрузок может деформироваться и разрушаться в результате на поверхности появляются мелкие пылевидные частицы. Для упрочнения покрытия и улучшения его свойств используют технологию нанесения специальных смесей - топпингов.

Топпинг - это специальная упрочняющая смесь, которая наносится на верхний слой бетона. Нанесения топпинга снижает водопоглощение, увеличивает прочность (до 70 МПа), повышает стойкость против истирания и износостойкость, обеспечивает беспыльность поверхности, и, как следствие, увеличивает долговечность бетонного покрытия [3].

Выделяют три главных вида топпингов: кварцевые, корундовые и металлизированные составы.



Рис. 1. Топпинги для промышленных полов:

- а) кварцевый топпинг, б) корундовый топпинг, в) металлизированный топпинг.

Кварцевый топпинг – это смесь, содержащая чистый фракционированный кварцевый песок. Достоинства данного топпинга: доступность и распространенность кварцевого песка, повышение прочности покрытия в 1,5 раза, возможность повышения декоративности введением красящих пигментов. Применяется в жилищном и гражданском строительстве со средними нагрузками на полы, в том числе в помещениях с повышенной влажностью.

Корундовый топпинг – это смесь, состоящая из цемента, кварцевого песка, корундовой крошки и пластификатора. Достоинства корундовых смесей - высокая износостойкость, повышение прочности покрытия в 2 раза, высокая декоративность, матовая (без бликов) поверхность. Применяется в помещениях промышленных зданий, где предполагается как

высокая проходимость, так и размещение тяжелой техники и ее передвижение.

Металлизированный топпинг – это сухая смесь, содержащая металлическую стружку. Металлизированный топпинг является наиболее прочным и долговечным. Применяется на промышленных предприятиях, где присутствует высокая нагрузка на полы (машиностроительные заводы и другие предприятия с тяжелой техникой). Не рекомендуется для применения в помещениях с повышенной влажностью из-за возможности поверхностной коррозии металлических составляющих.

Существуют два основных способа нанесения топпинга: сухой и жидкий. При сухом способе нанесения на бетон топпинг распределяют специальной тележкой по направлению от окон к выходу, а после нанесения порошка бетон шлифуют. Процедура повторяется несколько раз. В конце поверхность покрывается кюрингом – специальным раствором, образующим тонкую пленку, которая препятствует испарению влаги. При жидком способе нанесения жидкий состав валиком или распылителем наносят на зачищенную и обеспыленную бетонную поверхность. После впитывания процедуру повторяют. При проведении работ температура в помещении должна быть от +5 до +35°C. Применение топпингов позволяет улучшить бетонные покрытия и придать необходимые дополнительные эксплуатационные и декоративные свойства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Попов К. Н., Каддо М.Б.* Теоретические основы получения самовыравнивающихся безусадочных полимерцементных композиций для покрытий полов. // Конструкции из композиционных материалов. — 2006. Т.6. С.16-18.
2. *Каддо М.Б., Синотова М.В., Федорова Э.А.* Безусадочные композиции для покрытий полов. // Перспективы науки — 2018. Т.2. С.32-33.
3. *Жолнерович В. Г. и др.* Промышленные полы: новые технологии и материалы. // Строительные материалы. — 2003. Т.12. С. 61-63.

*Студенты 2 курса 11 группы института ИГЭС Мильчевский А.С.,
Митин В.В.*

Научный руководитель - проф., д-р техн. наук, проф. Величко Е.Г.

ВЫСОКОПРОЧНЫЕ И БРОНИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ. БРОНИРОВАННЫЕ СТЕКЛА.

Всегда человеку требовались материалы, которые смогли бы его обезопасить от внешних физических угроз, один из таких материалов бронированное стекло. Бронированные стекла относятся к высокопрочным материалам узкого назначения.

Бронированное стекло представляет собой наложение стеклянных листов, которые заливаются специальным фотоотверждаемым полимером или склеены между собой полимерными плёнками. На первом этапе производства заготовка бронестекла ничем кроме толщины не отличается от обычного. Толщина бронированного стекла определяет степень защиты. В зависимости от назначения толщина стекла колеблется от 10 до 80 мм. Бронированные стекла обеспечивают защиту как от механических воздействий (ударов, выстрелов), так и от температурных. По стандартам РФ, в зависимости от целей использования, бронестекло подразделяют на классы защиты, и нормируют производство и использование государственным документом РФ ГОСТ Р 51136—2008. Стекла подразделяются на несколько групп:

Группа СЗМ представляет собой пулестойкие стекла, предназначенные для защиты от огнестрельного оружия.

Группа Б - стойкие к пробиванию стекла.

Группа А представляют собой стекла с защитной пленкой, ударостойкие. Подробнее рассмотрим бронированное стекло группы СЗМ.

Испытание на огнестойкость: Перед началом испытаний стекло было установлено в проем печи, с использованием стандартной рамки в вертикальном положении. В печи происходит сгорание жидкого топлива. Стекло нагревается только с одной стороны, причем нагрев происходит исключительно потоками горячего воздуха, без прямого контакта с пламенем. Для измерения плотности потока теплового излучения на стекло были установлены приемники теплового излучения.

Показания приемников регистрировались на компьютере. Начальные условия испытания: Температура воздуха +18 градусов Цельсия, Относительная влажность 50% и нормальное давление. При нагревании многослойного защитного стекла СЗМ-Б2 наблюдались следующие процессы и явления: при температуре в печи порядка 600 градусов Цельсия на внутреннем слое стекла появились трещины.

При дальнейшем нагревании, трещины увеличивались, а слой, соединяющий 1 и 2 лист стекла, помутнел.



Рис. 1. «Приемник теплового излучения»



Рис. 2. «Состояние стекла при температуре 600 градусов Цельсия»

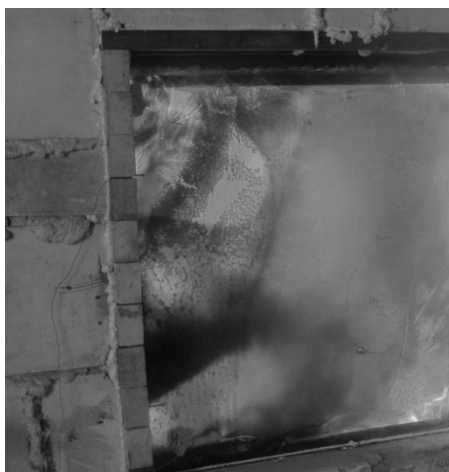


Рис. 3. «Обрушения первого внутреннего слоя»



Рис. 4. «Выпадение стекла из стандартной рамки. Конец испытания»

Спустя непродолжительный период времени этот же склеивающий слой воспламенился, и еще через несколько минут произошло обрушение 1 внутреннего слоя. Далее наблюдались аналогичные процессы затемнения воспламенения и обрушения слоев СМЗ-Б2. На 33-й минуте испытание приемники теплового излучения зарегистрировали макси-

мально допустимые значения температуры, а через 2 минуты это значение было превышено на 145 градусов Цельсия. На 36-й минуте испытания стекло выпало из стандартной рамки.

После этого испытание было остановлено. Таким образом, заявленный индекс огнестойкости E30/I30/W30 был подтвержден и превзойден на 6 минут, где индексы E-потеря целостности, I-потеря теплоизолирующих свойств по прогреву, W-потеря теплоизолирующих свойств по тепловому излучению.

Испытание на ударостойкость. Испытание проводится на образцах стекол размером 1100x800+5 мм, их закрепляют в стальной раме с резиновыми прокладками. Установка должна обеспечивать свободное падение стального шара диаметром 100 мм и массой 4.1 кг. Для проведения наиболее точных измерений направление шара контролируется центрирующими трубками и сбрасывателем, который представляет собой электромагнит с профилированным под шар сердечником диаметром 100 мм и блок питания. На электромагнит необходимо подать напряжение меньше 36 В. Стальной шар сбрасывают с заранее определенной высоты, образуя равносторонний треугольник со сторонами 130+-20 мм. Образцы считают прошедшими испытание, если на всех трех образцах шар после последнего удара остался на поверхности стекла. Допускается появление в образце сквозного отверстия при условии задержания его на поверхности. Классифицируется по ГОСТ 15150. Некоторые классификации стекол представлены в табл.1.

Таблица 1.

Класс защиты стекла	Высота падения груза, м	Энергия удара, Дж (кгс·м)
A1	3,5	141 (14,1)
A2	6,5	262 (26,2)
A3	9,5	382 (38,2)

Испытание на пулестойкость. Перед проведением испытания, подготавливают три образца с размерами (500x500+-5мм). Образцы закрепляют на стенде, который представляет собой жесткую раму. Такая установка позволяет проводить испытания с максимальной точностью, благодаря прочной связи рамы с жестким основанием. За образцами на расстоянии 150+-10 мм устанавливают картонный лист толщиной 1 мм, имеющий такой же размер. Испытание проходит в тире, где по каждому образцу делают три выстрела по вершинам равностороннего треугольника со сторонами 125 мм.

Таблица 2.

Класс защиты стекла	Вид оружия	Наименование и индекс патрона	Характеристика пули			Дистанция обстрела, м
			Тип сердечника	Масса, г	Скорость, м/с	
1	Пистолет Макарова (ПМ)	9-мм пистолетный патрон 57-Н-181С с пулей Пст	Стальной	5,9	305-325	
	Револьвер типа «Наган»	7,62-мм револьверный патрон	Свинцовый	6,8	275-295	
2	Пистолет специальный малокалиберный ПСМ	5,45-мм пистолетный патрон 7Н7 с пулей Пст	Стальной	2,5	310-335	5
	Пистолет Токарева (ТТ)	7,62-мм пистолетный патрон 57-Н-134С с пулей Пст	Стальной	5,5	415-445	
5а	Автомат АКМ	7,62-мм патрон 57-БЗ-231 с пулей БЗ	Специальный	7,4	720-750	
6	Винтовка СВД	7,62-мм патрон 7Н13 с пулей СТ-М2	Стальной термоупрочненный	9,6	820-840	5-10
6а	Винтовка СВД	7,62-мм патрон 7-БЗ-3 с пулей Б-32	Специальный	10,4	800-835	

Выстрелы должны производиться из одного вида оружия и патронами одного наименования и индекса. Обязательным условием является и замер скорости полета пули специальным прибором. Образцы считают прошедшими испытание, если не было пробоя контрольного экрана. Допускается осыпание осколков стекла. В зависимости от результатов испытаний, стекло классифицируют по ГОСТ 15150. Некоторые классификации стекол представлены в табл.2.

Заключение. Подведем итог, несмотря на довольно длительное и трудоемкое изготовление бронестекол, защищая нас от различного рода внешних угроз. В настоящее время компании, занимающиеся изготовлением бронестекол, разрабатывают технологии для улучшения качество стекол при уменьшении их толщины и массы. Стоит упомянуть, что совсем недавно компанией «Магистраль» была создана уникальная технология, позволяющая реализовать беспроводочный обогрев бронестекол, такая технология предотвращает их обледенение и запотевание. Все вышесказанное доказывает актуальность использования бронестекол в настоящее и будущее время.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. [http://www.vashdom.ru/gost/51136-2008/#i303320]
2. 2. [http://www.modul-c.org/ispitaniya-ogon.html]
3. 3. [http://tekhnosfera.com/view/448782/d?#?page=5]

*Студентка 3 курса 4 группы ИСА Михальцова Е.А.
Научный руководитель – и.о. заведующего кафедрой СМиМ НИУ
МГСУ, канд. тех. наук, доц. В.С. Семенов*

ВЛИЯНИЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ МИКРОСФЕР НА ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

Одной из приоритетных задач научных исследований в области строительной физики, материаловедения и архитектуры остается повышение энергоэффективности зданий и сооружений, в том числе экономия ресурсов, затрачиваемых на их обогрев. Повышение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций достигается за счет увеличения их толщины, рационального конструирования и применения эффективных материалов с низкой теплопроводностью. В связи с этим появляется необходимость улучшать характеристики имеющихся строительных материалов, для их соответствия современным требованиям по энергоэффективности, экономичности и экологичности [1–2].

Ряд положительных свойств газобетона обеспечил его популярность при возведении ограждающих конструкций, особенно в малоэтажном строительстве. Однако, данному материалу свойственны определенные недостатки: высокая дефектность стенок цементного камня, разделяющих воздушные ячейки, а также высокая сорбционная способность, низкая прочность и низкая морозостойкость [3]. По результатам литературного обзора установлено, что современные составы ячеистых бето-

нов необходимо корректировать в направлении улучшения физико-механических свойств и снижения себестоимости продукции [4].

Одним из направлений дальнейшего развития производства ячеистых бетонов является разработка конструкционно-теплоизоляционного газобетона с регулируемой пористостью, повышенной прочностью и пониженной теплопроводностью. Этой цели можно достичь путем введения в состав газобетона полых алюмосиликатных (керамических) микросфер – КМС и тонкомолотых минеральных наполнителей.

Керамические микросферы представляют собой золу уноса, образующуюся на теплоэлектростанциях при высокотемпературном факельном сжигании угля. Насыпная плотность микросфер 370...390 кг/м³, прочность при гидростатическом сжатии – 15...28 МПа [2, 5].

Предполагается, что введение керамических микросфер в газобетон позволит создать дополнительный объем закрытых пор и, как следствие, снизить его среднюю плотность и теплопроводность. Кроме того, полые керамические микросферы могут выступать также в роли демпфирующей добавки [6], обеспечивая снижение внутренних напряжений на границе «цементный камень – микросфера», и способствуя тем самым повышению трещиностойкости и морозостойкости газобетона. Использование керамических микросфер также способствует решению проблемы утилизации промышленных отходов.

Целью данной работы было исследование влияния полых алюмосиликатных микросфер на основные свойства неавтоклавного газобетона.

В исследованиях в качестве вяжущего вещества использовался портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н (Holcim), соответствующий ГОСТ 31108–2016 и ГОСТ 30515–2013. Вторым компонентом вяжущего являлась кальциевая негашеная известь 2-го сорта активностью 87 %, расход которой составил 10% массы вяжущего. В качестве облегчающего наполнителя использовались полые керамические микросферы фракции 20...100 мкм. Для снижения водопотребности бетонных смесей вводился суперпластификатор С-3. В качестве газообразующей добавки использовалась алюминиевая пудра марки ПАП-2 по ГОСТ 5494-95 в дозировке 0,65 кг на 1 м³ бетона. Исследования проводились по стандартным методикам. Водопотребность смесей определялась исходя из расплыва по вискозиметру Сутгарда 32...34 см, В/Т при этом составило 0,6...0,62. В данной работе для подбора оптимального состава материала необходимо варьировать процентное содержание микросфер. В табл. 1 приведены результаты испытаний трёх составов с содержанием алюмосиликатных микросфер 5%, 10%, 15% массы вяжущего, и характеристики образцов контрольного состава. Для каждого состава были определены следующие свойства: предел прочности на сжатие, коэффициент теплопроводности, средняя плотность.

Таблица 1.

Результаты испытаний образцов

Содержание КМС, % массы вяжущего	В/Т	Предел прочности на сжатие 28 сут., Мпа (класс)	Средняя плотность, кг/м ³ (марка)	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
0% (контрольный состав)	0,60	2,26 (В1,5)	456 (D500)	0,190
5%	0,60	2,02 (В1,0)	435 (D500)	0,112
10%	0,62	1,75 (В1,0)	419 (D500)	0,104
15%	0,62	1,53 (В1,0)	394 (D400)	0,096

При увеличении процентного содержания микросфер, снижаются плотность и предел прочности, а также уменьшается теплопроводность. Водопотребность ячеистобетонной смеси при введении КМС изменяется незначительно, что связано со сферической формой и гладкой поверхностью микросфер. В целом, введение в состав неавтоклавногазобетона керамических микросфер в количестве до 15% обеспечивает снижение средней плотности на 50 кг/м³, снижение прочности на 2 ступень и снижение коэффициента теплопроводности.

На рис. 1 приведены фотографии микроструктуры образцов газобетона с полыми алюмосиликатными микросферами.

По результатам микроструктурного анализа образцов газобетона с полыми алюмосиликатными микросферами можно сказать, что образцы обладают равномерной ячеистой структурой, получаемой в результате поризации смеси. При этом микросферы встраиваются в межпоровые перегородки, создавая тем самым дополнительную закрытую пористость.

В качестве дальнейшего развития работы предполагается получить автоклавный газобетон с полыми алюмосиликатными микросферами и тонкомолотыми минеральными добавками и исследовать его свойства.

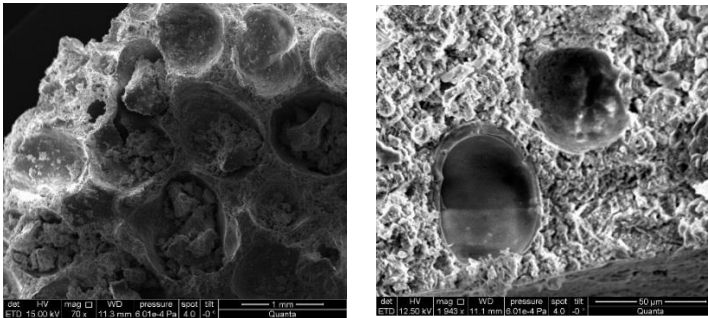


Рисунок 1 – Микроструктура образцов газобетона с полыми алюмосиликатными микроферами

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Белозеров Е.И.* Получение теплоизоляционного бетона на лёгких заполнителях. Газобетон // *Современные технологии в строительстве, дизайне, архитектуре.* 2013. С. 49–55.
2. *Семенов В.С., Розовская Т.А.* Повышение энергоэффективности ограждающих конструкций с применением облегченных кладочных растворов // *Строительные материалы.* 2015. № 6. С. 16-19.
3. *Сахаров Г.П.* Ячеистые бетоны в посткризисный период // *Строительство: наука и образование.* 2011. №1. С. 8.
4. *Пак А.А., Сухорукова Р.Н.* Перспективные направления совершенствования технологии и улучшения свойств газобетонных изделий // *Труды Кольского научного центра РАН.* 2015. №31. С. 575–579.
5. *Семенов В.С.* Эффективные облегчённые кладочные и тампонажные растворы для суровых климатических условий: дис.... канд. техн. наук: 05.23.05. – М., МГСУ. –2011.
6. *Ефимов Б.А.* Морозостойкость тяжелых и мелкозернистых бетонов с добавкой полых алюмосиликатных microspheres // *Перспективы науки.* 2017. №6. С. 40–45.

Студентка 3 курса 5 группы ИСА Морозова А.В.

Студент 3 курса 10 группы ИСА Вако К.Д.

Научный руководитель – ст. преп., канд. техн. наук Пилипенко А.С.

КРАХМАЛ – МАТЕРИАЛ БУДУЩЕГО В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Крахмал – полисахарид, который накапливается в процессе жизнедеятельности растений в их клубнях, семенах, стеблях и листьях. Основными источниками для его промышленного производства являются картофель, рис, пшеница, кукуруза. Он широко используется в пищевой промышленности: для получения глюкозы, патоки, этанола.

По данным Starch Europe Association, производство крахмала в странах Европейского союза увеличилось с 8,7 млн тонн в 2004 году до 10,7 млн. тонн в 2016 году, из которых 61% приходится на продукты питания, а 38 используется в непищевых целях, в первую очередь в целлюлозно-бумажной промышленности [1]. Модифицированный крахмал является основным компонентом клея для обоев.

По данным Росстата, аналитика IndexBox, на протяжении последних трех лет в России наблюдается подъем производства немодифицированных крахмалов. В 2017 году в России было произведено 228 927 тонн крахмалов.

Идея создания биоразлагаемых материалов неизменно находится в центре внимания ученых. Одним из первых биополимеров были получены материалы на основе крахмала. Пока они не могут создавать конкуренцию традиционным пластикам по причине большой разницы в цене, но прогнозы развития рынка биопластика довольно оптимистичны, так как экологичность и сохранения окружающей среды являются актуальными задачами полимерной технологии. Возобновляемость и биоразлагаемость приводят к неослабевающему интересу к крахмалу как к сырью для производства полимеров.

Одним из новых материалов на основе крахмала является «крахмалобетон». Он изготавливается из перемешанного кукурузного крахмала, песка фракции 0,125-0,25 мм и водопроводной воды. Перемешивание смеси происходит в течение 2 минут в электросмесителе со скоростью 50 об/мин. Кукурузный крахмал предварительно смешивают с песком в соотношении 1:5, чтобы при схватывании с водой получилась однородная консистенция.

Для изучения влияния прочности на сжатие от содержания воды, размеров заполнителя и процедуры нагрева изготавливаются образцы 40х40х40 мм. Были применены два метода нагрева образцов: в микроволновой и муфельной печи. В микроволновой печи образцы нагревают в течение 5 минут, первые 1,5 минуты при энергии 19,8 кДж, а после-

дующие 3,5 минуты при полной мощности (231 кДж). Такая схема нагрева рекомендуется в статье [2].

Для обеспечения возможности нагревания в микроволновой печи до 200 градусов необходимо использовать материал, пропускающий через себя микроволны без поглощения энергии. Была изготовлена специальная силиконовая форма, в которой нагревалась соответствующая смесь, чтобы получить затвердевший материал.

Чтобы предотвратить деформацию и растрескивание, при нагревании образцы пригружались. В способе с муфельной печью кубы «крахмалобетона» нагревают при 105 градусах в течение 24 часов без пригрузки, так как при нагревании не происходит значительных деформаций. После нагревания образцы вынимались из форм и охлаждались при комнатной температуре 20 градусов. Через 30 минут они запечатываются в полиэтилен, чтобы предотвратить взаимодействие с окружающей средой.

Образцы «крахмалобетона» испытывали на прессе, скорость нагружения 2,4 кН/с, начало нагружения отсчитывалось от 0,1 кН и конечная нагрузка равнялась 25% от максимальной. Были изготовлены и испытаны 3 вида образцов, после чего прочность на сжатие была принята как среднее арифметическое.

Наибольшая прочность на сжатие составила 13,7 МПа при содержании воды 16,66% для муфельной печи. В случае нагрева в микроволновой печи при содержании 10% была достигнута прочность 1,82 МПа. При увеличении количества воды значения прочности резко увеличивались, максимум составил 26,7 МПа при содержании воды 15%.

При изменении крупности песка, независимо от источника нагрева, прочность на сжатие уменьшается. С целью изучения и подтверждения этой теории были взяты образцы с максимальной прочностью на сжатие, то есть с оптимальным содержанием воды равным 16,66%.

Явление снижения прочности с увеличением размера зёрен песка можно объяснить тем, что удельная площадь поверхности и количество межзёренных контактов уменьшается, что приводит к сокращению песчано-крахмальной области и, как следствие, к снижению прочности. При увеличении размера зёрен увеличивается и расстояние между ними, что является причиной появления микротрещин в образцах.

По данным исследователей из университета Делфта, «Крахмалобетон», имеющий объемную массу 1552 кг/м³, на 19% легче кирпича и на 34% - портландцементного бетона, но использование крахмала сделало его биоразлагаемым материалом. Он привлекателен с точки зрения экологии, но не долговечен во влажной среде. Находясь в воде с температурой 20 градусов, закаленные образцы разложились в течение дня. Кубы «крахмалобетона» с более низкой степенью желатинизации (15% в

микроволновой печи и 16,66% содержанием в муфельной) показали полную деградацию за день. Образцы более высокой степени желатинизации (нагревали в микроволновой печи с содержанием 16,66%), находясь в воде, разлагаются более медленно, в результате чего 33% снижение твердости наблюдалось через 1 день и 65% снижение - через 7 [2, 3].

На основании результатов анализа литературы и предварительных экспериментов можно сделать вывод о том, что «крахмалобетон» может являться эффективным строительным материалом из-за его малого удельного веса, достаточной прочности на сжатие и быстрого её набора, биоразлагаемости и производства из возобновляемых материалов. Однако, такие факторы, как невысокая водостойкость и необходимость защиты от биологических воздействий, ограничивают «крахмалобетон» для использования в строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Подденежный Е.Н., Бойко А.А., Алексеенко А.А., Дробышевская Н.Е., Урецкая О.В.: Прогресс в получении биоразлагаемых композиционных материалов на основе крахмала – 2015.
2. Y. Kulshreshtha, E. Schlangen, H.M. Jonkers, P.J. Vardon, L.A. van Paassen: CoRncrete: A corn starch based building material – 2017.
3. <https://www.youtube.com/watch?v=hvnxkZBCsA4> – Degradation of CoRncrete in water – 2015.

БЕТОНЫ С МАГНИТОАКТИВИРОВАННЫМ ЗАТВОРИТЕЛЯМИ

Введение

В связи с увеличением роста цен на строительные материалы, развитие строительства требует внедрения технологий, которые бы обеспечили снижение себестоимости ресурсов. К таким технологическим приемам, как показали исследования последних лет, относится магнитная активация воды затворения бетона, снижающая до 10% расход наиболее дорогостоящего компонента бетона – цемента и улучшающая качество бетонных смесей.

Цель данной работы: изучить влияние обработки воды магнитами на процессы гидратации портландцемента, используемого для получения тяжелого бетона с улучшенными строительно-техническими свойствами.

Аппараты для магнитной обработки воды

В связи с полученными знаниями об изменении свойств воды и водных растворов под действием магнитного поля, учеными были разработаны специальные приборы – магнитроны. Благодаря малым эксплуатационным затратам их внедрение даже при небольших технических эффектах получает широкое распространение в стройиндустрии. Существует несколько типов магнитных преобразователей воды:

- Малогабаритные конструкции на постоянных магнитах с большой магнитной индукцией;
- Электромагнитные системы, изготавливаемые в виде накладных элементов с блоком управления.

Применение магнитной обработки воды в стройиндустрии

Технология использования омагниченной воды в строительстве при затворении бетона не нова, была впервые применена в СССР в 1962 Б. А. Нейманом. До сих пор введутся различные научные исследования по этому поводу.

Благодаря исследованиям и промышленному опыту было доказано, что если применить магнитроны в производстве бетонов и сборного железобетона, то это обеспечивает экономию цемента примерно до 11%, а в некоторых случаях позволяет даже отказаться от применения пластификаторов и суперпластификаторов за счет равного технического эффекта, без каких-либо эксплуатационных затрат.

Установлено, что нормальная плотность цементного теста с использованием в качестве затворителя магнитоактивированной воды в основном незначительно (на 0,12-0,62%) увеличивается, а начало схватыва-

ния может сокращаться на 5-55 мин. При практически неизменном конце схватывания.

Испытания цементов показали, что магнитоактивированную воду наиболее эффективно использовать в качестве затворителя цементных систем с низким содержанием трехкальциевого алюмината в составе клинкерного компонента. Низкоалюминатные цементы при применении магнитоактивированных затворителей характеризуются увеличением прочности на 9-35% в течение 28 суток после твердения НУ и на 7-41% после ТВО в зависимости от удобоукладываемости и возраста испытаний.

Твердение цемента сопровождается сложными процессами, на которые непосредственно влияет омагниченная вода. Следует отметить, что, если использовать магнитную воду в качестве магнитоактивированного затворителя бетона, его прочность возрастает примерно на 11—26%, цементный расход уменьшается, а подвижность бетонной массы возрастает. Эта зависимость регулируется напряжённостью и скоростью потока воды. Различие по прочности и расхода цементного камня в зависимости от использования обычной воды или магнитоактивированной представлены на графике.

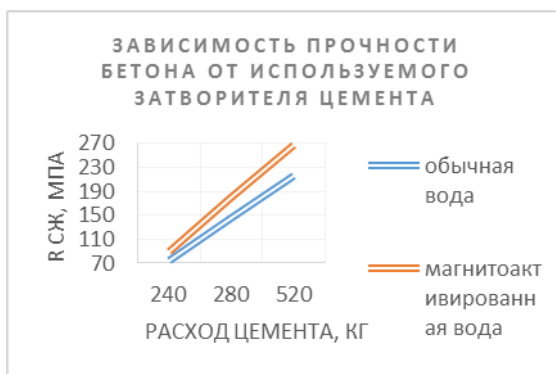


Рис. 1. Изменение прочности бетона в зависимости от используемого затворителя

Значительному повышению морозостойкости бетона (примерно 150 циклов замораживания — оттаивания) способствует: уменьшение водоцементного отношения бетона, улучшение структуры (уменьшение в объеме контракционных и капиллярных пор), что в совокупности уменьшает водопотребность бетона. Стоит отметить, что затворение магнитной водой дает следующие плюсы:

- 1) увеличение скорости твердения до 25%;
- 2) увеличение прочности на сжатие на 11-26%;
- 3) увеличение прочности на растяжение до 39%;

- 4) увеличение пластификации на 17%;
- 5) снижение водопотребности на 4-6%;
- 6) достижение экономии в стоимости цемента на 9-13%;
- 7) увеличение водостойкости до 60%;
- 8) увеличение долговечности в 2-2,5 раза;
- 9) снижение числа пластификатора до 40%.

Заключение

Применение магнитоактивированных затворителей для бетона не является технологическим приемом, обеспечивающим стабильное получение технического эффекта, и поэтому разработка данного направления осуществляется до сих пор. За 1973-1979 годы было выпущено около 1684053 м³ бетона, изготовленного на омагниченной воде, при этом цементный расход составил примерно 516938 м³, средний расход цемента на 1 м³ бетона при использовании простой воды составил 337,7 кг, а при применение магнитной 307 кг, экономия цемента составила 51264 м³. Проанализировав имеющийся опыт и результаты проведенных исследований, необходимо отметить, что такая обработка позволяет сократить цементный расход до 11%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Научно-технический отчет, 1994 г. «Исследование и определение эффективности применения цементов различного минералогического и вещественного состава в цементных растворах и бетонах, приготавливаемых с использованием магнитоактивированного затворителя». *Величко Е.Г., Белякова Ж.С., Борисков А.Г., Зубенко В.М., Деянова Л.В.*
2. Научно-технический отчет, 1992 г. «Исследование и оценка эффективности применения разработок магнитологии в стройиндустрии». *Телорая Д.Ф., Довжик В.Г., Величко Е.Г., Козловский А.И., Розовский Е.Л., Савельева Г.С.*
3. Инженерно-строительный журнал, №4, 2009; Магнитная активация воды в промышленности строительных материалов. Применение магнитоактивной воды в производстве пазогребневых плит; Инженер ГОУ СПбГПУ *Е. А. Эпштейн*; инженер ГОУ СПбГПУ *В. А. Рыбаков*.

ЭФФЕКТИВНЫЕ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Устройство гидроизоляции подземных конструкций представляет собой один из самых сложных и ответственных процессов. В списке основных проблем, к которым приводят нарушения гидроизоляции, можно выделить: коррозию арматуры, ослабление несущей способности конструкции, перебои в работе подземных коммуникаций, поломка силовых кабелей. Данные процессы усугубляет плохая вентиляция, отсутствие естественного освещения и прочие факторы, ведущие к нарушению тепловлажностного режима эксплуатации подземных сооружений. Ремонт гидроизоляционных систем является сложным и дорогостоящим процессом, зачастую являясь малоэффективным, поэтому правильный и грамотный подбор гидроизоляционных покрытий будет влиять на дальнейшую, долговременную эксплуатацию сооружения.

Для правильного выбора материала необходимо учитывать такие факторы как: гидрогеологические условия, глубину заложения, агрессивность среды, трещиностойкость конструкции, нагрузки, и т.д. Основной функцией гидроизоляции является обеспечение защиты сооружений от инфильтрации грунтовой, поверхностной или капиллярной влаги. По назначению гидроизоляцию подразделяется на: наружную и внутреннюю противонапорную, безнапорную, гидроизоляцию для защиты от капиллярной воды (рис. 1).

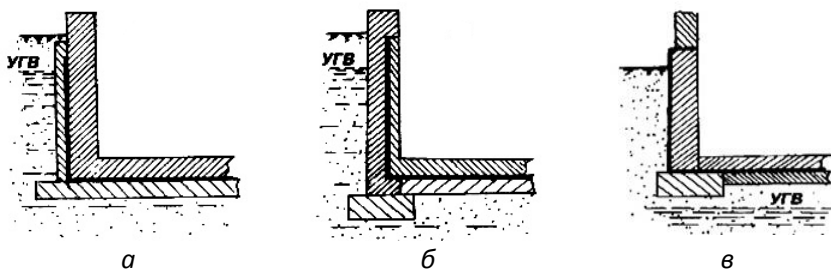


Рис.1. а – наружная противонапорная; б – внутренняя противонапорная;
в – гидроизоляция подвала от капиллярной воды

Противонапорная гидроизоляция выполняется в том случае, когда уровень подземных вод находится выше уровня основания или пола подвального помещения. Наружная противонапорная изоляция под действием гидростатического давления прижимается к ограждающей

конструкции. Она, как правило, устанавливается в начале строительства здания. Внутренняя гидроизоляция устраивается реже и является менее эффективной, чем наружная. Основными мероприятиями для обеспечения защиты подземных сооружений от действия напорных вод являются: прокладка дренажей, формирование местности, устройство гидроизоляционных систем. Эти мероприятия, в первую очередь, направлены на изменение уровня грунтовых вод. Эффективной защитой от напорных вод являются: гидрозащита из коллоидного полимерцементного раствора, инъектирование, оклеечная и обмазочная гидроизоляция.

В тех случаях, когда воздействие грунтовых вод является безнапорным, то есть уровень грунтовых вод ниже пола подвального помещения, гидроизоляцию стен и пола чаще всего выполняют с помощью битумной, битумно-полимерной или полимерной мастики. После нанесения эти образуют плотную водостойчивую защитную пленку.

Также весьма эффективным является устройство гидроизоляции мембранного типа. Мембраны представляют собой полотна, выполненные на основе полимеров (ПВХ и др.). Кроме того, существуют защитные составы, называемые «жидкой резиной». Они имеют консистенцию пасты и состоят из полимеров и битума. После схватывания «жидкая резина» образует мембрану, непроницаемую для воды.

Защиту от безнапорных вод также можно выполнить с помощью полимерцементных составов, представляющих собой двухкомпонентную систему: сухую смесь и эмульсию. После схватывания образуется гибкий водонепроницаемый слой, плотно прилегающий к обработанным поверхностям. Благодаря цементной составляющей материал отлично проникает в толщу стены. Полимерный компонент добавляет материалу эластичности и дает хорошую защиту от механических повреждений.

Одним из наиболее эффективных способов защиты подземного помещения изнутри является применение проникающей (пенетрирующей) гидроизоляция на цементной основе. Механизм действия такого типа гидроизоляции состоит в следующем: после нанесения на защищаемую поверхность пенетрирующие составы проникают в поверхностный слой, закупоривают все микropоры и трещины и образуют надежный гидробарьер, препятствуя проникновению воды и агрессивных веществ. Применение такого типа гидроизоляции способствует увеличению прочности и морозостойкости бетонной конструкции. Гидроизоляция проникающего типа имеет длительный срок службы, легко и быстро наносится, не нуждается в защите от механических повреждений.

Защита подземных сооружений от поверхностных и фильтрационных вод заключается в создании водонепроницаемой отстойки, которая уменьшит приток поверхностных вод к стенам подвального помещения. Горизонтальная изоляция пола подвала осуществляется по бетонной

подготовке. Для этих целей чаще всего применяют гидроизоляционные полотна из двух-трех слоев рулонного битумного или битумно-полимерного материала.

В последнее время для гидроизоляции подземных и заглубленных сооружений применяют бентонитовые маты различных видов, представляющие собой геосинтетические полотна, между которыми расположен бентонитовый порошок, состоящий из 80-90% бентонитовой глины и 10-20% минеральных добавок. При увлажнении глина разбухает и становится полностью водонепроницаемой, являясь надежной защитой для подземной конструкции.

Противокапиллярная гидроизоляция не обязательно должна быть водонепроницаемой, ее можно прервать слоем гидрофобного или крупнопористого материала, не содержащего капиллярных каналов.

Для защиты стен бесподвальных зданий от капиллярной влаги эффективной гидроизоляцией, которая устраивается по верхней горизонтальной поверхности фундамента, наибольшее распространение получили наплавляемые СБС-модифицированные битумно-полимерные материалы, укладываемые в один или два слоя (например, Техноэласт ЭПП, Техноэласт Грин, Техноэласт Барьер БО и др.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Румянцев Б.М., Ляпидевская О.Б., Жуков А.Д.* Системы изоляции строительных конструкции: учебное пособие/ 3-е изд., перераб. и доп. Москва, 2017. с.454-538.
2. *Шилин А.А., Зайцев М.В., Золотарев И.А., Ляпидевская О.Б.* Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте: Учеб. Пособие. – Тверь, издательство «Русская торговая марка», 2003. – 396 с.
3. *Фадеев А.Б.* Гидроизоляция подземных частей зданий и сооружений: учебное пособие/ Санкт-Петербург 2007. с.55.
4. *Tkach E.V.* Develop an efficient method for improving hydrophysical properties of aerated concrete using industrial waste//Procedia Engineering. 2016. Т. 153. С. 761.

ПРИМЕНЕНИЕ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ БЕТОНОВ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Самоуплотняющийся бетон (СУБ) – это бетон, изготовленный из гармонично подобранной высокопластичной бетонной смеси, не требующей виброуплотнения при укладке и способный уплотняться под собственным весом, полностью заполняя необходимую форму и достигая уплотнения даже в сложных, густоармированных конструкциях. Перспективное использование СУБ заключается в его многопрофильности, включающей в себя изготовление конструкций из сборного и монолитного железобетона, устройство монолитных высокопрочных бесшовных полов, торкретбетонирования, применение СУБ при реставрации и усилении конструкций. Основной частью СУБ является полимер нового поколения — поликарбоксилат - высокоэффективный комплексный химический модификатор, появившийся в 90-х годах XX века и обозначаемый как РС или РСЕ. Механизм действия поликарбоксилата изображен на рисунке 1.

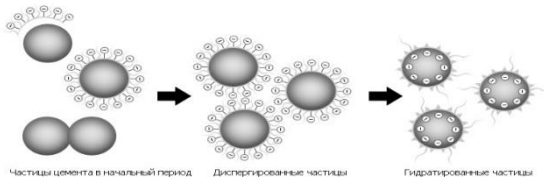


Рис 1. Механизм действия добавки поликарбоксилата.

Высокопрочные бетоны, модифицированные добавками - суперпластификаторами, начали применять еще в конце 60-х - начале 70-х гг. XX века. Так, в 70-х годах СУБ использовали норвежские и британские специалисты для строительства нефтяных платформ в Северном море, а в 80-х годах, с развитием химических добавок, началось применение бетона, способного заполнять предоставленный объем без дополнительного вибрирования, и в последствии названного самоуплотняющимся. Его применение набирает массовый оборот, и к началу 21 века использование СУБ в Европейских странах и Японии становится повсеместным, независимо от отрасли строительства. На данный момент в России применение СУБ только получает своё развитие, однако за последнее десятилетие некоторое количество строительных и научно-технических организаций предприняли успешные попытки применения СУБ в гражданском и промышленном строительстве. Для решения возникших проблем перед массовым примене-

нием СУБ потребовалось провести ряд исследований, направленных на достижение необходимого результата. В результате проведения ряда теоретических исследований, направленных на получение особо прочного, трещино- и коррозионно-стойкого бетона из-за введения микро- и ультрадисперсного наполнителя, а также ряда химических модификаторов и регуляторов свойств бетона, ученым удалось получить продукт, отвечающий современным техническим требованиям, и допустимый к использованию в непростых российских условиях. Опыт применения СУБ показал преимущества введения суперпластификаторов в бетонную смесь. Однако нельзя не отметить и ряд ограничений в работе с данным бетоном. В частности суперпластификаторы способны замедлить схватывание бетонной смеси и при транспортировке бетона в течение 60 ...90 мин эффективность от добавки существенно снижается, то есть уменьшается текучесть бетонной смеси и снижается ее способность проходить препятствия. Также отметим, что подача бетонной смеси по трубопроводу к месту укладки на расстояние, превышающее 200 метров, может вызывать ее расслоение и способствует появлению неоднородности в готовом изделии [1]. Необходимо выделить отличия, имеющиеся при назначении технических требований к СУБ относительно обычных бетонных смесей. Основные методы испытания СУБ включают в себя определение следующих свойств (1): *подвижность*, как одна из основных реологических характеристик СУБ; *вязкость*, т. е. способность оказывать сопротивление одной части бетонной смеси относительно другой; *способность преодолевать препятствия*, т.е. проходить через узкие места между стальными арматурными стержнями; *устойчивость к расслаиванию*. Также различают следующие классы СУБ, несколько отличающихся от обычных - вибрационных (1): **SF1 ... SF3** – классы по консистенции или классы по удобоукладываемости, определяемые по диаметру расплыва стандартного конуса; **VS1 ... VS2** – классы по вязкости, определяемые по времени, необходимому для расплыва стандартного конуса бетонной смеси диаметра, не превышающего 500 мм; **VF1 ... VF2** – классы по вязкости, определяемые временем истечения через V – образную воронку; **PA1 ... PA2** – классы по способности бетонной смеси преодолевать препятствия, определяемые способностью оказывать сопротивление арматурных стержней, устанавливаемых по результатам испытаний в L - образном ящике; **SR1 ... SR2** – классы по устойчивости к расслаиванию определяемые при испытании бетонной смеси к расслаиванию с помощью строительного сита. К настоящему времени в России СУБ применены при строительстве искусственных сооружений на ЧТК в Москве; продлении Автозаводской линии Нижегородского метрополитена; строительстве ОДЦ «Ляхта Центр» в

Санкт-Петербурге, возведении эстакад при реконструкции Варшавского шоссе в Москве; укреплении откосов основной дороги мостового перехода «Кировский» через реку Самара в г. Самаре, возведении башен-небоскрёбов ММДЦ «Москва-сити»; строительстве Алабяно-Балтийского тоннеля в Москве и олимпийских объектов в Сочи.



Рис 1. Здания ММДЦ «Москва-сити»

Преимущества СУБ очевидны и заключаются в надежности заполнения труднодоступных, труднопроходимых пустот в густоармированной конструкции, образовании гладкой поверхности в готовом изделии после снятия опалубки, снижении человеческого фактора при проведении вибрационных работ, сокращении времени для возведения конструкции, удешевлении производства, снижении нагрузок на ИТР и, соответственно, сокращении денежных затрат и сроков строительства. Из сказанного выше можно сделать вывод, что СУБ ни в чем не уступает по своим показателям и областям применения обычному бетону и его применение является технологическим рывком в области производства и применения бетона, даже несмотря на то, что потребуется провести ещё достаточно большое количество исследований, направленных на устранение ряда недостатков, которые могут возникнуть на всём этапе производства бетона, чтобы его применение в нашей стране стало повсеместным во всех областях строительной индустрии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соловьянчик А.Р., Пуляев И.С., Нагорный Д.Е. Применение самоуплотняющихся бетонов в транспортном строительстве // Каталог – справочник «Бетон и железобетон. Оборудование. Материалы. Технологии», 2012. № 1(6).

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЯ ЦЕМЕНТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КРЫМСКОГО МОСТА

Строящийся в настоящее время Крымский мост является единственным в своём роде сооружением, не имеющим аналогов в России. Примеры подобных мостов в других странах единичны и каждый объект имеет свою определённую специфику и требует детальной предпроектной проработки. В связи с этим при проведении предпроектных работ при строительстве Крымского моста в первую очередь потребовалось провести исследование влияния технологических факторов на тепловыделение цемента в бетоне. Из анализа исследований российских учёных [1] следует, что условия бетонирования существенно влияют на тепловыделение цемента в начальные сроки твердения бетона. В первые 3-5 сут. наименьшее тепловыделение наблюдается при испытании цементного теста, несколько больше у бетона, укладываемого без вибрирования и с вибрированием сразу после изготовления, и ещё больше у бетона, провибрированного через 30-35 минут после приготовления.

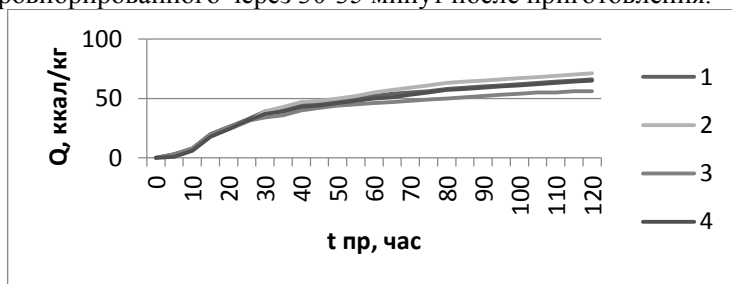


Рис. 1. Тепловыделение цемента: 1 – в бетоне, провибрированном сразу после затворения; 2 – в бетоне, провибрированном через 35 минут после замеса в бетономешалке; 3 – цементного теста на дистиллированной воде; 4 – в провибрированном бетоне

Анализ исследований также показал, что для получения дополнительных данных по тепловыделению необходимо исследовать реальные составы, применяемые при строительстве. В связи с этим было определено тепловыделение цементов, выпускаемых Новороссийским цементным заводом, - одним из основных поставщиков цементов для строительства Крымского моста. Тепловыделение определялось методом решения обратной задачи. Для этих целей были приготовлены две опалубочные формы, внутри каждой из которой был установлен арма-

турный стержень с прикрепленными к нему термопарами, соединенными с приёмным устройством типа ТЕРЕМ.

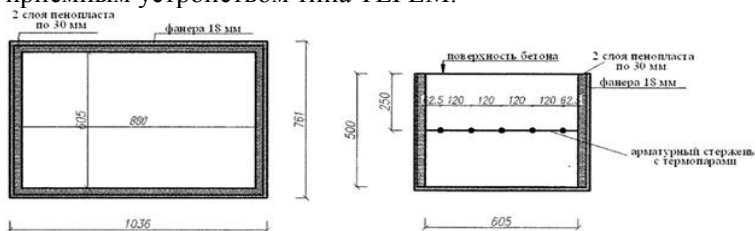


Рис. 2. Опалубка бетонируемых образцов и расположение термопар
а) вид сверху; б) вид сбоку

В заводских условиях были изготовлены замесы бетонной смеси класса В45 на ПЦ без минеральных добавок и на сульфатостойком цементе. Температура в помещении составила 20°C, влажность – 56%. После укладки бетонной смеси в опалубку ее открытая поверхность была закрыта теплозащитным покрытием, включена запись показаний термопар, которая производилась в течение семи суток.

Результаты измерения температур твердеющего бетона и температуры в помещении представлены на рисунке 3. Разогрев образца на портландцементе без минеральных добавок оказался на 8,5°C выше, чем образца на сульфатостойком цементе.



Рис. 3. Результаты замера температур твердеющего бетона

Обработка значений осуществлялась путём сопоставления расчётных данных с экспериментальными данными. Расчёты проводились по программе ZA [2], где были учтены особенности твердения бетона. В программе исследуемая область разбивалась на блоки бетонирования с указанием их теплового взаимодействия с окружающей средой. Проведенные расчёты подтвердили полученные результаты, согласно которым бетон на сульфатостойком цементе имеет разогрев и, следовательно, тепловыделение меньше (рисунок 8), чем на бездобавочном.

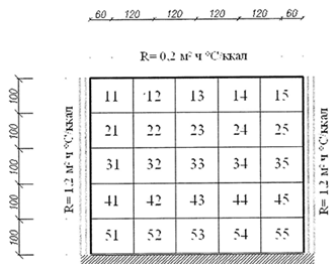


Рис. 4. Расчётная схема бетонного блока

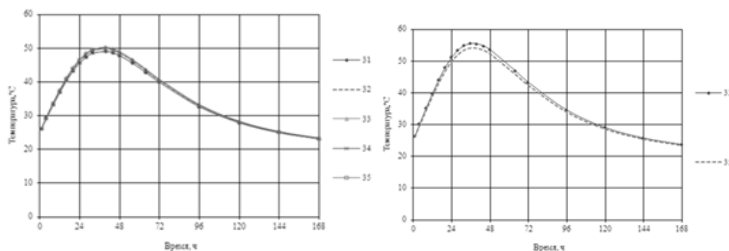


Рис.5. График изменения температур сульфатостойкого и бездобавочного цементов

Проведённые экспериментальные исследования тепловыделения цементов в бетоне позволили сделать выводы, которые используются при строительстве Керченского моста, согласно которым:

- фактическое тепловыделение цемента зачастую выше тепловыделения, рассчитанного по минералогическому составу;
- сульфатостойкий цемент может эффективно использоваться при производстве работ в жаркий период года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пуляев И.С., Пуляев С.М. К вопросу о максимальной температуре основания, при которой допускается укладка бетонной смеси при возведении транспортных сооружений. Научно-технический журнал «Вестник МГСУ», № 2, 2011.
2. Соловьянчик А.Р., Пуляев И.С. Влияние особенностей теплообмена твердеющего бетона конструкций с окружающей средой на его трещиностойкость. «Вестник ТюмГАСУ», №4, 2015.

СИЛИКАТНОЕ СТЕКЛО В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Стекло как материал известен человеку с древнейших времен. Изделия из природного стекла – обсидиана (ножи, наконечники стрел и т.п.) найдены археологами. В Древнем Египте, Сирии, Китае (4-5 вв. до н.э.) уже умели изготавливать стеклянные украшения и изделия различных цветов методом литья или прессования. На рубеже новой эры был изобретен «халаявный» метод выдувания стекла, который просуществовал почти 2 века. В 11-13 вв. стеклоделие получило развитие и в Киевской Руси. Первый стекольный завод был построен близ Можайска около 1638 г. Научные основы стеклоделия в России, как известно, разработал М.В. Ломоносов, в 1752 г. он создал лабораторию, где получал разноцветные стекла для своих знаменитых мозаик. Процессы стеклообразования изучал Д.И. Менделеев. Однако, до конца 19 в. производство стекла оставалось кустарным, изготавливали только листовое стекло.

Научно-техническая революция потребовала значительно увеличить объемы выпуска стекла и повысить его качество. В 1902 г. в Бельгии был предложен метод вертикального вытягивания листового стекла. Но со временем и он перестал удовлетворять строителей. В 1959 г. в Великобритании изобретена более совершенная технология, получившая название «флоат» метод – горизонтальное вытягивание ленты из стекломассы поверх слоя расплавленного металла.

Стекла представляют собой аморфные вещества, полученные из переохлажденных расплавов. Переход из жидкого состояния в стеклообразное должен быть обратимым. Изотропность, гомогенность и отсутствие четко фиксированной точки плавления – являются основными признаками стеклообразного состояния.

В составе стекла присутствуют оксиды - стеклообразователи (SiO_2 , V_2O_5 , P_2O_5), которые могут самостоятельно образовывать стекло: существуют соответственно силикатные, боратные и фосфатные стекла, и оксиды – модификаторы (Na_2O , K_2O , CaO , MgO , BaO , PbO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 и др.). Кварцевое стекло содержит 100% SiO_2 и характеризуется температурой плавления 1250°C .

В строительстве обычно применяют силикатные стекла. Сырьем для производства строительного стекла является кварцевый песок, каустическая сода, поташ, мел, доломит, известняк, полевой шпат, нефелиновый концентрат. Кроме того, в стекломассу вводятся осветлители (NaCl , Na_2SO_4), удаляющие воздушные пузырьки, глушители, которые

придают стеклу светорассеивающие свойства (соединения F или P), красители (соединения Mn, Cr, Ni и т.п.).

Особо выгодно с экономической и экологической точек зрения использование стеклобоя. Стекло может быть переработано полностью; при этом сокращается расход электроэнергии на 70 %, а воды – на 50 %, загрязнение воздуха – на 20 %. В странах Западной Европы до 80% стекольной продукции изготавливается из битого стекла. В России 70 % стекольных отходов вывозится для захоронения на полигоны; между тем, для утилизации 1000 т стеклобоя требуется 10 га земли.

Производство строительного стекла включает несколько технологических переделов (операций): подготовка сырьевых материалов (дробление, помол, сушка, фракционирование и т. п.), приготовление шихты требуемого химического состава, стекловарение в ваннных или горшковых печах (силикатообразование при 1100-1200°C, стеклообразование при 1500-1600°C, осветление, гомогенизация, студка до требуемой вязкости при 700-1000°C), формование изделий, отжиг и закалка.

Стекло, как строительный материал, обладает уникальным свойством – светопропусканием, высокой прочностью при сжатии (до 700-1000 МПа) и широким диапазоном средней плотности (от 2,2 до 6,5 г/см³), характеризуется высокой химической стойкостью к большинству кислот (кроме плавиковой, кремнефтористой и фосфорной), щелочей и солей. Однако, стекло является хрупким материалом, имеет низкую прочность при растяжении и изгибе, что связано с наличием на его поверхности различных дефектов.

В строительстве применяются различные виды листового стекла: оконное, витринное, узорчатое, цветное, армированное, облицовочное, увиолевое (пропускает до 25-75 % ультрафиолетовых лучей), закаленное, многослойное, теплопоглощающее и теплоотражающее, электропроводящее и др.

Современная архитектура и строительство требует стекла с регулируемыми и многофункциональными свойствами. Подобные стекла снижают теплопотери, экономят энергетические затраты на отопление, обеспечивают комфортный микроклимат. Теплопоглощающее стекло получают при введении в стекломассу оксидов железа, кобальта, селена; теплоотражающее – нанесением на поверхность тонких пленок металлов и их оксидов.

Перспективным является применение многослойных стекол (триплекс), термически стойких жароустойчивых стекол, имеющих многослойную структуру с особым гелевым составом. Для светопрозрачных фасадов разработаны самоочищающиеся стекла. Это материал со специальным пиролитическим покрытием двойного действия. Пленка, толщиной 15 нм обеспечивает разложение грязи под действием ультра-

фиолетового излучения и одновременно придает поверхности стекла гидрофильность.

Для наружных стен перегородок, устройства рекреаций используются пустотелые стеклоблоки. Для оформления оконных проемов и витрин успешно применяются стеклопакеты площадью до 5 м²; стеклопакетна из листов закаленного стекла служат для устройства дверных проемов. Стеклопрофилит коробчатого или швеллерного сечения с гладкой, либо рифленой поверхностью длиной до 5-7 м используется в ограждающих конструкциях. Облицовочные светопрозрачные материалы из стекла: стемалит, марблит, смальта, эмалированные плитки применяются при отделочных и декоративных работах.

Широко известны высокопористые теплоизоляционные материалы пеностекло и стекловолокно, которые используются для утепления кровель, стен и перекрытий. Стеклоткань и стеклохолст применяются в качестве основы в кровельных и гидроизоляционных материалах. Направленной кристаллизацией стеклянных расплавов получают стеклокристаллит, стеклокремнезит и ситаллы. Изделия в виде плит используют для облицовки стен, колонн и настила полов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Байер В.Е.* Архитектурное материаловедение. М.: «Архитектура-С», 2012. С.143-162.
2. *Гулоян Ю.А.* Формование стеклоизделий (обзор). //Стекло и керамика - 2017. №9. С.3-14.

СЕКЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ И БЕТОНОВ

Студент магистратуры 1 года обучения 31 группы ИСА

Арутюнов Г.М.

Научный руководитель - доц., канд. тех. наук **С.И. Баженова**

ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СУХИХ СМЕСЕЙ В ХРАМОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ С УЧЕТОМ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СООРУЖЕНИЯ

Сегодня ведется активная политика восстановления православного наследия храмов. Храм является культовым величественным сооружением, символизирующим дом Божий. Важно запроектировать его строительство с такими материалами, которые соответствовали бы его периоду эксплуатации и сохраняли архитектурную выразительность на протяжении всего времени.

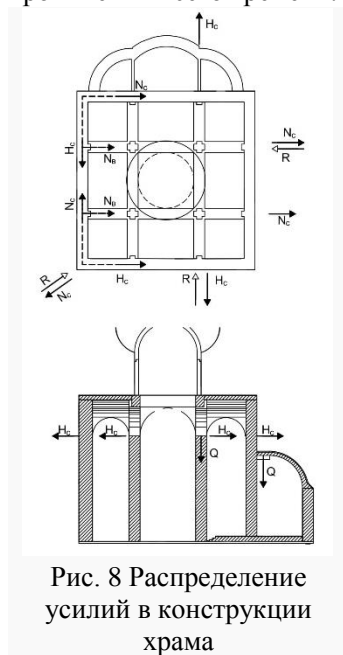


Рис. 8 Распределение усилий в конструкции храма

Жизненный цикл подобных сооружений гораздо дольше прочих. Согласно ГОСТ 27751 — 2014 храмы принадлежат первому классу по долговечности, срок эксплуатации составляет не менее 100 лет [1]. Один из материалов участвующий в возведении почти всех конструкций храма является строительный раствор. Традиционно готовые смеси для раствора используют лишь при оштукатуривании и шпатлевании поверхностей стен. В остальных случаях его приготавливаются без добавок и модификаций на объекте. Рациональное применение различных сухих смесей (СС) может решить множество технологических задач и увеличить долговечность строительной продукции. Работы, в которых возможно применение СС: кирпичная кладка (кладка стен, столпов, сводов, куполов), внешняя отделка фасада (поверхность стен, аркатурные пояски, закомары), лепные работы (крепление архитектурных деталей), мозаика, устройство стяжек полов, облицовочные работы (облицовка фасадов, полов). [2]. Каменная кладка. Конструкции кирпичной кладки в храмовом строительстве представляют три особенности. Первая заключается в сохранении энергоэффективности стен.

Конструкций стен храма не предусматривают наличие утеплителя из-за соответствия первому классу по долговечности, в тоже время толщина в 4-5 кирпича крайне нежелательна. Одним из решений данной задачи является применение растворов на легких заполнителях. Возможно применение теплоизоляционных кладочных растворов на полых керамических или стеклянных микросферах или другом легком наполнителе. Второй особенностью является распределение усилий в конструкциях сводов, арок и стен. В крестово-купольной системе барабан (цилиндрическая конструкция, на которой располагается купол) опирается на своды (полуцилиндрические арки, формирующие поверхность крыши). Которые в свою очередь распираются, от созданного усилия на сжатие, и передают его на стены (см. рисунок 1). В результате каменные конструкции из кирпича в значительной мере воспринимают усилие на изгиб, что для них крайне несвойственно. Чтобы конструкция могла нормально воспринимать такие нагрузки, приходится увеличивать толщину стены, что опять же приводит к перерасходу материала. Альтернативным решением могло бы послужить использование раствора, который обеспечивал более прочное сцепление между кирпичом и раствором. Третьей особенностью является повышение технологичности самого процесса кладки. В храме практически все кирпичные конструкции являются ответственными. Кроме того они составляют большую часть всех работ. Раствор для каменщиков приходится заготавливать в больших объемах, со временем, становится менее удобоукладываемым, теряет прочностные характеристики. Влага быстро переходит от раствора в кирпич, из-за чего шов дает усадку. Все это снижает качество каменной кладки. В данном случае целесообразно использование смесей модифицированных водоудерживающими добавками и пластификаторами, из которых получался бы раствор с большей удобоукладываемостью и сроком жизни. Внешняя отделка фасадов. Для храмов и церквей ключевой задачей отделки является защита стеновых конструкций и поддержание архитектурной выразительности. Применяемая штукатурная смесь должна обладать хорошей сопротивляемостью к агрессивной среде. Используемый пигмент в штукатурной смеси должен сохранять цвет на протяжении всего срока эксплуатации. Адекватным решением будет оштукатуривание фасада и подземной части храма СС с гидрофобизирующими добавками, которые предотвратят всасывание влаги в поры кирпича и выщелачивание. Внутренняя отделка поверхностей стен. Здесь задача состоит в подготовке паропроницаемого высококачественного покрытия стен, и подготовке поверхностей к росписи, мозаике. Для подготовки поверхности под роспись веками использовался раствор на основе извести, которую заготавливали в гасильных ямах за год до работ. Такой раствор имеет хорошую паропроницае-

мость и долговечность, подходит для росписи, но имеет низкие прочностные характеристики. Применение штукатурок на других вяжущих не всегда приемлемо. Поверхность на гипсовой основе обладает большим водопоглощением, что не приемлемо для росписи. А поверхность на цементной основе имеет очень низкую паропроницаемость. Решением данной ситуации является использование сухой смеси на известковом вяжущем с небольшой долей цементного вяжущего и вовлечением добавок, обеспечивающих высокую адгезию. Облицовочные работы. В большинстве проектов храмов предусмотрена облицовка цокольной части фасада, входной группы, полов внутри помещения. Для входной группы и цоколя основной проблемой является выщелачивание и снижение прочности при переменном замораживании-оттаивании. Для плиточного клея внутри помещения специальных требования нет. Однако следует иметь в виду, что согласно ГОСТ Р 56387-201 требований предъявляемых к классам клеев С1 и С0 недостаточно ни для внутренней, ни для наружной облицовки[3]. Для облицовки входной группы и цоколя клей должен обладать повышенной маркой морозостойкости, низким показателем поперечной деформации и прочностью на отрыв не менее 1МПа. Исходя из перечисленного целесообразно применение клеев, соответствующих классам С2, R, S1, S2.

Вывод. Проектирование храмов с учетом их жизненного цикла и особенностей эксплуатации крайне необходимо. Правильных подбор сухих смесей может в значительной мере увеличить долговечность конструкций. Только такой подход при проектировании может помочь сохранить культовое наследие для будущих поколений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и.// Москва Стандартинформ 2015 [Электронный ресурс] <http://docs.cntd.ru/document/1200115736> (дата обращения 24.02.2018)
2. Кеслер М.Ю. Православные храмы. Том 2. Православные храмы и комплексы. Пособие по проектированию и строительству.//АХЦ «АРХХРАМ». Москва. 2003, 70-114 с.
3. ГОСТ Р 56387-2015 Смеси сухие строительные клеевые на цементном вяжущем. Технические условия Москва Стандартинформ 2015

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФИБРЫ ДЛЯ БЕТОНОВ

Современная строительная отрасль активно развивается и ключевую роль в этом играет наука о бетонах, которая улучшает свойства бетонов, помогая справляться с растущими требованиями рынка конструктивных материалов. Одним из направлений развития бетонов – это фибробетоны. Такие бетоны характеризуются наличием армирующих элементов – фибр. [1] Это стальные или композитные стержни длиной не менее 25-30 мм, остальное относится к волокнам.

Актуальной темой на сегодняшний день является повышение эффективности совместной работы фибры и бетона. Основным показателем эффективности совместной работы является адгезия.

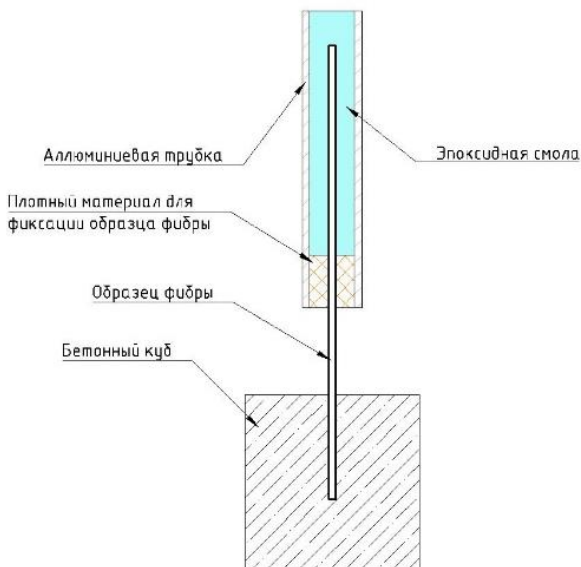


Рис. 1 Схема испытания образца.

Адгезия - химическая связь между двумя разнородными телами [2].

С целью изучения свойств адгезионного и механического сцепления были проведены испытания.

На рисунке 1 представлен опытный образец, состоящий из бетонного куба, фибры и алюминиевой трубки, служащей мостом передачи вырывающей нагрузки на фибру.

Было изготовлено 20 образцов с тремя типами анкеровок для стальной и прямой анкерровкой композитной фибры.

Бетонные кубы ребром 20 мм выполнены из мелкозернистого бетона с пропорциональным соотношением компонентов:

$$\frac{Ц}{П} = \frac{1}{2} \text{ И } \frac{В}{Ц} = \frac{1}{4}.$$

Фибра была погружена и зафиксирована на 10 мм в цементно-песчаном растворе. После 28 суток в камере нормального твердения бетонные кубы были испытаны на определение класса прочности на сжатие согласно методике, описанной в ГОСТ 10180-2012 [3] и показали результат равный $R_{ср}=32,45$ МПа, что соответствует классу В25.

Готовые образцы были испытаны на определение усилия, необходимого для вырыва фибры из цементной матрицы. Результаты испытания отражены ниже в сводной таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Номер образца	Площадь сечения [mm ²]	Максимальная нагрузка [kN]	Максимальное напряжение [МПа]	Предел прочности при растяжении [МПа]	Процент использования сечения [%]
1	Стальная прямая	0.785	0.212	270.1	690	39.1
2	Стальная зигзаг	0.785	0.26	331.2	690	48.0
3	Стальная Г	0.785	0.33	420.4	690	60.9
4	Композитная	0.785	0.146	46.5	800	5.8

Помимо величины предельной вырывающей нагрузки дополнительной характеристикой является процент исчерпания предела прочности фибры при растяжении в соответствии с приложенной нагрузкой. [4] Этот показатель определяет эффективность совместной работы цементной матрицы и фибры, очевидным эталоном которого является разрыв фибры до вырыва ее из бетона.

Из результатов испытания можно сделать вывод, что адгезионная прочность выше у стальной фибры, а возможность придать различную

форму анкеруемой части позволяет повысить величину общего сцепления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ю.М. Баженов* Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2002. 500 с.
2. *А.В. Литвинов, А.А. Шубин.* Исследования влияния параметров дисперсного армирования на свойства фибробетона. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2002 г.
3. ГОСТ-10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»
4. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 (с Изменениями N 1, 2)
5. *Larsen O.A., Naruts V.V.* Self-compacting concrete with limestone powder for transport infrastructure // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8 (68). С. 76-85.
6. *Алимов Л.А., Стенечкина К.С., Воронин В.В., Ларсен О.А.* Влияние температурно-влажностных условий на формирование структуры бетонов с наномодификаторами // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 122-125.
7. *Лам Т.В., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Хунг Н.С., Куанг Н.Д.В.* Определение деформации мелкозернистого бетона в жидкой сульфатной среде // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 8. С. 82-86.
8. *Ларсен О.А., Баженова С.И.* Применение инновационных материалов и технологий для получения высококачественных бетонов В книге: Устойчивость, безопасность и энергосбережение в современных архитектурных, конструктивных, технологических решений и инженерных системах зданий и сооружений. 2010. С. 65-68.
9. *Танг В.Л., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А.* Возможность использования зольных остатков для производства материалов строительного назначения во вьетнаме // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 6. С. 6-12.

НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ АСБЕСТОВЫХ ВОЛОКОН НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Асбест - общее название тонковолокнистых минералов класса силикатов. Они представляют собой очень тонкие и гибкие волокна. Главным продуктом на основе асбеста является асбестовое волокно - материал очень плотной структуры. По своим свойствам он похож на стекло или шерсть. Основным его преимуществом для использования является водостойкость. Данный материал при длительном пребывании в среде с повышенной влажностью не поддается гниению, а также не снижает своих характеристик. Существует два главных типа асбеста — хризотил-асбест и амфиболовый асбест.

Хризотил-асбест (белый асбест) относят к группе слоистых силикатов-минералов. Главным преимуществом этого типа является прочность. При проверке его качеств он показывает результаты, сравнимые с характеристиками стали высокого качества [1, 2].

Амфиболовый асбест принадлежит группе сложных гидросиликатов. По физико-механическим свойствам он похож на хризотил-асбест, различием является лишь строение кристаллической решетки [3, 4]. Имеет несколько разновидностей (крокидолит, амозит, тремолит и др.)

Помимо очевидной пользы в применении у асбеста также есть крайне отрицательные качества, которые в свое время вызвали настоящую панику в обществе [5]. Первые данные появились при обследовании людей, работающих в шахтах и использующих этот материал. Вскоре была выявлена болезнь, получившая одноименное название "асбестоз", по первоначальным данным возникающая при длительном контакте с данным веществом. Эти выводы были сделаны уже в 30-е года XX века, обследования были продолжены и в итоге привели к неутешительным результатам. Так, например, выяснилось, что даже кратковременное вдыхание асбестовых волокон вызывает онкологические заболевания - рак легких, мезотелиому и фиброз. Развитие этих болезней объяснялось теми разрушениями, которые вызывали асбестовые волокна, накапливаясь в организме человека. Различные научные издания, публиковавшие исследования, приводили в пример цифры медицинской статистики, согласно которой заболевания от асбестовой пыли в десятки раз превышали средний уровень онкологических заболеваний [6]. Изучение этой проблемы охватывали все большее и большее количество пострадавших и каждый раз приводили к очень печальным выводам. В результате этих медицинских отчетов, публиковавшихся в со-

лидных изданиях, а также при достаточном освещении в СМИ, в мире начинает формироваться устойчивое мнение об огромном вреде всей выпускаемой асбестовой продукции. Примерно в середине 60-х годов прошлого столетия начинается массовое прекращение производств материалов на основе асбестового волокна. Информация о так называемой "онкологической катастрофе" глубоко проникает в общественное сознание и укрепляется в нем. Все виды асбеста уже в 80-х годах официально классифицируются Международным агентством по исследованию рака (IARC) как "канцерогены 1-ой категории", то вещества, представляющие наибольшую опасность для жизни и здоровья людей.

Влияние всего происходящего на отношение людей к данному веществу было настолько велико, что многие уже не воспринимали всерьез результаты исследований, которые начали проводиться позднее. Так, например, в 2000 г. агентство при Правительстве Великобритании по вопросам здравоохранения и безопасности публикует отчет двух ведущих специалистов об результатах исследования влияния различных видов асбеста на здоровье человека. В нем содержатся сведения о том, что риск онкологических заболеваний именно от хризотил-асбеста (белого асбеста) в несколько сот раз ниже, чем от амфиболовых волокон другого вида данного вещества. Стоит отметить, что эти данные относятся исключительно к тем людям, которые имеют с белым асбестом длительный и непосредственный контакт, а для прочего населения хризотил-асбест не представляет практически никакой опасности. Необходимо подчеркнуть, что из всего асбеста, добыча которого осуществлялась на протяжении всего XX века, 90% приходилось именно на хризотил-асбест. Дальнейшие исследования только подтвердили информацию о безопасности белого асбеста для здоровья людей.

Но даже с учетом последних медицинских отчетов, мировая общественность не спешила расставаться с устойчивым мнением о вреде всего, что связано с асбестом. Развернувшаяся антиасбестовая компания при широкой поддержке СМИ с завидным упорством привлекала все большее и большее число сторонников. Все это позволяет сделать вывод о намеренном формировании в общественном сознании образа об ужасающем вреде асбестовых волокон. Стоит также заметить, что существуют определенные факты, позволяющие усомниться в реальности таких государственных целей, как сохранность жизни и здоровья людей, при освещении этого вопроса. Так, например, глобальный запрет на производство асбеста наносил очень сильный экономический удар по странам "третьего мира", где очень широкое распространение имели различные материалы на основе асбеста. Вместе с этим, до сих пор сторонниками антиасбестовой компании не было представлено никаких научных доказательств, подтверждающих их правоту и опровер-

гающих последние медицинские исследования белого асбеста. Таким образом, при освещении вопроса вреда асбеста в обществе речь идет главным образом о преднамеренной и тотальной попытке дискредитации этого класса веществ. При этом, как и в случаях с некоторыми другими веществами, используется тактика манипулирования общественным сознанием с целью достижения определенных результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Larsen O.A., Naruts V.V.* Self-compacting concrete with limestone powder for transport infrastructure // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8 (68). С. 76-85.

2. *Алимов Л.А., Стенечкина К.С., Воронин В.В., Ларсен О.А.* Влияние температурно-влажностных условий на формирование структуры бетонов с наномодификаторами // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 122-125.

3. *Лам Т.В., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Хунг Н.С., Куанг Н.Д.В.* Определение деформации мелкозернистого бетона в жидкой сульфатной среде // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 8. С. 82-86.

4. *Ларсен О.А., Баженова С.И.* Применение инновационных материалов и технологий для получения высококачественных бетонов // В книге: Устойчивость, безопасность и энергосбережение в современных архитектурных, конструктивных, технологических решений и инженерных системах зданий и сооружений. 2010. С. 65-68.

5. *Танг В.Л., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А.* Возможность использования зольных остатков для производства материалов строительного назначения во вьетнаме // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 6. С. 6-12.

6. *Танг В.Л., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Шувалова Е.А., Дао В.Д.* Использование отходов углеобогащения с целью получения сырья для производства стенового керамического кирпича // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 12-19.

*Студент 3 курса 31 группы ИСА Воробьев Е.В. ,
Студентка 3 курса 31 группы ИСА Богданова А.А.
Научный руководитель – доц., канд. техн. наук, доц. О.А. Ларсен*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ИЗ ДРОБЛЕННОГО БЕТОННОГО ЛОМА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В настоящее время утилизация отходов и использование вторичного сырья различных видов промышленности является первоочередной задачей. Непрерывающийся процесс строительства новых инженерных сооружений и замены давно существующих сформировал экологическую проблему, которая, нуждается в своевременном решении. Прогнозируется, что за рубежом объемы образования твердых отходов в бетонной промышленности вырастут с 12,7 до 27 млрд. тонн с 2000 по 2050 год соответственно. В нашей стране таких отходов образуется ежегодно около 17 млн. тонн. Идея использования бетонного лома в качестве крупного и мелкого заполнителя в бетонах с различными технологическими показателями не является новой и успешно развивается. Особенную актуальность она получила после введения в 2017 году программы правительства Москвы по реновации жилья. Разработаны и широко применяются инновационные системы и установки для утилизации и измельчения бетонного лома в промышленных масштабах [1].

Отличительной особенностью заполнителей из дробленого бетонного лома от заполнителей естественного происхождения из плотных горных пород является повышенная пористость и водопотребность, а также пониженные прочностные свойства. В последнее время получили применение самоуплотняющиеся бетоны, в том числе и на вторичных заполнителях из бетонного лома. В случае применения в качестве щебня их содержание в самоуплотняющейся бетонной смеси может составлять от 25 до 100 %, а прочность бетонов в возрасте 28 суток нормального твердения при оптимизации состава может достигать 25 – 45 МПа [2]. Установлено, что введение щебня из дробленого бетона в количестве до 30% в самоуплотняющуюся бетонную смесь не оказывает влияние на прочностные свойства.

В тоже время использование дробленого бетона в качестве мелкого заполнителя в количестве от 30% до 100% в самоуплотняющихся бетонах приводит к снижению прочности на сжатие с 15% до 30% соответственно [3].

Бетонные смеси, изготовленные на вторичных заполнителях, характеризуются повышенной водопотребностью и быстрой потерей подвижности смеси во времени, что объясняется высокой развитой поверхностью и пористостью заполнителя из-за налипшего раствора на

зерна первоначального бетона, количество которого может варьироваться в широких пределах и зависит от размера фракции заполнителя.

Отмечается в целом, что бетон, изготовленный на вторичных заполнителях, обладает меньшей прочностью из-за высокой пористости, что является причиной повышенной проницаемости бетонов, повышенной усадки и ползучести. Устранение этого недостатка может быть достигнуто путем подбора оптимального содержания вторичного заполнителя в составе бетонной смеси, а также применением отходов промышленности, обладающих пуццолановой активностью и позволяющих уменьшить количество капиллярных пор.

Морозостойкость бетонов при использовании вторичных заполнителей в количестве от 30 до 100% снижается. При выдерживании в сульфатных водах в течение тридцати суток прочность на сжатие падает на 11%, а в серной кислоте – на 40% соответственно.

Применение крупного заполнителя из бетонного лома с высокой прочностью, равной 50 МПа, правильный выбор компонентов с оптимизацией состава позволит получать бетоны, сравнимые по прочности с результатами, полученными при использовании природного крупного заполнителя. Поэтому утилизация отходов и их повторное использование будет являться основой современного гражданского строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лам Т.В., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Хунг Н.С., Куанг Н.Д.В. Определение деформации мелкозернистого бетона в жидкой сульфатной среде // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 8. С. 82-86.
2. Танг В.Л., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А. Возможность использования зольных остатков для производства материалов строительного назначения во вьетнаме // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 6. С. 6-12.
3. Танг В.Л., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Шувалова Е.А., Дао В.Д. Использование отходов углеобогащения с целью получения сырья для производства стенового керамического кирпича // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 12-19.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕТОННОГО ЛОМА В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ

В связи с тем, что в Российской арктике планируется строительство портов для добычи угля, то необходимо и строительство мест проживания для тех людей, кто будет там жить и работать. Привозные материалы стоят гораздо дороже, чем на континенте, поэтому необходимо использовать любую возможность использовать местный материал. Таким материалом может быть бетонный лом зданий из заброшенных посёлков рядом с выработанными месторождениями полезных ископаемых в той же Арктике. Заполнители в бетоне играют важную роль. Они оттягивают на себя часть воды затворения, из-за чего сокращается период формирования структуры и снижается подвижность бетонной смеси по сравнению с цементным тестом. Также заполнители являются причиной образования контактных зон между заполнителем и цементным камнем. Контактная зона является слабым звеном в структуре бетона, поскольку состоит из рыхлых соединений – гидроксида кальция и трёхсульфатного гидросульфалюмината кальция (этtringита). От качества заполнителей зависит толщина контактной зоны, например: у бетона на гранитном щебне – 30-50 мкм, на известняке – 40-160 мкм.

В МГСУ были разработаны технические условия на щебень из бетонного лома - ТУ 5711-001-40296246—99

Щебень из бетонного лома от щебня из горных пород принципиально отличается тем, что на зерна такого щебня налип цементно-песчаный раствор. Фракция 5-10 содержит наибольшее количество растворной части. Это приводит к тому, что снижается ряд эксплуатационных показателей бетона на вторичном щебне. Кроме того, между растворной частью и самим зерном крупного заполнителя находится контактная зона. В Японии проводили исследования и выяснили, что замена 30% щебня на вторичный заполнитель практически не влияет на прочность бетона. Такой бетон с частичной заменой заполнителей на отходы имел такую же прочность, что и бетон исключительно с природными заполнителями. В НИИЖБ проводили исследование морозостойкости бетона на вторичных заполнителях, которые показали, что низкий показатель морозостойкости бетонного лома из-за открытого доступа воды к контактной зоне от налипшего раствора никак не влияет на морозостойкость бетона, в котором этот заполнитель будет применён.

Помимо крупного заполнителя, при дроблении бетонного лома образуется 20...30% отсеков. Их механо-химическая активация высвобождает непрореагировавшую часть клинкерных частиц, содержание которых в свежем бетоне на бездобавочном цементе типа ЦЕМ-1 составляет 15...25%. В связи с этим проявляются слабые вторичные вяжущие свойства, образуются низкоосновные гидросиликаты кальция. [1]

Обжиг дроблёного бетона при температурах от 600°C до 800°C с дальнейшим помолом позволяет создать вяжущее, практически аналогичное портландцементу.[2]

В Румынии были проведены исследования тяжелого бетона с частичной заменой щебня на бетонный лом. Установлено, что до 40% замены бетонная смесь не расслаивается, поскольку такой лом увеличивает водопотребность смеси и воды приходится добавлять больше. [3]

Обычный тяжёлый бетон на заполнителе из бетонного лома рекомендуется применять при устройстве подстилающего слоя подъездных и малонапряженных дорог, фундаментов под складские, производственные помещения и небольшие механизмы, устройстве основания.

Для использования бетонного лома в качестве заполнителя для бетона в более ответственных конструкциях необходимо принять ряд мер. Т.к. он в целом отрицательно влияет на свойства бетона, то его количество должно быть физически снижено, а именно уменьшен его расход. Компенсировано это может быть двумя способами:

1. Применение бетонного лома как частичной замены природного щебня (описано выше). Не подойдёт для регионов с отсутствием предприятий по добыче камня из горных пород.
2. Увеличение расхода песка и, следовательно, цемента. Это приведёт к увеличению водопотребности смеси, поэтому в данном случае рекомендуются добавки супер-пластификаторов.

Такой бетон называется малощебёночным и он имеет более низкую вязкость, чем тяжёлый бетон с тем же показателем подвижности (по осадке конуса). Поэтому малощебёночные бетонные смеси должны быть более жёсткие, т.е. всё-таки можно снизить расход цемента в сравнении с первоначальным его увеличением.

На первый взгляд, применять бетонный лом в Российской Арктике невозможно. Однако в Арктике не так много зон, где температура в течение года переходит через 0° C, а если такие зоны и есть, то количество таких переходов невелико. Значит и грунты вечномёрзлые. Самые разрушительные процессы в бетоне происходят при переходе температуры через 0° C, поэтому о морозостойкости бетонного лома можно не беспокоиться в случае. Кроме того, выше описано, что отрицательного влияния налипшего на заполнитель раствора на морозостойкость бетона

выявлено не было. Поэтому в фундаментах складов, отсыпку дорог его можно применять даже в таком климате.

Приготовление бетонной смеси при таком климате требует поддержания температуры в пределах от 12 до 20°С до набора критической прочности (около 35 % от марочной). Необходимо применять технологии зимнего бетонирования: подогревать воду, заполнители, электропрогрев, способ термоса (твердение в условиях теплоизоляции), устройство тепляков и т.д.

На поддержании положительной температуры можно сэкономить, если вместо обычного портландцемента применить вяжущее для низких температур (ВНТ), т.к. в его цементном капиллярных пор в 3 раза меньше, чем в портландцементном камне. При этом гелевых пор наоборот в 3 раза больше, а в них вода замерзает при достаточно низких температурах.

Необходимо также ускорять твердение бетона. В конструкциях без арматуры допустимо применять хлористый кальций, в железобетонных конструкциях – нитрит натрия.

Выводы: бетонный лом разрушенных зданий можно применять в суровых арктических условиях, но при соблюдении ряда условий, главное из которых – поддержание положительной температуры бетонной смеси до набора критической прочности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Баженов, Ю. М.* Структура и свойства бетонов с наномодификаторами на основе техногенных отходов [Текст] : монография / Ю. М. Баженов, Л. А. Алимов, В. В. Воронин ; Московский государственный строительный университет ; [рец.: С. И. Павленко, В. Ф. Коровяков, В. В. Козлов]. - Москва : МГСУ, 2013. - 203 с.

2. *Тартыгин В. Н., Скрипник В.П., Собгайда Н.А., Шайхиев И.Г.* Получение вяжущих и сырьевой шихты из бетонного лома. Вестник технологического университета. -2015г.- Т18, №7.

3. *I.Robu, C.Mazilu, R.Deju.* Aspects Concerning the Use of Recycled Concrete Aggregates // Romania, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 161 (2016)

*Студент 3 курса 32 группы ИСА Епихин С. Д. ,
Студентка 3 курса 32 группы ИСА Швецова В.А.
Научный руководитель – доц., канд. техн. наук, доц. О. А. Ларсен*

ТЕХНОЛОГИЯ ПЛОТНОЙ УПАКОВКИ ЗЁРЕН ЗАПОЛНИТЕЛЯ В БЕТОНЕ

Проблема надежности строительных материалов и устойчивости их, к разного рода, воздействиям, была актуальна в течении всей истории строительства. Так как, на сегодняшний день, основным строительным материалом является бетон, то помимо его физических характеристик остро рассматривается вопрос об экологичности его производства. Ежегодный выброс CO_2 , образованный в результате прокаливания известняка для портландцемента и эмиссии от сжигания топлива, составляет около 7% от общего выброса CO_2 в мире. Поскольку замена бетона другими строительными материалами не решит эту экологическую проблему, то был придуман один из наиболее рациональных способов решения – плотная упаковка частиц заполнителя в бетонной смеси. Особенностью данного способа является не только в увеличение прочности бетона, но и одновременное снижение количества цемента, что приводит к значительному снижению CO_2 .

Плотность упаковки частиц бетонных смесей имеет ряд преимуществ для свойств бетона: как в мокром, так и в закаленном состоянии. Добавление мелких частиц в структуру бетона помогает заполнить его пустоты, оставляя только минимальное пространство для воды. Следовательно, добавление мелких частиц приводит к уменьшению потребности в воде. Повышенная плотность упаковки заполнителями улучшает прочность, в то время как все пустоты между ними заполнены цементной матрицей [1, 2]. Сильная агрегатная структура с высокой плотностью упаковки сдерживает количество усадки и ползучесть. Также более низкое В/Ц уменьшает усадку из-за уменьшения количества испаряемой воды в цементной пасте. Теплота гидратации и сушка усадки уменьшаются, поскольку оба они пропорциональны объему цементной пасты в бетоне [3].

В реальной смеси не только пустоты в стабильной структуре частиц заполнены водой, также всегда присутствует избыточная вода, для обеспечения текучести (рис.1). Стабильная структура частиц определяется как структура частиц, в которых все частицы в контакте с одной или несколькими частицами таким образом, что структура упаковки устойчива под действием силы тяжести. Однако, добавление большего количества воды приводит к большим расстояниям между частицами цемента и, следовательно, к снижению прочности бетона.

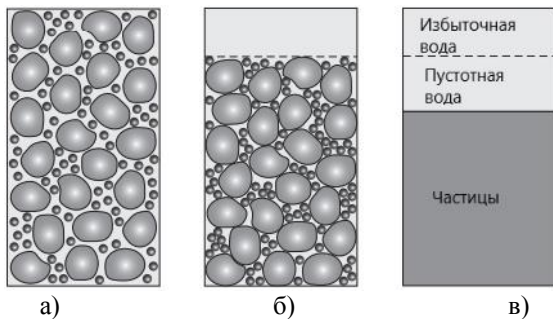


Рис.1. Объем текучей смеси по сравнению с объемом, занятым стабильной структурой, содержащей те же частицы: а) реальная смесь; б) стабильная уплотненная структура; в) компоненты бетонной смеси.

Когда цемент заменяется крупными наполнителями с таким же размером, как и цемент, расстояние между цементными частицами увеличивается. Это можно объяснить рассмотрением контейнера, заполненного цементными частицами. Если 20% цемента заменить наполнителем того же размера, плотность упаковки остается постоянной. То есть, тот же объемный процент контейнера все также занят частицами, однако теперь только 80% исходных частиц цемента присутствуют в этом контейнере. Таким образом, частицы цемента относительно удалены друг от друга (рис. 6, а). Однако, когда цемент заменяют на более мелкие частицы (например, М600) плотность упаковки увеличивается. В этом случае 80% частиц цемента будут помещаться в меньший контейнер (рис. 6, б), а следовательно, пространство между частицами цемента меньше, чем с крупным наполнителем.

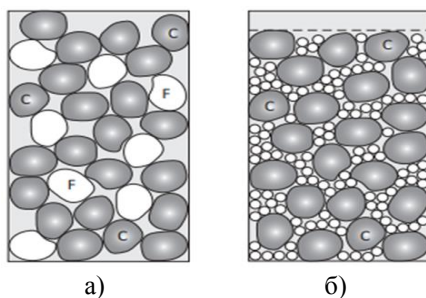


Рис.2. Стабильная структура частиц:

а) объем, занимаемый стабильной структурой частиц с крупным наполнителем (F); б) объем, занимаемый стабильной структурой частиц с мелким наполнителем.

Плотность упаковки частиц бетонной смеси оказывает большое влияние на ее потребность в воде. Следует различать плотность упаковки

стабильной структуры частиц и объем частиц в реальной бетонной смеси. В стабильной структуре все частицы находятся в контакте друг с другом и упакованы с определенной плотностью упаковки. В реальной бетонной смеси частичный объем всех частиц меньше, одна часть воды используется для заполнения пустот между частицами, в то время как другая часть воды рассматривается как избыточная вода. Эта избыточная вода обеспечивает текучесть смеси, которая увеличивается прямо пропорционально избытку воды в смеси. В этом случае содержание твердого вещества в смеси уменьшается. Если состав частиц бетонной смеси оптимизирован таким так, что максимальная плотность упаковки частиц увеличивается, то требуется меньше пустоты. Благодаря этому эффект высокой плотности упаковки улучшает обрабатываемость смеси. Когда часть воды, заполняющая пустоты между частицами, становится доступной как избыточная вода, она будет обеспечивать большую текучесть. Следовательно - это повышает вязкость, что очень полезно при разработке бетонных смесей.

Итак, технология плотной упаковки частиц заполнителя в бетонной смеси позволяет нам получить высокопрочное изделие с наименьшим количеством цемента, что обуславливает экологически рациональный подход к производству бетона. При этом минимальное значение В/Ц достаточно, чтобы смесь была текучей для разработки бетонного изделия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Larsen O.A., Naruts V.V. Self-compacting concrete with limestone powder for transport infrastructure // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8 (68). С. 76-85.*
2. *Алимов Л.А., Стенечкина К.С., Воронин В.В., Ларсен О.А. Влияние температурно-влажностных условий на формирование структуры бетонов с наномодификаторами // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 122-125.*
3. *Лам Т.В., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Хунг Н.С., Куанг Н.Д.В. Определение деформации мелкозернистого бетона в жидкой сульфатной среде // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 8. С. 82-86.*

ГЕОПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Геополимеры являются одной из новых разновидностей минеральных вяжущих, которые применяются для производства композиционных материалов и изделий. История вяжущих веществ от древнейших времен до настоящего времени является историей поиска гидравлических вяжущих, способных образовывать водостойкий искусственный камень. В результате исследований, проводимых уже более 70 лет, разработан обширный класс вяжущих с большим техническим, сырьевым, экологическим потенциалом, сфер применения.

Существует несколько названий этой группы цемента – активированные щелочами цементы, щелочноактивированные вяжущие, щелочные цементы, щелочные вяжущие, геополимеры. Классификация производится по нескольким признакам: виду сырья (природное и техногенное); составу сырья (кальциевое, низко- и бескальциевое алюмосиликатное минеральное сырье) и продуктов твердения; способу введения, виду и содержанию щелочного активатора; назначению; технологии производства. К настоящему времени для получения активированных щелочами цементов исследован довольно большой перечень минеральных сырьевых ресурсов - природные и синтетические стекла, грунты, металлургические шлаки, топливные золы и шлаки, зол, рисовой шелухи, природные и искусственные пуццоланы, глинистые минералы в исходном и обожженном состоянии, эффузивы с высокой степенью остеклованности, строительные отходы, высокорекреационноспособный метакаолин и т.д. Из перечисленных видов отходов в наибольших объемах и наиболее часто в разработках используются металлургические шлаки и топливные шлаки и золы. С учетом мировых тенденций увеличения производства композиционных вяжущих развитие исследований, разработок и производства ШЩВ является актуальным в направлении разработок и создания производств композиционных шлако-щелочных вяжущих (КШЩВ) с различными местными добавками природного и техногенного происхождения. В результате проведенных исследований группой ученых Казанского государственного архитектурно-строительного университета выявлены закономерности: влияния содержания и удельной поверхности добавок на содержание поверхностных активных центров, нормальную густоту, сроки схватывания, кинетику твердения КШЩВ на базе нейтрального, слабокислого и кислого шлаков, среднюю плотность, структурообразование, прочность и водо-

поглощение камня вяжущих в зависимости от удельной поверхности и гранулометрического состава молотых шлаков, добавок и их смесей, способа введения добавок, вида и концентрации щелочных затворителей, условий и продолжительности твердения.

Установлены зависимости изменения кубиковой и призмной прочности, водопоглощения, водонепроницаемости, модуля упругости и морозостойкости бетонов от состава и свойств бездобавочных и композиционных шлакощелочных вяжущих на основе указанных выше шлаков, добавок и щелочных затворителей. Совместный помол шлаков с цеолитсодержащими добавками и добавками боя керамического кирпича обеспечивает получение КШЩВ с прочностью камня до 40% выше, чем отдельный помол. Получение КШЩВ с добавками молотого кварцевого песка, отработанной формовочной смеси, золы-уноса, более целесообразным является при отдельном помолу компонентов.

В известных нормативных документах по производству ШЩВ и бетонов на их основе рекомендуется производить помол шлака до 250-300 м²/кг. Исследованиями установлено, что наиболее высокие показатели физико-технических свойств бездобавочных и композиционных ШЩВ и бетонов на их основе достигаются при тонкости помола шлаков и смесей их с добавками, равной 600- 700 м²/кг. Введение 30% добавки молотого боя керамического кирпича в состав КШЩВ повышает прочность камня вяжущего на 30% (например, для ШЩВ на основе нейтрального шлака с силикатным затворителем повышается со 116 МПа до 140 МПа, а с содовым затворителем с 61-го до 80 МПа), а 60% добавки позволяет получать равнопрочный с бездобавочным камень вяжущего. Равнопрочный с бездобавочным камень ШЩВ получается и при добавках от 10% до 50% кварцевого песка, отхода формовочной смеси и золы-уноса в зависимости от вида шлака и тонкости помола добавок в пределах от 200 до 800 м²/кг. Добавки 25-30% золы-уноса дисперсностью 500-800 м²/кг позволяют при термообработке камня КШЩВ повысить его прочность до 60%. На сегодняшний день известен значительный опыт применения ШЩВ наряду с портландцементом. Существует некоторый опыт коммерциализации и собственно геополимеров. Положительные результаты получены американскими военными инженерами, опубликованные в 1980-1990 гг. по использованию в бетонах цемента PYRAMENT®, содержащего в качестве добавки 20% геополимера, для ремонта взлетно- посадочных полос, промышленных панелей тротуаров, высокоскоростных дорог. В случае со взлетно- посадочными полосами было установлено, что 4-6 часов твердения достаточно для набора бетонной прочности. Французская компания DassaultAviation в 90-х гг. прошлого столетия использовала огнестойкие геополимеры в разработке более ста разновидностей материалов для

Французских военно-воздушных сил, в частности материалов для внутренней отделки кабин самолетов.

В настоящее время коммерциализация гео- полимерных бетонов на основе зол активно ведется в Австралии, в частности при производстве опор, тротуарных плит, сборных панелей и др. Положительные результаты получены американскими военными инженерами, опубликованные в 1980-1990 гг. по использованию в бетонах цемента PYRAMENT®, содержащего в качестве добавки 20% геополимера, для ремонта взлетно- посадочных полос, промышленных панелей тротуаров, высокоскоростных дорог. В случае со взлетно-посадочными полосами было установлено, что 4-6 часов твердения достаточно для набора бетонного покрытия прочности, необходимой для посадки Боинга или Эйрбаса. Геополимерный цемент достигал прочности при сжатии от 20 МПа после 4 часов. Бетон на этом вяжущем был использован более чем в 50 промышленных и 57 военных объектах в США, и 7 в других странах, и гражданских аэропортов в США.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Larsen O.A., Naruts V.V.* Self-compacting concrete with limestone powder for transport infrastructure // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8 (68). С. 76-85.

2. *Алимов Л.А., Стенечкина К.С., Воронин В.В., Ларсен О.А.* Влияние температурно-влажностных условий на формирование структуры бетонов с наномодификаторами // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 122-125.

3. *Лам Т.В., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Хунг Н.С., Куанг Н.Д.В.* Определение деформации мелкозернистого бетона в жидкой сульфатной среде // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 8. С. 82-86.

4. *Танг В.Л., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Шувалова Е.А., Дао В.Д.* Использование отходов углеобогащения с целью получения сырья для производства стенового керамического кирпича // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 12-19.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ МИКРОСФЕР НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

В последние годы, в связи с ростом цен на энергоресурсы, всё больше ужесточаются нормы по энергосбережению зданий. Поэтому для того, чтобы решить данную проблему необходимо понижение эксплуатационной теплопроводности ограждений, а именно несущих стен.

Применение слоистых конструкций с несущей частью, теплоизоляционным слоем и облицовкой, обладает рядом недостатков, таких как сложность конструкции, долговечность и экологичность.

На фоне этого наблюдается высокий интерес к конструкционно-теплоизоляционным материалам, позволяющих улучшить энергоэффективность зданий без применения дополнительных теплоизоляционных материалов.

Для лучшей теплозащиты наружных стен изготавливают крупноформатные керамические изделия с сотовой структурой межпустотных перегородок. Такое расположение межпустотных перегородок, движение теплового потока осуществляется по наибольшему пути от внутренней к наружной поверхности, вследствие чего, понижается эквивалентная теплопроводность изделия. Плотность таких изделий составляет 600-800 кг/м³, пустотность - более 50%. Однако недостатком пустотелых изделий является неизбежность частичного заполнения пустот кладочным раствором и, соответственно, потеря теплозащитных качеств.

В связи с этим чем меньше размер пор, тем меньше теплопроводность материала. Это обуславливается как меньшей конвекцией газа в поре, так и уменьшением влияния лучистой составляющей теплопередачи [1,2]. Так для пор воздуха в пористых телах размером 0,1 мм $\lambda=0,024$ Вт/(м·К), а для пор размером 2 мм $\lambda=0,031$ Вт/(м·К). То есть один и тот же материал с одной и той же плотностью может обладать различным значением теплопроводности, ввиду разной пористой структуры [3, 4].

По этой причине создание высокоэффективного конструкционно-теплоизоляционного изделия с корректируемой пористостью на основе алюмосиликатных микросфер с высокой прочностью и низкой теплопроводностью представляет значительный интерес.

Поэтому была предложена идея создания пористой структуры керамического черепка за счет введения полых алюмосиликатных микро-

сфер с оптимальным их распределением в теле материала. Алумосиликатные микросферы (легкая фракция золы уноса) – это полые стеклокристаллические шарики размером от 20...50 мкм до 400...500 мкм с диаметром частиц около 100...200 мкм, толщиной стенок от 2...30 мкм, а насыпная плотность в неуплотненном состоянии составляет 350...400 кг/м³, в то время как истинная плотность в среднем составляет 2500 кг/м³. Что касается химического состава, то основным компонентом микросфер является оксид кремния SiO₂, составляющий 45-60% , затем оксид алюминия Al₂O₃ – 15...40% , оксид железа

Fe₂O₃ – 1...10% , оксид кальция CaO – 1,5...4,5% и оксид калия K₂O – 2,0...4,5% , а также некоторые другие оксиды, содержание которых не превышает 1%.

Сорбционная влажность микросфер не превышает 0,5% по массе. Поэтому их применение в качестве наполнителя положительно влияет на тепловлажностные характеристики, в том числе, снижая эксплуатационную влажность и повышая теплопроводность на каждый % влажности.

Сорбционные свойства алумосиликатных микросфер представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сорбционная влажность алумосиликатных микросфер

Отн. вл. возд.(φ), %	40	60	80	90	97
Сорбц. вл.(w), %	0,027	0,038	0,067	0,106	0,294

Для получения композита на основе алюмо-силикатного компонента были использованы следующие материалы: микронаполнитель - микросферы - со средней насыпной плотностью 360 кг/м³ в качестве; глина в качестве матрицы-связующего с истинной плотностью 2500 кг/м³ и вода.

Технология получения строительного материала на основе глиняного черепка и микросфер заключается в следующих стадиях: смешивание сухой порошкообразной глины с микросферами, затем проводилось дальнейшее перемешивание с введением воды до образования однородной формовочной массы, после чего происходит формовка в пресс-форме при заданном давлении, далее расформовка и обжиг.

На рисунке 1 представлен общий вид материала, модифицированного микросферами. В ходе проведенных испытаний на физико-механические свойства, а также паропроницаемость, сорбционную влажность и другие характеристики полученного материала, можем сделать вывод, что в результате применения алумосиликатных микросфер в роли наполнителя можно получить искусственные строительные конгломераты с равномерным расположением закрытых пор сфе-

рической формы, что выражается в увеличенной прочности и малых значениях теплопроводности при эксплуатационной влажности изделия.

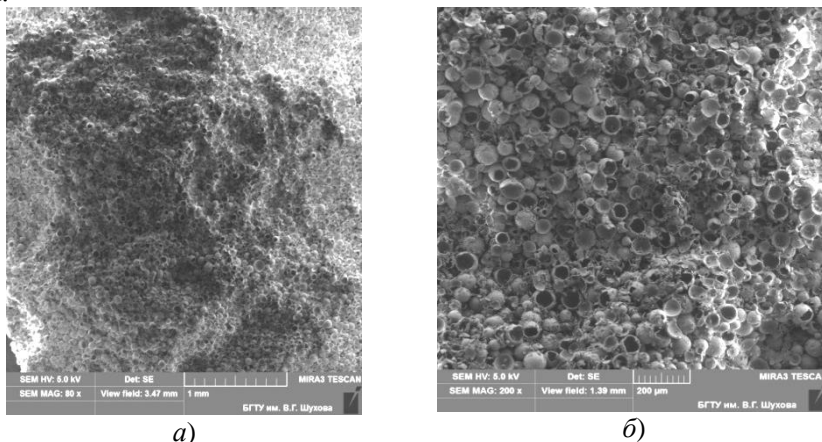


Рис. 1 Общий вид материала, модифицированного микросферами при увеличении: а) 80 раз; б) 200 раз.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Богословский В.Н.* Строительная теплофизика (теплофизические основы отопление, вентиляции и кондиционирования воздуха). 1982. 415 с.
2. *Larsen O.A., Naruts V.V.* Self-compacting concrete with limestone powder for transport infrastructure // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8 (68). С. 76-85.
3. *Алимов Л.А., Стенечкина К.С., Воронин В.В., Ларсен О.А.* Влияние температурно-влажностных условий на формирование структуры бетонов с наномодификаторами // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 122-125.
4. *Лам Т.В., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Хунг Н.С., Куанг Н.Д.В.* Определение деформации мелкозернистого бетона в жидкой сульфатной среде // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 8. С. 82-86.

АЭРОГЕЛЬ И ЕГО УНИКАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

В последние годы наука нанотехнологий сделала большой прорыв, если раньше о нанотехнологиях было мало что известно и к ним относились скептически, то сегодня они достаточно широко внедряются и находят свое применение в различных отраслях промышленности. Более того, наноиндустрия считается самым перспективным направлением в науке и технике. Начало отсчета развития нанотехнологий принято считать 29 декабря 1959 года. Несмотря на ряд причин, препятствующих продвижению в этой области, нанотехнологии не стоят на месте. Происходит открытие новых материалов, внедряются и совершенствуются технологии, которые способны внести колоссальные изменения во многих областях науки и жизни человека [1].

Открывается большое количество наноматериалов которые становятся более доступными в современном мире. Одним из таких материалов является аэрогель. Это уникальный материал не имеющий аналогов на данный момент. Его уникальность характеризуется рядом свойств, которые он в себе сочетает: низкая плотность, повышенная прочность, прозрачность, жаропрочность, он на 99% состоит из воздуха [2].

Аэрогель – наноматериал, состоящий из замороженного дыма или твердого воздуха. Это гель, при производстве которого используется диоксид кремния, жидкая часть которого переведена в газообразное состояние. Аэрогель является высокоструктурированным материалом, относящимся к классу мезопористых материалов. Он представляет собой сеть, объединённую в кластеры наночастиц размером примерно от 3 нм до 100 нм. Внешне он похож на засохшую пену. Первый аэрогель открыл американский ученый Стивен Кистлер в конце 1920-х годов. Но официальной датой открытия принято считать 1931 год, в этот год Кистлер опубликовал свою статью в журнале «Nature». Классическим методом получения аэрогеля принято считать золь-гель метод. Процесс объединяет большую группу методов синтеза материалов из растворов, важным элементом которого является образование геля на одной из стадий процесса [3]. На первой стадии золь-гель процесса реакции гидролиза и поликонденсации приводят к образованию коллоидного раствора золь-частиц гидроксидов, размер которых не превышает несколько десятков нанометров, увеличение объемной концентрации дисперсной фазы или иное изменение внешних условий приводят к интенсивному образованию контактов между частицами и образованию монолитного геля, в котором молекулы растворителя заключены в гибкую,

но достаточно устойчивую трехмерную сетку, образованную частицами гидроксидов. Концентрирование золь с последующим гелеобразованием осуществляется путем электролиза, ультрафильтрации или упаривания при относительно низких температурах или экстракции. На данный момент времени аэрогель широко внедряется в различные сегменты промышленности: химия, биология, медицина, электроника, энергетика, аэрокосмическая промышленность. Его используют для регистрации космической пыли, в качестве изоляционных слоев в платах, на его основе изобретаются высококачественные фильтры всевозможного назначения, является основой для создания гибридных композитов, также его используют для создания специальных космических пленок.

Одной из наиболее перспективных отраслей внедрения аэрогеля, является промышленность строительных материалов. Его уникальные свойства помогают получить высокоэффективные материалы, которые способные вывести строительную промышленность на новый уровень. Основные направления строительных материалов, в которой эксплуатируется аэрогель являются: теплоизоляция конструкций; защита трубопроводов, с целью обеспечения экономичной работы инженерных конструкций; герметизация и теплоизоляция резервуаров; влагоизоляция, с целью предотвращения коррозии.

Помимо всего прочего данный материал способствует увеличению свободного пространства, поскольку 20 мм слоя материала с аэрогелем поможет достичь максимального эффекта теплосбережения. Также он обладает уникальной прочностью при сжатии и растяжении и высокой гидрофобностью, являясь практически водонепроницаемым материалом. Аэрогель имеет повышенный срок службы, даже при механическом воздействии он способен восстанавливать свою исходную форму и сохранять свойства. Аэрогель является очень легким материалом, но при этом способен выдерживать нагрузку в 4000 раз больше собственного веса. Материал является высокоэкологичным и безопасным для человека. Что делает его еще более востребованным в связи с острой экологической обстановкой и невозможностью переработки материалов. Состоящие из кварцевого материала, являющегося, по сути, песком, утеплители а основе аэрогеля совершенно безвредны, как для человеческого здоровья, так и для окружающей среды. Процесс утилизации отходов облегчен тем, что отходы аэрогелевых утеплителей занимают очень малый объем. Большинство материалов не могут быть использованы вторично, имеют маленький срок службы, либо не предусмотрены для долговечного использования. Многие материалы являются достаточно доступными для повсеместного использования в строительной индустрии. Аэрогель, как и любой материал, имеет небольшие недостатки: дорогостоящий метод получения, который не дает использовать

этот материал в промышленных масштабах и не идеальная прозрачность материала. Главным сдерживающим фактором внедрения материала, является его высокая стоимость. Перед учеными, на данный момент времени, в этой области стоит основная задача сделать материал наиболее доступным для пользования в строительной отрасли, что позволит еще лучше изучить его свойства и найти применения и в других сферах жизнедеятельности человека, науке и технике.

Если провести анализ внедрения наноматериалов и нанотехнологий на мировой рынок, то можно выявить некоторые основные причины которые приостанавливают появление новых материалов в строительной отрасли. Этими причинами являются: формирование потребителей, которые смогут эффективно эксплуатировать новые материалы; длительное и своевременное финансирование этой области; широкое развитие основных исследований во всех областях науки и техники, связанных с развитием нанотехнологии; квалифицированные специалисты. Решив эти проблемы можно будет говорить о новом, максимально качественном, развитии нанонауки, которая сможет производить материалы с наибольшей пользой и скоростью, значительно улучшит жизнь человека и минимизирует использование иссекаемых природных ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лам Т.В., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Хунг Н.С., Куанг Н.Д.В. Определение деформации мелкозернистого бетона в жидкой сульфатной среде // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 8. С. 82-86.
2. Танг В.Л., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А. Возможность использования зольных остатков для производства материалов строительного назначения во вьетнаме // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 6. С. 6-12.
3. Танг В.Л., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Шувалова Е.А., Дао В.Д. Использование отходов углеобогащения с целью получения сырья для производства стенового керамического кирпича // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 12-19.

ГИПЕРПЛАСТИФИКАТОРЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИКАРБОКСИЛАТОВ

Темпы строительства в России ежегодно возрастают. Повышаются требования к качеству материалов. Ранее бетоны высокой прочности и долговечности были мало востребованы из-за высокой стоимости. Сейчас ситуация в строительной отрасли меняется. Качественные конкурентноспособные материалы востребованны, поэтому разработке комплексных добавок уделяется особое внимание.

Широкое распространение получили комплексные добавки на основе эфиров поликарбоксилатов - «гиперпластификаторы». Основная цель этих добавок - получение высокопрочных бетонов с низким водоцементным отношением бетонной смеси с пониженной капиллярной пористостью, способствующие разжижению бетонной смеси. [4]

Эффективность гиперпластификаторов обусловлена тем, что бетон на основе гиперпластификаторов сохраняет первоначальную консистенцию длительный срок, отличается повышенной связанностью – не расслаивается, не чувствителен к марке цемента, водоцементные отношения низкие и сверхнизкие. Такой эффект достигается при низкой дозировке – около 0,2% [1].

Гиперпластификаторы - это поликарбоксильные эфиры. По строению это привитые сополимеры на основе химической модификации, позволяющей вводить в рассматриваемые макромолекулы боковые олигоалкиленоксидные цепи посредством получения сложноэфирных или амидных групп (рис 1).



Рис.1 Молекулярная структура гиперпластификаторов

Это позволяет контролировать физико-химические свойства полимеров, взаимодействие молекул добавок с частицами цемента через мо-

дификацию размера основной и боковых цепей, а также плотности боковых цепей и свободных функциональных групп [2].

Поликарбоксилаты действуют через стерическое отталкивание боковых цепей адсорбированных макромолекул без снижения пластифицирующей способности. Отличительной особенностью суперпластификаторов является их способность прикрепляться к поверхностям цементных зерен, в основном точечно. Это способствует более эффективному отталкиванию цементных флоккул и не препятствует доступу воды к цементному клинкеру (рис.2).

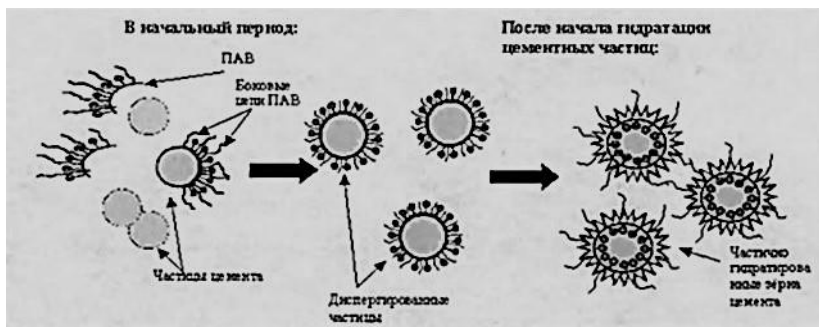


Рис.2 Схематичное изображение процесса диспергирования.

Сферический эффект облегчает взаимоотталкивание частиц цемента при стабилизации суспензии. С помощью поперечных звеньев вокруг частиц твердой фазы создается объемная адсорбционная защитная оболочка. Это не позволяет частицам слипаться.

В сравнении с другими гиперпластификаторами, у этого материала адсорбционный слой толще. Это обуславливает возможность модификации водоредуцирующего действия для дальнейшего получения долговечных высококачественных бетонов за счет повышенной доли адсорбционно-связанной воды [3]. Уменьшение влияния минералогического состава цемента достигается направленной оптимизацией химической структуры поликарбоксилатов, морозостойкость увеличивается благодаря незначительному воздухововлечению (рис.3). Привлекательность применения гиперпластификаторов для монолитного строительства обуславливается тем, что они способствуют высокой сохраняемости бетонной смеси, даже при длительной транспортировке.

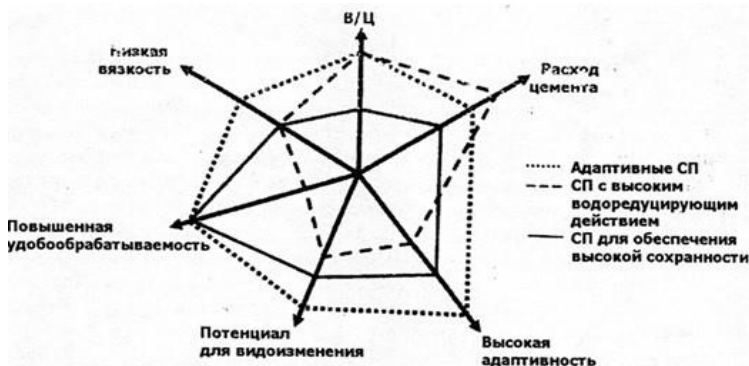


Рис.3 Позиционирование суперпластификаторов по их технологичности

Также возможно применение поликарбоксилатов при производстве сборного железобетона. Необходимы дополнительные исследования, т.к. принцип разработки молекул отличается: при заливке бетона на объекте требуется замедлить твердение и уменьшить время набора прочности после укладки, при производстве железобетона необходимо обеспечить высокую скорость схватывания и повысить прочность бетона [5]. Дальнейшие исследования в области «конструирования» молекул позволят осуществлять направленный синтез поликарбоксилатов, создать линейку гиперпластификаторов с возможностью выбора необходимых свойств с учетом требований технологии строительства конкретного объекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Larsen O.A., Naruts V.V.* Self-compacting concrete with limestone powder for transport infrastructure // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8 (68). С. 76-85.
2. *Алимов Л.А., Стенечкина К.С., Воронин В.В., Ларсен О.А.* Влияние температурно-влажностных условий на формирование структуры бетонов с наномодификаторами // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 122-125.
3. *Лам Т.В., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Хунг Н.С., Куанг Н.Д.В.* Определение деформации мелкозернистого бетона в жидкой сульфатной среде // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 8. С. 82-86.

Студентка 4 курса 30 группы ИСА Мельникова А.И.

Студентка 4 курса 9 группы ИСА Булычева А.С.

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук, доц. Ларсен О.А.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОПОЛИМЕРНЫХ ВЯЖУЩИХ КАК СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В течение длительного времени технологии получения строительных материалов высокого качества совершенствуются как для массового производства зданий, так и для возведения уникальных сооружений. Но каждый раз перед человечеством постоянно встает вопрос о решении проблем ресурсо- и энергосбережения, экологии, экономики при производстве строительного материала.

В мире каждый год добывается свыше 150 млрд тонн сырья, из которых более половины используются в виде отходов на свалках, захоронениях, различных полигонах и хранилищах.

После принятия опыта различных исследователей в 1978 году Джозеф Давидович предложил термин «геополимер» и создал некоммерческое французское научное учреждение Institut Géopolymère (Geopolymer Institute). Процесс, протекающий при взаимодействии щелочей со шлаками (практическое значение имеет доменные шлаки), золами (в основном низкокальцевая зола-унос, которая содержит до 80% алюмосиликатных оксидов), обработанными при высоких температурах полевошпатными горными породами и другими алюмосиликатными материалами относят к геополимерным вяжущим.

Геополимеры с их впечатляющими свойствами (быстрое повышение прочности, химическая и жаростойкость, стабильность свойств, экологичность и т.п.) являются материалом будущего, основа процесса получения которого определяется как:

- геополимеризация - совершенствующаяся область исследований для утилизации твердых отходов и побочных продуктов;
- щелочная активация частичного или полного преобразования стекловидного вещества в искусственный каменный материал [4, 5].

Свойства и применение геополимеров изучаются во многих научных и производственных дисциплинах: современная неорганическая химия, физическая химия, коллоидная химия, минералогия, геология и другие виды технологических процессов. Геополимеры являются частью полимерной науки, химии и технологии, которые формируют одно из основных направлений материаловедения. Можно разделить на две основные группы: чисто неорганические геополимеры и органико-

содержащие геополимеры, синтетические аналоги природных макромолекул.

Реакции получения геополимерных вяжущих:

1. Растворение оксидов кремния и алюминия в щелочной среде — концентрированном растворе NaOH или KOH;
2. Распад природных полимерных структур на мономеры;
3. Схватывание и уплотнение в результате перехода мономеров в полимерные материалы. [1- 3]

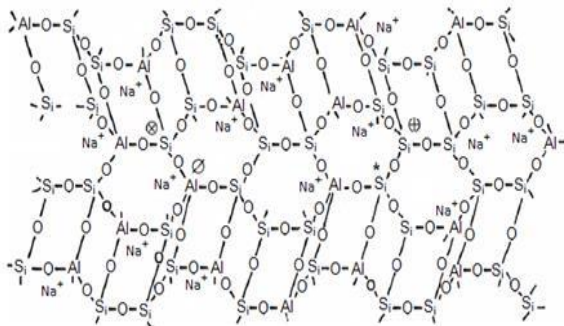


Рис. 2. Структура геополимеров по Дж. Давидовичу.

Геополимеры имеют широкий ряд преимуществ, таких как стойкость к перепадам температур с сохранением целостности при глубоком замораживании и многократном оттаивании, пониженный коэффициент паропроницаемости, повышенную устойчивость к воздействию сжимающих усилий, что позволяет возводить объекты увеличенной этажности, а самое главное экологичностью, за счет уменьшенной концентрацией выделяемых газов и отсутствием токсичных веществ, и экономичностью [4-6]. К сожалению, структурообразование геополимерных материалов до конца не изучено, помимо этого отсутствуют определенные стандарты при производстве геополимеров. Но уже существует большое разнообразие потенциальных и существующих применений. Некоторые приложения геополимера все еще находятся в стадии разработки, в то время как другие уже промышленно развиты и коммерциализированы (геополимерные смолы и связующие, геополимерные цементы и бетоны). Следует отметить, что больше всего разработок и исследований геополимерных вяжущих в Индии, Китае, Бразилии, Австралии и странах Юго-Восточной Азии. Это связано с большими объемами неиспользуемых промышленных отходов, потенциально пригодных для производства геополимеров. Итак, геополимеры являются многообещающим классом наноструктурированных материалов, имеющих перспективы использования в композиционных материалах при утилиза-

ции отходов металлургической промышленности. Экономическая и экологическая целесообразность применения геополлимерных вяжущих материалов служит и будет служить причиной для их исследования и полномасштабного промышленного внедрения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Larsen O.A., Naruts V.V.* Self-compacting concrete with limestone powder for transport infrastructure // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8 (68). С. 76-85.

2. *Алимов Л.А., Стенечкина К.С., Воронин В.В., Ларсен О.А.* Влияние температурно-влажностных условий на формирование структуры бетонов с наномодификаторами // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 122-125.

3. *Лам Т.В., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Хунг Н.С., Куанг Н.Д.В.* Определение деформации мелкозернистого бетона в жидкой сульфатной среде // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 8. С. 82-86.

4. *Ларсен О.А., Баженова С.И.* Применение инновационных материалов и технологий для получения высококачественных бетонов // В книге: Устойчивость, безопасность и энергосбережение в современных архитектурных, конструктивных, технологических решений и инженерных системах зданий и сооружений. 2010. С. 65-68.

5. *Танг В.Л., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А.* Возможность использования зольных остатков для производства материалов строительного назначения во вьетнаме // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 6. С. 6-12.

6. *Танг В.Л., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Шувалова Е.А., Дао В.Д.* Использование отходов углеобогащения с целью получения сырья для производства стенового керамического кирпича // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 12-19.

7. *Баженова О.Ю., Баженова С.И., Архангельский Е.А.* Исследование свойств декоративных бетонов // Вестник МГСУ. 2009. № 1. С. 330-332.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ НАЛИВНЫХ ПОЛОВ И СРАВНЕНИЕ С ДРУГИМИ ТИПАМИ ПОКРЫТИЙ

Все в большем и большем количестве торговых и развлекательных центров применяются для обустройства полов именно полимерные наливные покрытия. И это имеет массу оснований. Во-первых, полимерные наливные полы имеют привлекательный внешний вид и большой диапазон цветов. Во-вторых, применяя полимерные бесшовные покрытия можно создать эксклюзивное покрытие пола, которое будет только в данном торговом или развлекательном центре. В-третьих, эти покрытия будут абсолютно экологически чистыми (полимерные наливные полы разрешены для применения в детских и медицинских учреждениях, на фармацевтических и пищевых производствах), обеспечивающими 100% беспыльность. В-четвертых, полимерные полы легки в эксплуатации и позволяют полностью механизировать их уборку.

Наибольшее распространение получили монохромные декоративные наливные полы, как эпоксидные, так и полиуретановые, либо наливные полы со стыковкой цветов: например, устройство полов с окантовкой вдоль стен, либо разделение больших площадей полов на зоны, в том числе пешеходные, посредством обустройства наливных полов различных цветов. При этом современные технологии позволяют устроить состыковку цветов наливных полов без каких-либо, даже самых малых, «порожков». Эти же технологии позволяют обустраивать полимерные наливные полы со всевозможными рисунками, эмблемами, разметками и надписями в интенсивно эксплуатируемых помещениях, в том числе на роллердромах, танцевальных залах, проходных зонах торговых и офисных площадей. [1]

Покрытие пола может быть как глянцевым, так и матовым. Для придания наливным полам матовости на полимерную поверхность наносят специальный матирующий полиуретановый либо эпоксидный лак. Глянцевые полимерные полы более эффектно смотрятся, но требуют более частую уборку, т.к. зачастую даже прохождение всего одного человека в пыльной обуви оставляет видимые следы. Достаточно часто, для уменьшения видимости запыленности, используют полимерные наливные полы с миксом чипсов - цветных чешуек вододисперсионных красок диаметром в несколько миллиметров. Полы с чипсами требуют обязательное покрытие матирующим или глянцевым лаком во избежание вымывания чипсов в процессе эксплуа-

тации. В ночных клубах и ресторанах широкое распространение получили наливные полы с присыпкой глиттерами – голографическими полиэстровыми или алюминиевыми геометрическими фигурками (в виде квадратов, многоугольников, ромбов, звезд, полумесяцев и т.п.) величиной от 50 микрон до нескольких миллиметров самой разнообразной цветовой гаммы. Благодаря своим высочайшим отражающим способностям, глиттеры придают наливным полам яркий и праздничный вид.

В элитных магазинах и ресторанах стало модным обустраивать прозрачные полы или бесшовные полимерные полы с разводами «под мрамор» или имитацию какого-либо еще натурального камня, либо вообще покрытие самого фантастического, футуристического вида. Прозрачные наливные покрытия позволяют создавать полы со всевозможными вставками в «тело» покрытия в виде: печатной продукции (так называемые 3D полы); плоских изделий из дерева, пластика, бумаги, металла; песка и мелкого щебня самых разнообразных пород и фракций, а также обустраивать полы в так называемом «промышленном» дизайне, подчеркивающим структуру бетонного основания. [3]. Не только в присутственных местах обустраиваются полимерные наливные полы в торговых и развлекательных центрах. Они широко используются в складских и технических помещениях, кухнях, компьютерных сервисных центрах и т.п.

Полимерные наливные полы [2,3] – это особый тип покрытий, которые обустраиваются из многокомпонентных материалов, называемых компаундами, на основе смол различного типа - эпоксидных, полиуретановых, метилметакрилатных, возможность нанесения на большинство типов основания. Достаточно часто полимерные наливные полы путают с наливными полами на цементной основе. [4] Но это совершенно разные типы покрытий. Во-первых, полимерные наливные полы являются финишными отделочными покрытиями, а наливные полы на цементной основе в основном применяются в виде стяжки под другие типы покрытий, а при устройстве их в виде финишного покрытия требуют дополнительное покрытие обеспыливающим составом. Во-вторых, они существенно различаются по толщинам – полимерные полы в несколько раз, а то и на порядки тоньше наливных полов на цементной основе. В-третьих, наливные полы на цементной основе наносятся только на бетонные основания. В-четвертых – наливные полы на цементной основе имеют очень ограниченное количество дизайнерских решений.

Полимерные наливные полы являются в настоящее время единственным достаточно доступным и широко распространенным бесшовным финишным покрытием, обладающим 100% беспыльностью и максимальной гигиеничностью. Только данный тип покрытия может

иметь такой дизайнерский вариант пола фактически для любых помещений, который технологически невозможно повторить и обеспечивает его эксклюзивность. Еще одной отличительной их особенностью является сочетание таких эксплуатационных характеристик, которых невозможно достичь при применении других типов материалов при устройстве покрытия пола. Полимерные покрытия могут быть одновременно и бесшовными, и морозостойкими, антискользящими и антиударными, химстойкими, с низкой истираемостью и высокоэстетичным внешним видом. Полы с упрочненным верхним слоем (топингом) [3] имеют ограничения по внешнему виду, в отличие от полимерных наливных покрытий, и меньшие гигиеничность и ремонтпригодность.

Полы из керамической плитки, керамогранита и натурального камня не являются бесшовными со всеми вытекающими из этого последствиями по гигиеничности и по химической нагрузке; кроме того, плитка является достаточно хрупким материалом.

Полы из линолеума, паркета, паркетной доски имеют ограничения по механическим и химическим нагрузкам и ограничения по типу основания, на которые они укладываются, и не являются, за исключением линолеума, бесшовными. В дополнение к ранее указанным характеристикам полимерных наливных полов, они могут быть дезактивируемыми, радиационно-стойкими, химстойкими, антистатическими, токоотводящими. Ни одно другое покрытие не может обеспечить на 100% данные требования в комплексе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ ПИСОК

1. *Мюллер Б., Пот У.* Лакокрасочные материалы и покрытия.- М.: Пэйнт-Медиа, 2007, 237с.
2. *Лундин Л.М., Захаренко Д.В.* Исследования и разработки в области наливных промышленных полов.// Лакокрасочные материалы и их применение.- 2015.- №6.- С.16-19
3. *Худяков В.А., Прошин А.П., Кислицына С.Н.* Современные композиционные материалы: Учебное пособие. /М.: АСВ, 2006.-144с.
4. СНИП 2.03.13-88 «Полы».

ПРИМЕНЕНИЕ РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ПРИМЕРЕ ЩЕБНЯ ИЗ ДРОБЛЕННОГО БЕТОННОГО ЛОМА

Загрязнение окружающей среды бытовыми и производственными отходами актуальная проблема человечества в наше время. Немалую долю этих отходов составляет строительный мусор. Еще совсем недавно, для того чтобы снести отслужившую свой срок постройку люди использовали взрывчатку, а после собирали мусор и свозили его на полигоны. В результате чего образовывалось большое количество металла, стекольного и бетонного боя. Места свалок становятся непригодными для жизни, в результате чего погибают растения и животные. Неужели наша планета этого заслуживает? В наше время строительная индустрия набирает обороты и площади для застройки, особенно в крупных городах и мегаполисах, становится всё меньше, а городские свалки заполнены почти на 100%. Эти факты заставляют задуматься и об экономической составляющей строительной индустрии. Сократить расходы на материалы можно с помощью переработки строительного мусора во вторичное сырьё. При строительстве гражданских и промышленных объектов, применяется большое количество щебня. Обломки бетона, кирпича, асфальта, полученные при сносе зданий и демонтаже дорог после переработки превращаются в строительный вторичный щебень. Использование вторичного щебня позволяет значительно сократить расходы на добычу сырья, а также снижает нагрузку на полигонах, благодаря сокращению количества строительного мусора. Вторичный щебень имеет довольно широкое применение: устройство нижнего слоя дорог; обустройство щебёночных оснований под фундаменты и полы зданий; в качестве крупного заполнителя в бетонах прочностью 5-20 МПа; отсыпка временных дорог; производство бетонных и железобетонных изделий; устройство автостоянок; использование в ландшафтной архитектуре.

Первым этапом производства вторичного щебня является сбор строительного мусора. За ним следует оценка пригодности строительного боя для переработки, проверка сырья на качество. Далее из завезённого сырья отсортировывают крупные части железобетона, которые собирают в накопительные места. Для придания однородности свойствам и удобства дальнейшего вторичного использования, следующим этапом необходимы дробление и сепарация (удаление арматуры). Для этого материал загружают в приёмный бункер щековой дробилки, где он из-

мельчается, после чего из него магнитным прибором удаляются металлические включения. Заключительным этапом является сортировка щебня в зависимости от фракции. Сортировка по размерам осуществляется с помощью специального сита (грохота). Фракции менее 20 мм подвергаются дальнейшей классификации в аэровиброгрохоте. Если материал идет на фундамент или другие бетонные конструкции, то этот этап не нужен. В этом случае дополнительно снижается цена готового продукта.

Итак, какие качества вторичного щебня можно считать достоинствами, а какие – недостатками? Самый главный недостаток – низкая прочность. Относительно низкая, то есть уступающая эталону – гранитному щебню. Еще одно отрицательное качество – низкая морозоустойчивость. И это сказывается на сфере применения вторичного щебня: категорически запрещено его использование при строительстве дорог, на которые планируется большая нагрузка.

Главным достоинством является низкая стоимость вторичного щебня – цена на него практически в два раза ниже, чем на гранитный. Это обусловлено как исходным материалом – строительным мусором, так и низкими энергозатратами на его производство. Второй немаловажный плюс это широкая сфера применения вторичного щебня.

Подводя итоги, можно сказать, что используя метод переработки промышленных отходов, в наших силах продлить жизнь планете и человечеству.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия (с Изменениями N 1-4).
2. А.В. Луканин «Полная переработка бетонолома во вторичный щебень» ЭЖиП 2012, №4
3. Л.А. Вайсберг, Е.Е. Каменева Исследование состава и физико-механических свойств вторичного щебня из дробленого бетона// Строительные Материала 2014, №6
4. *Баженова О.Ю., Алекберов З.М.* О возможности получения цемента на основе клинкеров различной основности. // Сб.: Науч.иссл., наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии (XVIII научные чтения) МНПК: сборник докладов. БГТУ В.Г. Шухова. 2007. С. 21-23.

РАСШИРЯЮЩИЕСЯ ЦЕМЕНТЫ И РАСШИРЯЮЩИЕ ДОБАВКИ

На сегодняшний день основной задачей строительства является создание и введение в производство новых высокоэффективных строительных материалов, позволяющих обеспечить долговечность и надежность зданий и сооружений на их основе. Вариаций строительных конструкций, различные условия их возведения и эксплуатации наталкивают на разработку специальных вяжущих веществ и бетонов на их основе. Современное строительство сталкивается с проблемой длительной эксплуатации конструкций. Цементный камень, изготавливаемый на основе большинства гидравлических вяжущих веществ, испытывает усадочные деформации, что является следствием образования трещин в местах стыковки отдельных железобетонных и бетонных элементов конструкции. Этот факт нарушает целостность монолита сооружения, что в свою очередь делает её более водопроницаемой. Второстепенной проблемой является ухудшение состояния конструкции по средствам ускоренной порчи бетона из-за повышения влажности: появляется плесень, грибок и материал разрушается непосредственно изнутри. Для предотвращения трещинообразования применяются материалы на основе расширяющихся цементов, позволяющие в значительной степени компенсировать последствия усадочных деформаций и увеличить сроки эксплуатации конструкций. Расширяющимся цементом называют продукт, получаемый при тщательном смешивании портландцемента, глиноземистого цемента и расширяющей добавки. При затвердевании этих цементов происходит расширения, вследствие взаимодействия составляющих расширяющейся добавки друг с другом или с частью основного вяжущего. Расширяясь, он становится влагонепроницаемым и более плотным. Существует несколько видов расширяющихся цементов: гипсоглинозёмистый, водонепроницаемый, напрягающий и антикоррозионный. Добавки для предотвращения действия усадки подразделяются на три категории: добавки, контролирующие осадку и обеспечивающие расширение в пластичном состоянии(газообразующие материалы), контролирующие осадку, обеспечивая расширение в пластичном и затвердевшем состоянии(состоят из сульфоалюмината кальция и материалов на основе извести), не контролирующие осадку, но обеспечивающие расширение только в затвердевшем состоянии(состоят из гранулированного железа и химических веществ). Расширение объема цементного камня обусловлено химической реакцией гидратации MgO , CaO и образования комплексных солей этtringита $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$. Как

показывают исследования, основная причина увеличения объема цементного камня, изготавливаемого на основе расширяющегося цемента, это образование гидросульфаталюминатов кальция. Расширяющие добавки вводятся в мельницу в процессе приготовления цемента, либо в бетоносмеситель при изготовлении бетонной смеси. Введение расширяющих добавок во время изготовления бетонной смеси регулирует энергию расширения вяжущего, что способствует получению бетона для сборного и монолитного строительства, обеспечивая высокое качество изделий и конструкций. Применение бетонов с комплексной усадкой, изготовленных на основе портландцемента и расширяющей добавки, обеспечивает достаточную монолитность и трещиностойкость покрытий. На данном этапе разработкой новых и усовершенствованием имеющихся расширяющих добавок занимается Научно-исследовательский институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздѣва в лаборатории самонапряженных конструкций и напрягающих бетонов, под руководством Титовой Л.А.. НИИЖБ рассматривает вопросы о регулировании свойств бетона по средствам введения расширяющих добавок, разрабатывает новые теоретические подходы для дальнейшей реализации их в промышленности при производстве бетонов нового поколения. Такие бетоны на основе портландцемента с использованием расширяющей добавки с успехом применяются в современном строительстве, увеличивая трещиностойкость конструкции, ее водонепроницаемость и повышая долговечность и надёжность конструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лам Т.В., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Хунг Н.С., Куанг Н.Д.В. Определение деформации мелкозернистого бетона в жидкой сульфатной среде // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 8. С. 82-86.
2. Танг В.Л., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А. Возможность использования зольных остатков для производства материалов строительного назначения во вьетнаме // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 6. С. 6-12.
3. Танг В.Л., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Шувалова Е.А., Дао В.Д. Использование отходов углеобогащения с целью получения сырья для производства стенового керамического кирпича // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 12-19.

КАОЛИН КАК ДОБАВКА - ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Каолинит - это минерал, относящийся к группе алюмосиликатов. Его обычно называют «Китайская глина», так как он был впервые обнаружен в Као-Лине, в Китае. Термин каолин используется для описания группы относительно распространенных глинистых минералов, в которых преобладает каолинит, и получен прежде всего от изменения щелочного полевого шпата и слюды. Каолин - это промышленный минерал, используемый главным образом в качестве инертного наполнителя, его объединяют с другим сырьем в самых разных областях промышленности.



Рис. 1. Каолин в разных агрегатных состояниях

Каолин - это белая, мягкая, пластичная глина, в основном состоящая из мелкозернистых пластинчатых частиц. Каолин образуется, когда безводные алюмосиликаты, встречающиеся в слоях, богатых полевым шпатом, например, гранит, изменяются путем выветривания или гидротермальных процессов. Процесс, который превратил твердый гранит в мягкую матрицу, найденную в каолиновых ямах, известен как «каолинизация». Кварц и слюда гранита остаются относительно неизменными, в то время как полевой шпат превращается в каолинит. Очистка и обработка мелкой фракции гранита дает преимущественно каолинит с небольшими количествами слюды, полевого шпата, следов кварца и, в зависимости от происхождения, органических веществ и / или тяжелых минералов.

Виды каолина различаются по многим физическим аспектам, что, в свою очередь, влияет на их конечное использование. Особый коммерческий интерес представляет степень кристалличности, которая влияет на яркость, белизну, непрозрачность, блеск, прочность пленки и вязкость.

Каолин является частью нашего природного мира. Его использование разнообразно. Белизна и пластичность Каолина отлично подходят для его широкого использования в качестве наполнителя, керамическо-

го сырья и пигмента. Он также является важным сырьем для огнеупоров, а также применяется в промышленности в виде катализатора, перерабатывается в цемент и является наполнителем для стекловолокна.

Каолин используется в различных сферах. Это уникальный промышленный минерал, который остается химически инертным в относительно широком диапазоне рН и обладает отличным покрытием при использовании в качестве пигмента или наполнителя. Кроме того, он мягкий и неабразивный и имеет низкую теплопроводность и электропроводность.

Двумя основными применениями каолина являются покрытие бумаги, чтобы скрыть целлюлозные нити и производство высококачественных керамических изделий. А также он используется во многих других промышленных процессах:

Бумага:

В этой промышленности каолин используется как в качестве наполнителя в основной части бумаги, так и для покрытия ее поверхности. Белизна, непрозрачность, большая площадь поверхности и низкая абразивность делают его идеальным исходным материалом для производства бумаги. Его использование позволяет сократить количество дорогостоящей древесной массы, улучшает оптические свойства бумаги и улучшает характеристики ее печати. При использовании в качестве покрытия на поверхности бумаги белизна каолина улучшает ее яркость и непрозрачность, в то время как размер и форма отдельных частиц каолина дают качество глянца и печати, необходимое для различных видов бумаги, например, документы для журналов и брошюр, художественная бумага, картон и коробки и т. д.

Керамика:

Каолин превращается в муллит и стекло при обжигах с температурой, превышающей 1000 °С. Он используется в составе, белой керамики, из которой состоит посуда, сантехника и настенная и напольная плитка. Он обеспечивает прочность и пластичность при формовании этих изделий и уменьшает количество пиропластической деформации в процессе обжига.

В посуде, помимо прочности и пластических качеств, это важно для достижения высокой белизны. Это связано с тем, что в каолине низкое содержание окрашивающих веществ, таких как железо и титан.

Для сантехники изделия формируются путем литья (для штукатурки или полимеров - под давлением), каолин улучшает реологические свойства материала. Литые изделия относительно тяжелые, и каолин должен быть прочным и сохранять форму до того, как они попадут в печь.

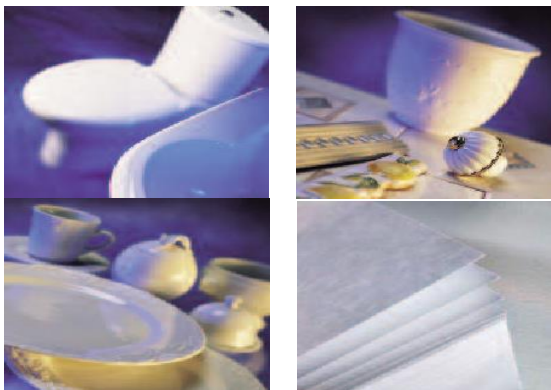


Рис. 2 Керамические изделия с добавлением каолина

Пластмассы:

Каолин используется в пластмассах для обеспечения гладкости поверхностей, стабильности размеров и стойкости к химическим воздействиям, для скрытия рисунков армирования волокон и уменьшения усадки и крекинга при формовании полимера и формообразования. Он также используется в качестве реологического модификатора и функционального наполнителя, для улучшения механических, электрических и тепловых свойств. Основное его применение в кабелях из ПВХ, где главная функция заключается в улучшении электрических свойств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Латин В.В., Данилова Д.А.* Каолин и оптические свойства бумаги. М.: Лесн. пром-сть, 1978.
2. *Коляда С.В.* Перспективы развития жилищного строительства и производства основных конструкционных строительных материалов на период до 2010 года // *Строительные материалы.* 2007. № 2. С.5 - 9.
3. *Haydn H.Murray* Applied Clay Mineralogy, Volume 2: Occurrences, Processing and Applications of Kaolins, Bentonites, Palygorskitesepiolite, and Common Clays (Developments in Clay Science) 2014.

Студент 4 курса 32 группы ИСА Нефедов Г.С.

Научный руководитель - доц., канд. техн. наук С.И. Баженова, асп.

Баженов Д.А.

ОПТИМИЗАЦИЯ СВОЙСТВ НАБРЫЗГБЕТОНА

Российская Федерация обладает значительными запасами полезных ископаемых, большая часть которых залегают под землей. Для их извлечения с целью последующей переработки используется открытый и закрытый (подземный) способы добычи. Известно, что выработки подвержены действию подземных вод: грунтовых, межпластовых (в.т.ч. напорных артезианских). Это требует принятия специальных мер обустройства выработок. Одной из самых эффективных технологий для этого является технология набрызгбетонирования с оконтуриванием специальной бетонной смесью (набрызгбетоном) геометрической поверхности тоннеля, шахты, сбойки и т.п. Данную технологию особенно рентабельно применять для безаварийной эксплуатации трещиноватых и легковыветривающихся пород с $f=7$ и выше с целью предупреждения водопроявлений и вывалов [1]. Сам набрызгбетон представляет собой искусственный материал из смеси цемента, песка, гравия или щебня, воды и различных химических и органоминеральных добавок, придающих ему необходимые свойства. Его отличительными особенностями являются требования к адгезии (для требуемой степени сцепления с поверхностью), водонепроницаемость и набор прочности (с целью компенсации роста горного давления при вскрытии выработки).

Развитие науки и техники в условиях рыночной экономики диктует повышение рентабельности для любых технологий, а жесткие сроки выполнения государственных контактов требуют высочайшей производственной культуры и выполнения объемов работ в кратчайшие сроки. Технология набрызгбетона также развивается на основе современных разработок и достижений отечественного бетоноведения. Повышение технологичности процесса бетонирования можно достичь путем оптимизации давления в сопле установки для набрызгбетонирования бетонной смесью заданных характеристик и ориентации сопла относительно рабочей поверхности (рекомендуется нанесение смеси под прямым углом при расстоянии 1-1,5 м). Также повышение уровня автоматизации процессов с использованием современного программного обеспечения на оборудовании позволяет резко увеличивать качество и производительность работ по набрызгбетонированию [2, 3]. Благодаря внедрению в практику проектирования автоматизированных расчетных комплексов стало возможным учитывать при расчете пространственных и двухмерных моделей систем «набрызгбетонная оболочка – вмещаю-

ший грунтовый массив» характеристики грунта и параметры выработки. Причем расчетный комплекс с высокой степенью достоверности может выдать результат характера влияния физико-механических свойств грунта и геометрических параметров тоннельной выработки на напряженно-деформированное состояние грунтового массива, что позволяет назначать характеристики набрызгбетонной крепи по всей длине подземных сооружений.

В случае возведения несущей конструкции из набрызгбетона сооружается каркас из арматурных стержней. При этом для лучшей гидроизоляции на подложку перед арматурными работами может наноситься гидроизоляционный состав, образующий водонепроницаемую мембрану. Можно возводить конструкции из набрызгбетона без арматурного каркаса при использовании фибронабрызгбетона, когда в бетонную смесь перед набрызгом добавляют металлические или полимерные волокна. Получаемая конструкция при этом имеет высокую трещиностойкость, прочность на изгиб и растяжение, высокую долговечность и эксплуатационную способность [4].

Участки с течами и водопроявлениями в теле грунтового массива для повышения эксплуатационной способности рекомендуется обрабатывать быстросхватывающимися материалами или проинъектировать участок через обустроенные шпурсы с последующей заделкой. Для повышения адгезии «набрызгбетон-подложка» рекомендуется производить искусственную шершавость нанесением насечек и зарубок.

В целях контроля качества в процессе работ должна осуществляться постоянная проверка всего оборудования и механизмов, должны определяться параметры набрызгбетонирования на опытных участках, производится отбор образцов-кернов на участках возведения набрызгбетонных конструкций. Технология набрызгбетона может быть оптимизирована за счет внедрения нового поколения химических модификаторов и минеральных порошков. Так применение бесщелочных ускорителей твердения (AFA – Alkali-Free Accelerators) позволяет повысить кинетику твердения набрызгбетона что особенно важно в условиях интенсивного нарастания горного давления в неустойчивых породах. Использование дисперсных минеральных порошков (в основном на основе отходов промышленности) позволяет в некоторой степени сэкономить расход цемента и улучшить его реологические свойства, особенно в случае наличия реакционной (пуццолановой) способности порошка при реакциях с цементами образуются гидросиликаты кальция [5].

Также эффективным способом для получения высококачественного набрызгбетона может быть использование композиционного вяжущего (КВ) представляющего собой смесь базового портландцемента и тонкомолотой добавки микронаполнителя с самостоятельной гидравличе-

ской активностью (МСГТ) и имеющей оптимизированный минеральный и гранулометрический состав (в.т.ч. с содержанием частиц менее 100 нм. до 10%). На базе кафедры вяжущих веществ и бетонов была доказана эффективность КВ, снижения нормальной густоты цементного теста по сравнению с обычным цементом, более плотная структура цементного камня с соответствующим повышением всех физико-технических свойств [3, 5]. Выводы: Технология набрызгбетонирования является эффективным методом создания крепей в рудном деле, создания защитных оболочек и тонкостенных конструкций в строительстве. Оптимизация свойств набрызгбетона может происходить по пути повышения автоматизации и технологичности процессов, строго контроля качества на всех этапах технологии, использования комплекса химических модификаторов, минеральных порошков и микронаполнителей, обладающих самостоятельной гидравлической активностью (МСГТ).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Алексеев В.А., Харченко А.И., Соловьев В.Г., Никоноров Р.Н.* Набрызгбетон в шахтном строительстве // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 7 (106). С. 780-787.
2. *Ginouse N., Jolin M.* Investigation of spray pattern in shotcrete applications // Construction and Building Materials. 15 September 2015. Vol. 93. Pp. 966–972.
3. *Алексеев В.А., Харченко И.Я., Харченко А.И., Баженова С.И., Бетербиев А.С.Э.* Модифицированные бетонные смеси для пространственных конструкций, наносимые методом набрызга// Вестник МГСУ. 2016. № 11. С. 48-58.
4. *Харченко И.Я., Харченко А.И., Алексеев В.А., Баженов Д.А.* Применение расширяющихся цементов для фибронабрызгбетона при строительстве подземных сооружений// Вестник МГСУ. 2017. № 3 (102). С. 334-340.
5. *Алексеев В.А., Баженова С.И., Харченко И.Я., Харченко А.И., Кривчун С.А.* Совершенствование качества набрызгбетона для строительства тоннельных и притоннельных сооружений// Жилищное строительство. 2016. № 9. С. 33-36.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕТОНОВ В СУХОМ ЖАРКОМ КЛИМАТЕ

Сухой жаркий климат является нетипичным для многих строительных компаний при возведении монолитных сооружений на данной территории. Повышенная усадка и различные структурные усадочные напряжения способствуют образованию макро-микротрещин в бетоне.

В течении суток перепад температуры окружающей среды превышает 20°C. Большие колебания температуры способствуют нестабильным изменениям в свойствах компонентов бетона, а именно заполнителя и цементирующего вещества. Термическая совместимость составляющих бетона является основой для дальнейших технологических процессов. В случае нарушений требований, предъявляемых к приготовлению бетонной смеси и к бетонированию для сухого жаркого климата, железобетонная конструкция не наберет требуемые прочностные характеристики и не прослужит отведенного срока эксплуатации. В данном климате начальная прочность цементного теста всегда значительно выше. Дальнейшее снижение прочности проявляется при наличии следующих причин: развитым алюминатным каркасом и излишне высоким начальным перенасыщением; возникновением дефектов, за счет образования в кристаллах; повышенной пористостью бетона; меньшим объемом гидратных образований. Прогрессирование кристаллизации алюминатных соединений вызвано быстрому повышению пластической прочности бетонной смеси, свойственному для сухого жаркого климата. Стандартными процедурами по снижению температуры бетонной смеси как правило считается: защита от солнца смесителей установки, заполнителей, резервуар с водой и бункера для хранения цемента; укладка бетона в ночное время. Укладка бетона не рекомендуется в условиях сильного ветра с песком. Бетонные поверхности следует держать постоянно увлажненными в течение 24 часов во избежание потери воды в результате испарения и быстрого подъема температуры бетона, выполняя следующие действия: полив или непрерывное опрыскивание; поддержание во влажном состоянии впитывающего мата или материала; непрерывная защита от солнечных лучей; использование водонепроницаемой бумаги для твердения бетона; использование отвердителей. Уход за свежеложенным бетоном следует начинать сразу после окончания укладки бетонной смеси и осуществлять до достижения, как правило, 70% проектной прочности. При исполнении вышеперечисленных тре-

бований набор прочности при 7-дневных пробах на практике составляет 75-85%, и 28-дневные более 100% и до 130%. Однако, когда сроки строительства 1 год и более, для экономии цемента нужно разрабатывать смесь с меньшим его количеством и рассматривать сроки набора прочности бетона до 100% начиная с 60 дней. В практике строительства известны факты, что бетон набирает прочность до 130-140 % через 60-90 дней. Следовательно, возможно уменьшение количества цемента до 15-20%, а это существенное снижение стоимости работ. При несоблюдении и нарушении технологий по бетонированию в сухом жарком климате возникали следующие разрушения. Открытые бетонные поверхности с микротрещинами, точечными отверстиями и небольшими раковинами; поврежденный, слабый или крошащийся бетон; бетон с обширными дефектами, вздутиями, короблением, отверстиями и раковинами. Дальнейшие процедуры по ремонтно-восстановительным работам железобетонных изделий могут регламентировать за счет использования ремонтных смесей, разработанных для устранения дефектов и лечения трещин, допущенных в ходе строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Larsen O.A., Naruts V.V.* Self-compacting concrete with limestone powder for transport infrastructure // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8 (68). С. 76-85.
2. *Алимов Л.А., Стенечкина К.С., Воронин В.В., Ларсен О.А.* Влияние температурно-влажностных условий на формирование структуры бетонов с наномодификаторами // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 122-125.
3. *Лам Т.В., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Хунг Н.С., Куанг Н.Д.В.* Определение деформации мелкозернистого бетона в жидкой сульфатной среде // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 8. С. 82-86.
4. *Ларсен О.А., Баженова С.И.* Применение инновационных материалов и технологий для получения высококачественных бетонов // В книге: Устойчивость, безопасность и энергосбережение в современных архитектурных, конструктивных, технологических решений и инженерных системах зданий и сооружений. 2010. С. 65-68.

ГИПСОСОДЕРЖАЩИЕ ОТХОДЫ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА

Земля, природное жизненное пространство человечества представляют собой замкнутую экологическую систему, в которой совершаются связанные друг с другом и дополняющие друг друга циклы. В последнее время эти циклы нарушаются вследствие демографического взрыва и интенсивного развития промышленности. Проблема безвредного устранения промышленных и бытовых отходов путем сжигания и захоронения в почву становится неразрешимой ввиду постоянного роста транспортных расходов, удорожания энергоресурсов, а также вредного воздействия отходов на окружающую среду [1, 2]. Реальным выходом из создавшегося положения является утилизация отходов при производстве различных материалов, в том числе строительного назначения. Промышленность строительных материалов является весьма энерго- и ресурсоемкой отраслью народного хозяйства, использующей в основном невозполнимое природное сырье – известняки, глины, мела, пески и др. Одной из отраслей промышленности строительных материалов, в которой использование техногенных материалов, пожалуй, максимально, является производство цемента. Это весьма материалоемкая отрасль промышленности. Поэтому весьма важно решить вопрос по максимально возможному снижению затрат природных сырьевых ресурсов. Одним из путей решения этой важнейшей задачи является использование техногенных материалов и нетрадиционного сырья при производстве цемента [3].

Все техногенные материалы классифицируются по группам:

Продукты класса А – имеют химико-минералогический состав и свойства соответствующих горных пород;

Продукты класса Б – получены как побочные продукты, в результате протекания физико-химических процессов как правило при высоких температурах, на их получение тратится много тепла и они имеют большое теплосодержание;

Продукты класса В – материалы, образующиеся в результате физико-химических процессов, протекающих при лежании этих материалов в отвалах. Отходы в производстве портландцемента могут использоваться на стадии приготовления сырьевой смеси и при помоле цемента [4].

В производстве портландцемента чаще всего как регулятор сроков схватывания используется природный гипсовый камень, который при-

ходится доставлять на цементные заводы издалека с гипсовых рудников. При этом этот гипс обычно бывает низкого качества и содержит пониженное количество SO_3 . Поэтому актуальным вопросом является поиск его заменителей. Проводились исследования по использованию химических гипсов таких, как фосфогипс, цитрогипс, борогипс и др. Но эти гипсосодержащие отходы имеют в своем составе посторонние примеси, попадающие в них в процессе переработки основного сырья и значительно ухудшающие качество цемента. В некоторых случаях нужна специальная подготовка таких отходов [4,5].

При этом шликерная технология получения керамических изделий предполагает наличие гипсовых форм, которые после изготовления 35-50 изделий приходят в негодность и выбрасываются в отвалы. Для получения форм используют формовочный полуводный гипс или полу-гидрат кальция $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$, который при гидратации и твердении переходит в двуводный гипс (дигидрат кальция) $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Поэтому эти отходы можно использовать в качестве замены природному гипсу, если завод керамических изделий расположен недалеко от цементного завода [5]. В работе исследовались возможности использования подобного гипса в производстве портландцемента как регулятора сроков схватывания. Для проведения работы были взяты портландцементный клинкер завода ПАО "Подольск – Цемент", использованные гипсовые формы ПК "Дулевский фарфор" и гипсовый камень с Новомосковского рудника. Использование этих форм требует только такой же подготовки, что и природный гипс – дробления. Из этих материалов были изготовлено два цемента с одинаковым содержанием техногенного и природного двуводного гипса 5%. Помол цемента осуществлялся в лабораторной мельнице типа МБЛ до удельной поверхности $280 \text{ м}^2/\text{кг}$. У полученных цемента определялись следующие физико-механические показатели: нормальная плотность, сроки схватывания и прочность при сжатии. Для определения прочности из цементного теста нормальной плотности изготавливались образцы-кубики $2,0 \times 2,0 \times 2,0 \text{ см}$. Образцы хранились в соответствии с ГОСТ 310.4-81 и испытывались в возрасте 3 и 28 суток. Результаты всех испытаний приведены в табл.1. Видно, что нормальная плотность обоих цемента практически одинакова, начало схватывания у цемента с техногенным гипсом наступает на 50 мин раньше, а конец схватывания наступает практически одновременно и, следовательно, по срокам схватывания портландцемент с гипсовыми отходами соответствует требованиям ГОСТ 10178-85.

Таблица 1

Физико-механические свойства цемента

Вид гипса	Нормальная	Сроки схватывания, час-мин	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте
-----------	------------	----------------------------	---------------------------------------

	густота, %	начало	конец	3 суток	28 суток
Природный	25,0	2-40	6-20	65,8	79,5
Отходы	25,25	1-50	6-00	70,4	83,4

Если посмотреть на прочностные показатели портландцементов с техногенным и природным гипсом, приведенные в таблице, то видно, что независимо от возраста образцов, прочности двух составов близки. Причем цемент, в состав которого входят гипсосодержащие отходы, имеет по прочности даже лучшие показатели, чем цемент с природным гипсом. Исходя из сказанного выше, можно сделать выводы, что дигидрат кальция или двуводный гипс, получаемый при использовании старых или бракованных гипсовых форм, и природный гипсовый камень практически равноценны в качестве регулятора сроков схватывания цемента. А это дает возможность использовать подобные гипсосодержащие отходы керамической промышленности в производстве портландцемента без ухудшения его качества и решить вопросы утилизации отходов и улучшения экологической обстановки в районе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Использование недефицитных сырьевых материалов в производстве строительных материалов // Промышл. Строит. матер. Сер.9, «Стекольное производство». ВНИИЭСМ. -.1991. Вып.3.
2. *Суханов М.А., Феднер Л.А., Храпов В.С.* Отходы промышленности – сырье для получения цемента // Цемент – 1995. № 5-6. С. 4-9.
3. *Копелиович В.М., Здоров А.И., Златковский А.Б.* Утилизация промышленных отходов при производстве цемента // Цемент и его применение - 1998. № 3. С. 35-39.
4. *Шубин В.И., Юдович Б.Э.* использование природного и химического гипсов в производстве гипсосодержащих цементов // Цемент и его применение - 2002. № 3. С. 14-16.
5. *Каушанский В.Е., Баженова О.Ю., Монахова С.И.* Утилизация отходов формовочного гипса в производстве протландцемента // Изв. высш. уч. заведений.Строительство – 2003. № 3. С. 39-40.

РЕЦЕПТУРА СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Сухие строительные смеси нашли широкое применение в строительстве. Они охватили самый широкий круг работ благодаря количеству своих типов: различные виды шпатлевочной смеси, штукатурки, кладочные смеси, выравнивающие составы, наливные полы, а так же смеси для черновой и для чистовой отделки.

Если раньше рецептура изготовления сухих строительных смесей осуществлялась с легкостью только для профессионалов, то на данный момент, благодаря сухим строительным смесям к которым достаточно добавить воду в правильном соотношении, это не составит труда ни для кого.

Сухие смеси совершенствуются. Сейчас клеющие плитки не просто приклеивают плитку, но и добавляют ей дополнительные характеристики: износостойкость, влагостойкость и прочность.

Сухие строительные смеси - это композиции смесей из вяжущих веществ, заполнителей, наполнителей и функциональных добавок. Каждый из компонентов выполняет ряд функций.

Цементно-песчаная смесь применяется при штукатурке, кладке, выравнивание полов, а так же для создания равных поверхностей.

Гипс применяется для смесей предназначенных для внутренней отделки зданий и сооружений с сухими, нормальными, влажными и мокрыми режимами.

Связующие компоненты обеспечивают основные молекулярные связи между частицами, отвечая за сцепление частиц между собой с поверхностью основания и в случае плиточного клея с поверхностью приклеиваемого отделочного монтажа.

В качестве связующих чаще всего используют гипс и цемент. Именно эти компоненты начинают работать при взаимодействии с водой.

Что касается полимерных синтетических добавок таких как ретиспергируемые сополимерные порошки, то они нашли широкое применение в сухих строительных смесях на цементном вяжущем.



Рис. 1. Сухие строительные смеси

Производят порошки методом распылительной сушки водных синтетических дисперсий на основе сополимеров винилацетата, акрилата, этилена и версататов. Такие порошки хорошо диспергируются в воде, а так же в них есть слеживания и антикоагулянты.

Благодаря им, шпатлевочные и клеевые композиции, строительные растворы отличаются стойкостью к истиранию, хорошей эластичностью во время нанесения, высокой прочностью на изгиб, повышенной адгезией к различным поверхностям. Широкое применение в композициях нашли полимерные водоудерживающие добавки-загустители - сложные эфиры целлюлозы. Чаще всего используется метилцеллюлоза. При наличии этого компонента формируются самые необходимые комбинации свойств: удобоукладываемость, увеличение вязкости, легкость, водопотребность и водоотдача, препятствие комкообразованию.

Метилцеллюлоза водорастворимая МЦ выпускается нескольких марок, которые отличаются вязкостью 1%-го водного раствора. Продукт в виде волокнистого материала белого цвета с желтоватым оттенком.

На-карбоксиметилцеллюлоза КМЦ. Эфир целлюлозы и гликолевой кислоты. Порошкообразное вещество или твердое волокнистое, обладающее слабой растворимостью в щелочном растворе. Набухание в воде происходит с сильным гелеобразованием. Оксипропилметилцеллюлоза ОПМЦ. Эфир пропилен-гликоля и метил целлюлозы. Порошкообразный или волокнистый продукт с желтым оттенком. На марки делится в зависимости от водного раствора. Этилоксиэтилцеллюлоза ЭОЦ. Эфир этилена и этилцеллюлозы. Обладает высокими адгезионными свойствами, хорошо растворима в холодной воде. Наполнители являются обязательным компонентом почти во всех сухих строительных смесях. Это конкретного зернового состава искусственно-приготовленные материалы или минеральные природные, которые составляют до 70-80% всего объема строительных растворных смесей. Благодаря наполнителям в сухих строительных смесях регулируются такие характеристики как: прочность, пластичность, норма расхода, объем, а также звуко и теплоизоляционные свойства состава. Чаще всего в качестве наполнителя выступают: известковая мука, различных фракций кварцевый песок, специальные волокна укрепляющие связи в составе смесей, а также мраморная крошка и мраморная мука. Такие наполнители как перлит и пеностекло осуществляют теплоизоляционные свойства. В редких случаях используется гранулированный пенополистерол и доломит, чаще всего используются сразу несколько наполнителей, которые выполняют и улучшают характеристики друг друга. Добавки могут замедлять или ускорять отвердевание, уменьшать количество воды необходимое для приготовления раствора, улучшать удобства укладки готовых растворов, так же повышать пори-

стость и морозостойкость. Добавки в смесях отвечают за толщину нанесения и за отсутствие трещин в составе. Так например по строительным нормативам минимальный размер цементной стяжки не должен превышать 30 мм, если использовать тоньше слой, то в процессе высыхания такое основание склонно к разрушению. С помощью сухих строительных смесей возможно изготовить стяжку толщиной не более 5 мм. При этом по характеристикам, такая стяжка не уступает традиционной. Подводя итог можно сказать, что сухие строительные смеси – материал без которого сегодня не обходится ни одна стройка или ремонт. Введенные добавки делают любой тип работ наиболее улучшенной. Именно благодаря добавкам смесь получает необходимые физические и химические свойства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Larsen O.A., Naruts V.V.* Self-compacting concrete with limestone powder for transport infrastructure // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8 (68). С. 76-85.

2. *Ларсен О.А., Баженова С.И.* Применение инновационных материалов и технологий для получения высококачественных бетонов В книге: Устойчивость, безопасность и энергосбережение в современных архитектурных, конструктивных, технологических решений и инженерных системах зданий и сооружений. 2010. С. 65-68.

3. *Танг В.Л., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А.* Возможность использования зольных остатков для производства материалов строительного назначения во вьетнаме // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 6. С. 6-12.

4. *Танг В.Л., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Шувалова Е.А., Дао В.Д.* Использование отходов углеобогащения с целью получения сырья для производства стенового керамического кирпича // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 12-19.

НАНОКРИСТАЛЛИЗАТОРЫ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА

Наноматериалы подразделяются на: нанопористые структуры, наночастицы, нанотрубки, нановолокна, нанодисперсии (коллоиды), наноструктурированные поверхности и пленки, нанокристаллы, нанокластеры. Строительство - одна из промышленных сфер, в которой нанотехнологии стремительно развиваются.

Для получения в строительстве новых и улучшенных показателей материалов и способов более эффективного влияния на эти характеристики необходимо применять нанотехнологии и наноматериалы.

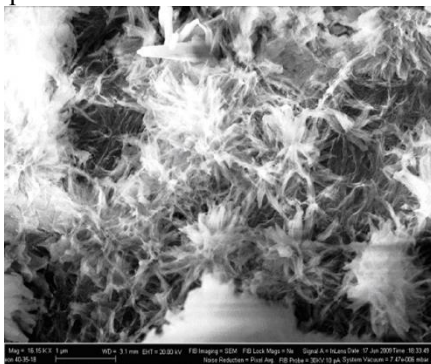


Рис. 2 Наномодифицированный мелкозернистый бетон

Но для повышения свойств материалов нужно их дальнейшее уменьшение до наноразмерных порошков. Это объясняется видимыми изменениям физических и химических свойств наноразмерного вещества по сравнению с его макросостоянием. К примеру, алюминий в естественном состоянии – это светлый металл, а в виде порошка, он превращается во взрывоопасную смесь, которую используют в виде катализатора. Современный материал нанобетон почти ничем не отличается от обычных бетонных смесей. Он состоит из минерального вяжущего, заполнителей и воды. Единственное отличие при изготовлении нанобетона состоит в том, что вместо пластификаторов используются нанокристаллизаторы, которые представляют собой микроскопические полые трубки. В длину они всего лишь несколько единиц микрон, но их прочность выше 100 гигапаскалей.

Наноразмерные частицы являются наиболее привлекательными модификаторами структуры цементного камня и бетонов на его основе,

так как являются центром кристаллизации новой фазы, показывают высокую химическую активность и гарантируют снижение внутренних напряжений в системе, тем самым увеличивая прочность и повышая долговечность материала.

Нанокристаллизаторы в малых концентрациях обеспечивают улучшение физико-механических характеристик бетона, такие как: повышение прочности и величины модуля упругости, повышение водонепроницаемости и морозостойкости, снижение значений предельной деформации усадки. Российским ученым первым в 1993 г. удалось получить успешные результаты в разработке нового строительного материала – нанобетона. Разработчиком был Андрей Пономарев, а также ему помогла группа ученых из других городов.

При создании нанобетона пластификаторы заменяют на наноинициаторы. Все изменения происходят на молекулярном уровне и полностью меняют структуру смеси. При использовании такой технологии исчезает потребность в армировании бетона. Он приобретает устойчивость к щелочи, кислотам. Прочность нанобетонов составляет 100 ГПа. Чаще всего в качестве нанокристаллизаторов выступают: диоксид титана, оксид кремния. Нанобетон подразделяют на: легкий (применяется в строительстве частных жилых домов, внутренних перегородок зданий), средний (используется для производства дорог, покрытий для аэродромов), высокопрочный (для строительства высотных зданий, ферм, перекрытий, мостов, несущих сооружений), сверхвысокопрочный (для вокзалов, мостов, аэродромов). В настоящее время получены и внедрены бетоны повышенной водонепроницаемости и морозостойкости для тонкостенных гидротехнических сооружений. Этот бетон содержит комплексную добавку «Пенетрон А» +С-3, которая повышает водонепроницаемость почти в 2 раза, а морозостойкость – до 150 циклов.

Рассмотрим два направления технологий, которые можно использовать с применением наночастиц в наноструктурированных бетонах:

- 1) домол цемента перед его использованием до наноразмерных частиц. У такого цемента доля вещества, вступающего в реакцию с водой, будет заметно больше.
- 2) Модифицирование строительных материалов.

Осуществляется путем введения нанокристаллизаторов. В качестве нанокристаллизаторов применяются: углеродные астралены, углеродные фуллерены, углеродные нанотрубки, серебро, медь, диоксид титана, диоксид кремния и т.д.

Добавление маленького количества раствора углеродных нанокластеров в смеси с пластифицирующей добавкой разной химической природы значительно увеличивает пластифицирующую и водоредуцирующую эффективность пластификаторов. Суперпластификаторы получа-

ют свойства гиперпластификаторов. Углеродные нанокластеры практически являются присадкой к пластифицирующей добавке. Углеродные нанокластеры дозируют в зависимости от расхода пластификатора. По экономическим и технологическим показателям, количество присадки должно составлять 2 % от сухого остатка пластифицирующей добавки, что не превышает 10 г/м^3 бетона.

Сегодня нанотехнологи усиленно ищут методы для более экономичного получения наномодификаторов и более эффективного способа введения их в состав системы цементосодержащих структур. Это делается для снижения стоимости добавки, ведь стоимость достаточно высокая, несмотря на то, что необходимо мизерное количество.

Ярким примером, подтверждающим целесообразность использования нанотехнологий является строительство автодорожного моста через р. Волга. Этот мост введён в эксплуатацию в 2007 г.

Дорожные плиты сделаны из легкого конструкционного фибробетона. Он основан на базальтовой микрофibre, которая модифицирована нанокластерами углерода. Это помогло снизить собственный вес покрытия больше, чем на треть. В наши дни в строительной сфере термин нанобетон используется достаточно часто. Нанобетон – это материал будущего. Он станет хорошей заменой сегодняшним бетонным смесям.

Таким образом, прогресс строительного материаловедения и строительной индустрии возможен только на базе современных наукоемких и высокоразвитых технологий. Новые технологии должны обеспечивать высокое качество продукции, ее экологическую безопасность, эффективное использование сырья, экономию ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Larsen O.A., Naruts V.V.* Self-compacting concrete with limestone powder for transport infrastructure // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8 (68). С. 76-85.

2. *Алимов Л.А., Стенечкина К.С., Воронин В.В., Ларсен О.А.* Влияние температурно-влажностных условий на формирование структуры бетонов с наномодификаторами // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 122-125.

УГЛЕРОДНОЕ ВОЛОКНО И МАТЕРИАЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Углеродное волокно — это материал, который состоит из тонких нитей с диаметром 5-15 мкм, образованных атомами углерода, объединенных в микроскопические кристаллы, расположены параллельно друг другу.

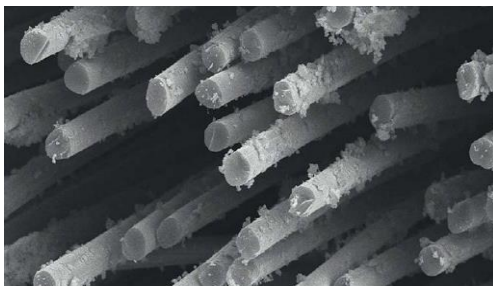


Рис. 1. Углеродное волокно

Углеродные волокна выпускаются в различном виде: штапелированные и непрерывные нити, тканые и нетканые материалы. Самым распространенным видом продукции являются жгуты, пряжа, ровинг и нетканые холсты [1, 2].

Механическую прочность твердых тел определяют силой межатомной связи этого вещества. Для твердых тел твердость и механическая прочность пропорциональны. В природе наиболее высокой твердостью обладает алмаз, из-за имеющихся в нем прочных межатомных связей углерод-углерод. Именно эти связи применяются для создания высокопрочных волокон. Связи углерод-углерод присутствуют еще и в графите. Графит обладает слоистой структурой. Внутри его слоев присутствуют прочные связи углерод-углерод, а между ними слабые межатомные связи углерод-углерод, которые именуют Ван-дер-Ваальсовыми. Если чешуйки графита направить вдоль волокон, то само волокно станет прочнее. Из всех видов волокон самыми пригодными, для изготовления углеволокна, по технологическим и экономическим параметрам оказались: волокна гидратцеллюлозы, вискозные волокна, полиакрилонитриловые волокна, а также, волокна из пека. На данный момент они являются основным сырьем используемым на производстве. Основными преимуществами УВ являются такие показатели, как высокая прочность, высокий модуль упругости, низкий коэффициент трения, низкая плотность, высокая стойкость к атмосферному влиянию и химическим реагентам. Помимо высоких прочностных свойств и легкости, углеродные волокна и композиты из них, имеют черный цвет и являются отличными проводниками электричества. Ниже приведена таблица 1 сравнительных характеристик композиционных материалов.

Таблица 1

Свойства некоторых композиционных материалов

Материал	Плотност, кг/м ³	Прочность при растя- жении, МПа	Модуль Юнга, ГПа	Удельная прочность $e \cdot 10^3$, км	Удельный модуль $E \cdot 10^6$, км
Углепластик	1450-1600	780-1800	120-130	53-112	9-20
Стеклопластик	2120	1920	69	91	3,2
Высокопрочная сталь	7800	1400	210	18	2,7
Сплав из алю- миния	2700	500	75	18	2,7
Слав из титана	4400	1000	110	28	2,5
Полиамид 6,6	1140	82,6	28	7,24	0,24
Полиамид 6,6 +40 % стеклово- локна	1460	217	112	8,87	0,77
Полиамид 6,6 +40 % углерод- ного волокна	1340	280	238	21	1,92

По отдельным показателям углепластики оказывается лучше, чем многие из используемых конструкционных и металлических материалов. При добавлении УВ в структуру непрочного полиамида, повышается его удельная прочность и жесткость, это приближает его показатели к показателям металлических конструкционных материалов. Интересно отметить, что механические свойства при повышении температуры заметно возрастают. Причем, среди всех материалов такими уникальными свойствами могут похвастаться только углеродные волокна. Они устойчивы к воздействию органических растворителей, кислот и щелочей, но, к сожалению, недостаточно устойчивы к воздействию окислителей. Помимо высоких механических свойств и хемостойкости, материал из углеродных волокон отличается достойными антифрикционными характеристиками, высокой износостойкостью и низким коэффициентом трения. Коэффициент трения углепластика варьируется от 0,1 до почти 0,17, все зависит от условий испытания, а по показателям износостойкости он в 5-10 раз превышает антифрикционные марки бронзы, которые используются в производстве подшипников скольжения. Модернезированные УВ используют в изготовлении электродов, экранов, поглощающих электромагнитное излучение, изделий для радио- и электротехники. На их основе получают электронагреватели любой жесткости, создают обогреваемую обувь и одежду.

Сейчас углеродные волокна можно встретить в термозащите космических кораблей, самолетов, ракет. Из них создают носовые части летательных аппаратов, различные детали для двигателей и теплопроводящих устройств.

Таким образом, специфические свойства углеродных волокон позволяют использовать их в различных областях, от строительной сферы до производства космических ракет. Мощным недостатком углепластика является его высокая стоимость, это легко объяснить малым объемом производства. Скорее всего, увеличение масштабов производства и применения приведет к снижению стоимости углеродных волокон.

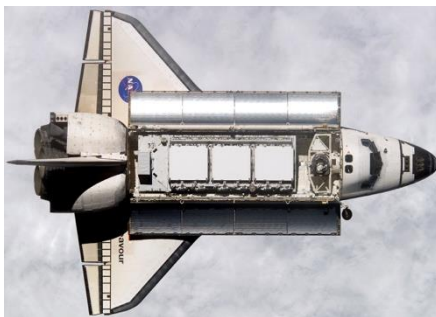


Рис. 2 Шаттл «Индевор»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Larsen O.A., Naruts V.V.* Self-compacting concrete with limestone powder for transport infrastructure // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8 (68). С. 76-85.

2. *Алимов Л.А., Стенечкина К.С., Воронин В.В., Ларсен О.А.* Влияние температурно-влажностных условий на формирование структуры бетонов с наномодификаторами // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 122-125.

3. *Лам Т.В., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Хунг Н.С., Куанг Н.Д.В.* Определение деформации мелкозернистого бетона в жидкой сульфатной среде // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 8. С. 82-86.

4. *Ларсен О.А., Баженова С.И.* Применение инновационных материалов и технологий для получения высококачественных бетонов В книге: Устойчивость, безопасность и энергосбережение в современных архитектурных, конструктивных, технологических решений и инженерных системах зданий и сооружений. 2010. С. 65-68.

Студентка 3 курса 32 группы ИСА Швецова В.А. ,

Студентка 4 курса 32 группы ИСА Иванова М.В.

Научные руководители - ассистент М.Р. Нуртдинов; доц., канд. техн. наук, доц. О. А. Ларсен

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ УСАДКИ ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫХ СОСТАВОВ С РАСШИРЯЮЩИМИ ДОБАВКАМИ

Строительные материалы, вяжущим в которых выступает портландцемент, известны во всем мире уже более 160 лет. Однако, они не лишены недостатков, таких, как низкая прочность при изгибе, замедленное твердение, большое трещинообразование при высыхании и низкая химическая стойкость.

Для того, чтобы преодолеть эти недостатки начали использовать полимерцементные композиции. Первый патент на применение полимерцемента был выдан Крессону в 1923 году [1].

Что же такое полимерцемент? Полимерцемент – это искусственно приготовленный композиционный материал, преимущественно состоящий из органического и неорганического компонента. Неорганической составляющей может быть портландцемент и его разновидности, магнезиальные и глиноземистые цементы, жидкое стекло и строительный гипс. В качестве органического компонента используют водные дисперсии поливинилацетата, синтетические и натуральные латексы, водорастворимые эпоксидные, фурановые, полиэфирные полимеры и др. Также применяются мономерные и олигомерные соединения, которые полимеризуются при гидратации вяжущего материала по действием отвердителей, температуры, рН-среды и т.п. Полимерный компонент в соотношении (0,0025...0,2):1 вводится в виде порошкообразной добавки в сухую смесь на основе вяжущего вещества, где затем эмульгируется в водной среде, а при твердении растворов полимеризуется, либо добавляется в воду затворения и далее используется при приготовлении растворной или бетонной смеси [2]. Добавление полимеров к минеральным вяжущим положительно сказывается на их физических и физико-химических свойствах. Например, значительно повышается высокая ударная вязкость КПМ и коррозионная стойкость в агрессивных средах. Однако наличие полимерного компонента снижает модуль упругости.

Но так же стоит отметить, что усадка зависит от типа полимера, полимерцементного отношения, от методов испытаний или исследований. Например, наибольшая усадка у полимерцементной композиции модифицированного ПВА при твердении в сухой среде. Это объясняется тем, что большое количество воды, абсорбированной в полимерной фа-

зе, испаряется из-за низкой водостойкости самого поливинилацетата. Чтобы достичь минимальных усадочных деформаций в раствор или бетонную смесь вводят расширяющую добавку.

Является целесообразным совместное применение расширяющей добавки с полимерными в таких составах. В данной работе проводились исследования по снижению усадочных деформаций полимерцементных композиций на основе портландцементного вяжущего. Ключевые соотношения компонентов были приняты следующими:

- водоцементное отношение, равное 0,5;
- цементно-песчаное отношение было принято равным 1:2;
- полимерцементное отношение 0,25;
- расширяющая добавка (РД) в 1:10.

Были сформованы три партии стандартных изделий 40x40x160: контрольные образцы цементно-песчаного раствора без добавления полимерного компонента и расширяющей добавки (I), образцы полимерцементным составом (II), образцы с полимерцементным составом, содержащие расширяющую добавку (III).

В течение 28 суток при помощи электронного микрометра отслеживалась кинетика деформаций усадки и расширения цементно-песчаных образцов, данные которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Кинетика деформаций усадки и расширения
цементно-песчаных образцов

Сутки	Номер образца								
	I			II			III		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	-1,148	-0,054	-0,381	-0,129	-0,961	-0,435	-0,372	-0,068	-0,084
4	-1,127	-0,08	-0,41	-0,123	-0,866	-0,423	-0,353	-0,045	-0,034
5	-1,093	-0,024	-0,438	-0,135	-0,951	-0,431	-0,352	-0,042	-0,045
6	-1,131	-0,088	-0,458	-0,134	-0,946	-0,438	-0,374	-0,06	-0,103
7	-1,144	-0,114	-0,491	-0,168	-0,985	-0,483	-0,399	-0,086	-0,133
8	-1,131	-0,143	-0,364	-0,088	-0,967	-0,46	-0,481	-0,445	-0,071
11	-1,151	-0,099	-0,507	-0,152	-0,974	-0,457	-0,38	-0,058	-0,086
12	-1,146	-0,105	-0,502	-0,146	-0,963	-0,453	-0,368	-0,059	-0,078
14	-1,127	-0,097	-0,526	-0,145	-0,958	-0,448	-0,368	-0,056	-0,075
28	-1,143	-0,122	-0,549	-0,164	-1,017	-0,517	-0,442	-0,133	-0,155

На 28 сутки образцы подверглись испытанию на прочность при изгибе и при сжатии. Данные, полученные в результате испытаний, приведены в табл.2 и табл.3 соответственно.

Таблица 2

Прочность при изгибе в возрасте 28 суток нормального твердения

Прочность при изгибе, кН								
I			II			III		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
2,18	2,35	2,22	1,94	2,36	2,23	2,43	2,37	2,27

Таблица 3

Прочность при сжатии в возрасте 28 суток нормального твердения

Прочность при сжатии, кН								
I			II			III		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
45,55	45,26	49,09	43,01	48,22	45,43	51,65	47,56	48,73
47,96	47,48	46,28	44,54	43,85	42,76	45,26	39,64	50,79

Полученные данные дают представление о действии расширяющей добавки на полимерцементный состав. Наибольшая усадка наблюдается во II группе образцов, где присутствует полимерный компонент. В III группе образцов усадка стремится к 0 благодаря компенсирующему действию расширяющей добавки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Larsen O.A., Naruts V.V.* Self-compacting concrete with limestone powder for transport infrastructure // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8 (68). С. 76-85.
2. *Алимов Л.А., Стенечкина К.С., Воронин В.В., Ларсен О.А.* Влияние температурно-влажностных условий на формирование структуры бетонов с наномодификаторами // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 122-125.
3. *Ларсен О.А., Баженова С.И.* Применение инновационных материалов и технологий для получения высококачественных бетонов В книге: Устойчивость, безопасность и энергосбережение в современных архитектурных, конструктивных, технологических решений и инженерных системах зданий и сооружений. 2010. С. 65-68.

СЕКЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗОЛЯЦИОННЫХ И ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Студентки 4 курса 33 группы ИСА Басова А.В., Дубровская Е.А.
Научный руководитель - асс. Е.А. Шувалова*

ЗЕЛЕННЫЕ ФАСАДЫ. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ В ПРОЕКТИРОВАНИИ

«Зеленое строительство» – направление возведения зданий с минимальными воздействиями на окружающую среду и снижением затрат на энергетические и материальные ресурсы.

Одной из идей такого экостроительства является озеленение фасадов зданий. Озеленение фасадов – это прием, применяемый для оформления стен зданий в декоративных целях, а также для защиты зданий от ветра, регулирования температуры и влажности. В число первых таких зеленых фасадов вошли парижские музеи. Проект здания с естественным садом работает благодаря интересным инженерным решениям. Слои конструкции защищены изоляцией, растения посажены на войлок, который зафиксирован стальными элементами рамы. Орошение происходит через продуманную систему полива, состоящую из множества трубок. Автором этого проекта и основоположником зеленых фасадов стал французский ботаник Патрик Блан. Одним из самых оригинальных таких зданий является дом в Австрии (рис.1), где бетонные кубы, покрыты мягкой синтетической травой. Однако, в основном «зеленые» фасады характеризуются живыми растениями. Преимуществом живых растений является формирование более чистого воздуха, за счет поглощения углекислого газа и выработки кислорода в процессе фотосинтеза, сокращения уровня шума, защиты ограждающих конструкций от атмосферных воздействий и повышение теплоизоляции. Эффект повышения теплоизоляции достигается за счет:



Рис. 1. Зеленый дом в Австрии

- снижение потерь теплоты через отдельные ограждающие конструкции и теплозащитную оболочку здания в целом, позволяющее сократить количество потребляемой теплоэнергии;

- повышение теплового комфорта внутри здания за счет уменьшения интенсивности лучистого и конвективного теплообмена.

«Зеленые» фасады способствуют более мягкому тепловому режиму в крупных городах за счет затенения, испарительного охлаждения и тепловой изоляции. Исследования, проведенные в Германии в летний период года, показали снижение температуры наружной поверхности «зеленых» стен приблизительно на 15 °С, а внутренней на 2 °С по сравнению с обычными фасадами (результаты ночного измерения).

Озеленение фасадов будет играть значимую роль засушливой местности. Сильное солнечное воздействие создает не самые благоприятные условия для жизни. Нагрев зданий снаружи и перегрев изнутри актуализируют проблему улучшения энергетических характеристик строительных систем. В таких жарких странах, как ОАЭ, «зеленые» фасады могут обеспечить температуру в среднем на 5 °С ниже по сравнению с обычными стенами, тем самым, улучшив энергетические характеристики и снизив нагрузку на охлаждение. Но применение «зеленых» фасадов не ограничивается только в странах с жарким климатом. Такие фасады летом являются естественной системой охлаждения, а зимой – ограждением от холода, фильтруя воздух за счет листвы прежде, чем он дойдет до фасада, вследствие чего уменьшаются теплопотери.

Одним из самых значимых экспериментов «зеленых» фасадов стал PROGREENcity – эксперимент австрийских и немецких университетов. Исследование проводилось в Европе на протяжении трех лет. В Испании Анхель Фебреро – владелец компании, специализирующейся на вертикальных садах, взял на себя ответственность за проведение этого проекта. Идеей эксперимента являлись по два дома в разных городах Европы площадью 38 кв.м. Один из них полностью покрыли зеленью со всех сторон наружных стен, а другой оставили в классическом виде. На протяжении всего исследования измеряли температуру, влажность, вентиляцию и следили за другими важными жизненными факторами. В ходе эксперимента выяснилось, что охлаждение помещений кондиционером либо «зеленым» фасадом по стоимости совершенно одинаково. Также плюсами послужили такие показатели, как улучшенный микроклимат, качество воздуха и теплоизоляция зданий. Анхель Фебреро говорит, что наряду с развитием «зеленых» фасадов будет развиваться гидропоника (выращивание растений при помощи минералов, света и углекислого газа). То есть для выращивания растений не будет требоваться растительный грунт.

В озеленении стен используют растения, которые не надо пересаживать (например, мох, папоротники), а требуется делать только, так называемую, генеральную уборку три-четыре раза в год.

По результатам сравнительного исследования были сделаны такие выводы:

- «зеленая» стена защищает как от жары, так и от холода;
- благодаря фотосинтезу в окружающей среде уменьшается содержание углекислого газа;
- способствует формированию экосистемы;
- эстетическое визуальное восприятие.

Но наряду с плюсами, есть и свои минусы «зелёных» фасадов:

- формирование экосистемы может повлечь за собой дискомфорт для жизни человека, например, грызуны могут устроить норы в корнях растений и проникнуть в дом;
- стены требуют тщательного ухода;
- не все виды растений пригодны для зимнего времени года.

Однако, не смотря на имеющиеся минусы, если подобрать соответствующий тип растений для определенной местности с учетом всех особенностей, можно добиться надежной защиты фасада здания и эстетической составляющей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Rocio Macho*, Пресса и блоги. Valencia, ES.
2. *Корниенко С.*, Зеленое строительство – инновационный и социально значимый элемент повышения устойчивости среды.
3. *Самойлов С.И., Соловьёв А.К.* Проектирование светопроемов в офисах и экономия энергии.// Светотехника, 2000. №1.

БИОНИКА В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Бионика – комплексная наука, применяющая природные структуры, формы, организации в качестве технологических решений и новых подходов для разработки новых инноваций.

Само направление в науке сформировалось в прошлом веке в 1960 году в США в городе Дайтон на «Первом симпозиуме по бионике». Однако, корни самой бионики уходят ещё дальше в прошлое. Первым, кто стал брать принципы функций и устройства природы стал знаменитый изобретатель Леонардо да Винчи. На основе своих наблюдений за движением птиц и взмахом их крыльев да Винчи разработал летальный аппарат орнитоптер. Можно сказать, своим примером ученый уже в то время заложил основной принцип бионики – наблюдение и применение на практике.

Бионику не зря можно считать комплексной наукой, ведь в неё входят следующие дисциплины: биология, физика, химия, а так же множество инженерных наук. И это неспроста, так как между «наблюдением» и «применением» стоит немало задач, которые решают ранее перечисленные направления, и делается это при помощи аналитики и моделирования. Что же привнесла бионика в строительство? Как и в любой технической сфере бионика дала для строительства новые идеи для осмысления того, что есть и то, что можно в результате получить. На основе этого появилось множество прогрессирующих решений, а именно: получение новых архитектурных и конструктивных разработок, подход к обустройству ландшафта, эко-технологии и т.д. Также, результаты влияния бионики видны и в области разработки новых строительных материалов. Строительные материалы – это оболочка любых конструкций, зданий и сооружений, поэтому немаловажным остается получение новых материалов и улучшение характеристик уже имеющихся.

С развитием нанотехнологий люди смогли изучить такое явление природы как «эффект лотоса». Принцип этого эффекта заключается в особенности покрытия лепестков цветка лотоса. На покрытии листка имеются очень мелкие пики, за счет которых вода не может проникать в лист, а наоборот, скатывается по нему и собирает грязь с поверхности. Этот принцип нашёл себя в применении новых строительных материалов, которые получили название «супергидрофобные материалы». Эффективность применения таких материалов в больших городах несомненно важное решение. Ведь этот материал позволяет не только защи-

тить элементы конструкции от воды, но и так же очищает фасад, а так же, они хорошо работают под давлением. Такие поверхности можно получить с помощью применения специальных эмульсий (красок) или специальной обработкой материала (рис.1).

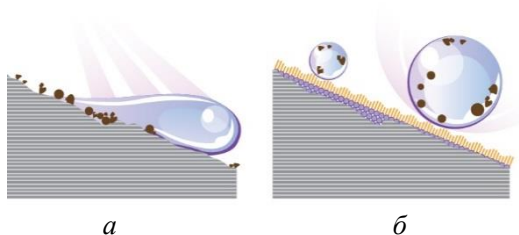


Рис. 1. Эффект лотоса:

- а) Поверхность без применения нанопокртия;
- б) Поверхность с применением нанопокртия

Ещё одно исследование было проведено специалистами из Цюрихского университета и Центра функциональных наноматериалов Брукхейвенской национальной лаборатории. Они установили интересные свойства волосного покрова серебряных муравьев-бегунков. Этот вид муравьев живёт в африканских пустынях, что для данной местности сопровождается высокими температурами. Специалисты установили, что причина, по которой этот вид переносит такие температуры, заключается в особенности их волосного покрова, а точнее, в его строении. Сечение волоса представляет собой треугольник сложенный из призм, верхние призмы которого имеют продольные морщинки или бороздки, а нижняя гладкая. Все волоски идут строго параллельно друг другу (рис. 2). При попадании солнечных лучей на покров муравья, частично свет отражается, а часть сходится в виде излучения, за счёт тепловой эмиссии. За счет этого муравей может остужаться при достаточно высоких внешних температурах.

На основе этого исследования, ученые выдвинули предположение, что при получении структур, сложенных из волокон по строению схожих с волосками серебряного бегунка, можно получить теплоизолирующий и самоохлаждающийся материал. Такой материал вполне мог бы поменять подход к застройке в регионах с жарким климатом, в качестве материала для солнечных батарей.

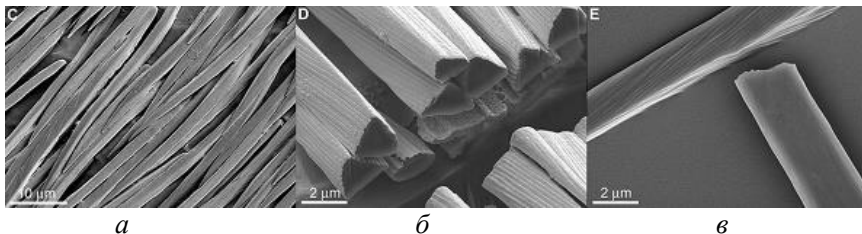


Рис. 2. Волоски серебряного бегунка:
 а) Волоски, налегающие друг на друга;
 б) Треугольное сечение волосков;
 в) Поверхности волосков

Вышеперечисленные разработки и исследования были открыты учеными лишь за последние 20 лет. С развитием нанотехнологий, люди открыли для себя новые возможности для получения новых материалов на наноуровне, которые с пониманием структур природы дали возможность создавать инновационные материалы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прохоров А.М. Большая Советская Энциклопедия, 3-е издание, М. 1969 – 1978.
2. Кричевский Г.Е. Основы бионики. Учимся мудрости у Природы, 2015.
3. Сайт «Nano News Net. Сайт о нанотехнологиях #1 в России» // Супергидрофобные покрытия – новый класс полифункциональных наноматериалов, 16.04.2012 – <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2012/supergidrofobnye-pokrytiya-novyi-klass-polifunktionalnykh-nanomaterialov>
4. Сайт «ЭЛЕМЕНТЫ» // Рекордную теплоустойчивость пустынных муравьев обеспечивают призматические волоски, – http://elementy.ru/novosti_nauki/432520/Rekordnuyu_teplooustoychivost_pustynnykh_muravev_obespechivayut_prizmaticheskie_voloski.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБОЕВ НА БУМАЖНОЙ И СТЕКЛОТКАНЕВОЙ ОСНОВЕ

Во всем мире обои являются самым распространенным отделочным материалом для внутренних стен и потолков. В последнее время становятся более популярными обои под покраску, обладающие глубокой рельефностью покрытия, поскольку они практичны и обладают общедоступной ценой. Традиционно их делят на три вида: бумажные, флизелиновые и стеклообои. Общая их особенность заключается в возможности многократного окрашивания дисперсионными красками. В данной статье мы сравним технические показатели обоев на бумажной и стеклотканевой основах и их влияние на жизнь и здоровье граждан, животных и растений, и на окружающую среду. [1,2]

Свойства и характеристики обоев напрямую зависят от их сырья. [2,3] Бумажные обои производятся из древесного материала с использованием синтетических добавок, стеклообои – из соды, кварцевого песка, известняка и глины с пропиткой на основе модифицированного крахмала.

Исходя из этих данных можно сделать выводы об основных характеристиках для:

Бумажных обоев:

- Масса:
- Лёгкие - менее 110 г/м²;
- Средние - 110—140 г/м²;
- Тяжёлые - вес более 140 г/м²;
- Хорошая воздухопроницаемость и высокая влагопроницаемость, что обеспечивает возможность появления грибка и плесени;
- Высокая горючесть и воспламеняемость за счет древесной составляющей;
- Высокая токсичность продуктов горения из-за использования синтетических добавок;
- Низкая прочность и износостойкость;
- Возможность намокания материала, что приводит к низкой адгезии;
- Требуют тщательной подготовки поверхности перед выполнением обойных работ;
- Рельеф зависит от зернистости древесной суспензии (рисунок 1), в связи с этим ограниченное разнообразие фактуры;

- До потери рельефности можно перекрашивать 5 - 7 раз; [3,4]



Рис. 1. Бумажные обои под покраску

Стеклообоев:

- Масса 1 м полотна обоев в рулоне не менее 50 г/м^2 ;
- Низкая горючесть и воспламеняемость позволяют использовать данные обои для отделки путей пожарной эвакуации людей;
- Отсутствие токсичных продуктов горения;
- Обладают экстремальными характеристиками по прочности, гарантирующими высокую трещиностойкость и защиту стен от возникновения дефектов;
- Электрически нейтральны;
- Благодаря открытой тканой структуре, исключается возможность появления плесени и грибков;
- Высокие показатели экономичности, поскольку их применение не требует тщательного предварительного шпатлевания, и служат до 30 лет, на протяжении которых стеклотканевые обои можно перекрашивать до 20 раз без потери рельефа рисунка;
- Высокая адгезия - после высыхания клея данные обои практически невозможно отделить от поверхности;
- Использование жаккардовых станков позволяет производить обои с более сложным рисунком ткани (рис. 2) [4,5].



Рис. 2. Стеклообои

Основываясь на вышеизложенном приходим к заключению, что обои на стеклотканевой основе, не смотря на их высокую рыночную стоимость, являются более экономичными за счет долговечности и экологичности, также данный вид обоев выдерживает до 20 перекрашиваний без потери рельефности, далее, за счет высокой прочности, их можно использовать в качестве дополнительного армирования конструкции стен.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Википедия. Стеклотканевые обои [Электронный ресурс] // https://ru.wikipedia.org/wiki/Стеклотканевые_обои (дата обращения: 26.02.2018)
2. Википедия. Обои [Электронный ресурс] // <https://ru.wikipedia.org/wiki/Обои> (дата обращения: 26.02.2018)
3. ГОСТ 6810-2002 Обои. Технические условия (с Поправкой, с Изменением N 1)
4. СП 71.13330.2017 Изоляционные и отделочные покрытия. Актуализированная редакция СНиП 3.04.01-87
5. ГОСТ Р 52805-2007 Обои стеклотканевые. Технические условия

ГИБКИЙ БЕТОН В ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЯХ

Бетон – наиболее востребованный материал во всех областях строительства. Особое внимание уделяется дорожному строительству. Ежедневно дорожное покрытие подвергается постоянному диапазону нагрузок и воздействий. Поэтому к дорожным бетонам предъявляются особые требования по прочности при сжатии, растяжении, морозостойкости и истиранию. Основной конструктивной характеристикой бетона является его прочность при сжатии. Однако, в дорожном покрытии бетон должен воспринимать напряжения при растяжении и изгибе. Для восприятия растягивающих усилий при возведении зданий и сооружений бетонные конструкции армируют. В дорожном строительстве применение армирования нецелесообразно. В результате концентрации напряжений в бетоне возникают трещины, которые ведут к разрушению бетонной поверхности дорожного покрытия, что существенно снижает его эксплуатационные характеристики. Перед строительным сообществом встал вопрос как увеличить прочностные характеристики при растяжении и изгибе бетона, применяемого в дорожном строительстве? Кроме того, дорожное покрытие должно быть долговечным, устойчивым к трещинообразованию и истиранию, чтобы избежать дополнительных экономических вливаний на его ремонтные работы.

Группа исследователей из Технологического университета в Сингапуре создала композиционный материал, который является более долговечным и гибким в отличие от традиционного бетона, а также не нуждается в армировании стальными стержнями или сетками. Разработка получила название ConFlexPave или гибкий бетон (рис. 1).

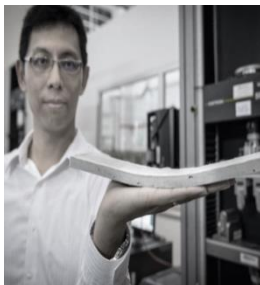


Рис. 1. Образец ConFlexPave

Помимо цемента, воды и песка в его состав входят специальные синтетические волокна, состав которых не разглашается по сей день. Известно только, что вводимый наполнитель не схож по составу с фиб-

волокном, используемым в бетонах. Данные полимерные волокна тоньше человеческого волоса и рассредоточены по всему объёму изделия. Они обеспечивают равномерное распределение нагрузки по всей поверхности.

Создатели нового материала утверждают, что ключом к разработке данного строительного материала нового поколения стало понимание того, как все компоненты взаимодействуют друг с другом механически на микроскопическом уровне. Разработанные волокна не бетонируются в растворе. Под создающимся при нагрузке давлением, они проскальзывают относительно друг друга, в результате чего ConFlexPave представляет собой структуру сравнимую по прочности с металлом и выдерживающую нагрузку при изгибе в два-три раза больше, чем обычный бетон (рис. 2). Помимо специальной фибры в бетонную смесь вводится специальная добавка, делающая поверхность изделия менее скользкой.

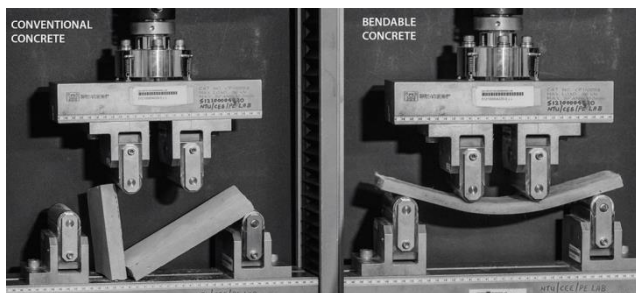


Рис.2. Испытание образцов обычного и гибкого бетона на растяжение при изгибе

Основным направлением для реализации готового продукта будет являться дорожное строительство. Поэтому, после лабораторных испытаний, плиты из гибкого бетона установили на территории университетского кампуса, и в течение последующих трёх лет ученые планируют отслеживать поведение материала в реальных условиях эксплуатации. В случае успешного проведения испытаний гибкий бетон планируется выпускать в виде плит различного размера, которые также можно использовать для покрытия пешеходных дорожек.

За счёт использования специальных компонентов цена готового продукта несколько больше, чем традиционное бетонное покрытие. Несмотря на это, использование ConFlexPave более выгодно. Во-первых, значительно снижаются затраты на транспортировку, так как новый материал легче и компактнее. Во-вторых, монтаж плит из гибкого гораздо быстрее и удобнее, так для укладки классического бетонного покрытия требуется большое количество времени и оборудования. В-

третьих, материал более устойчив к истиранию, растрескиванию, легко заменяется, следовательно, не требует частого обслуживания и служит гораздо дольше. Поэтому, если наблюдать за материалом в течении всего жизненного цикла, можно точно сказать, что использование гибкого бетона гораздо перспективнее с точки зрения экономии.

О прочностных недостатках гибкого бетона говорить рано, так как опубликована лишь малая часть исследований и несколько фотографий лабораторных испытаний. На данный момент, из минусов можно отметить только невозможность производства бетона непосредственно на строительной площадке, потому что компоненты требуют очень точной дозировки и особой технологии перемешивания. Следовательно, для промышленного производства плит потребуется время на строительство новых заводов. Возвращаясь к экономической стороне вопроса, можно сказать, что при успешном внедрении данного материала в обширную эксплуатацию, производство будет достаточно выгодным. Учёные из Технологического университета в Сингапуре также видят потенциал гибкого бетона в смягчении ущерба от землетрясений для любых конструкций, зданий и сооружений. В результате чего открытием ученых из Сингапура также заинтересовались разработчики монолитных сооружений, устойчивых к сейсмической активности. Если им удастся применить технологии ConFlexPave, можно только догадываться, о каком революционном прорыве в строительстве пойдет речь.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Белявский Л.А.* Бетонные дороги - Л.: Гострансиздат, 2007
2. *Баженов Ю.М.* Технология бетона –М.: Изд-во АСВ, 2011
3. *Баженова О.Ю., Баженова С.И., Заботин С.Ф.* Бетоны для транспортного строительства БСТ. 2018. № 3 (1003). С. 30-32.
4. *Харченко И.Я., Алексеев В.А., Исрафилов К.А., Бетербиев А.С.Э.* Современные технологии цементационного закрепления грунтов. Вестник МГСУ. 2017. № 5 (104). С. 552-558.

НАНОГЛИНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В строительстве наноглина является одним из основных компонентов композиционных материалов. Это эффективная добавка к самоуплотняющимся бетонам синергетическим антипиреном.

Сфера применения модифицированного монтмориллонита (далее ММТ или наноглины) достаточно обширна. На сегодняшний день получают полимерные нанокомпозиты, состоящие из пластичной полимерной основы (матрицы) и наполнителя — органомодифицированного ММТ с величиной частиц от 10 до 200 нм. Эти материалы по сравнению с обычными композитами обладают улучшенными свойствами (например, устойчивость на разрыв, жаропрочность и пожаробезопасность, влага – газонепроницаемость).

При добавлении ММТ в бетонную смесь улучшается однородность, уменьшается давление на опалубку, и увеличивается тиксотропность (способность субстанции разжижаться при внешнем механическом воздействии и увеличивать свою вязкость в состоянии покоя).

Многочисленными исследованиями установлено, что введение наночастиц на основе слоистых алюмосиликатов способствует повышению степени гидратации, созданию плотной микроструктуры, снижается газопроницаемость. Установлено, что введение ММТ в бетонную смесь существенно влияет на прочность при растяжении с изгибом. Результаты увеличиваются в 2 раза.

На рисунке 1 показано изменение прочности бетонной смеси на сжатие в возрасте 28 дней для разных коэффициентов содержания нанометакаолина (наряду с монтмориллонитом один из самых распространенных подвидов наноглины, далее - NMK). Установлено, что прочность на сжатие раствора NMK возрастает с увеличением отношения NMK от 2 до 8%. Прочность на сжатие раствора с 8%-ным отношением NMK была на 7% выше контрольного раствора.

На рисунке 2 показаны результаты прочности бетонной смеси на сжатие в течение 28 суток смешанного раствора для разных коэффициентов NMK.

Отмечается, что прочность на растяжение раствора NMK возрастает по мере увеличения отношения NMK. В основном, NMK усиливает прочность на разрыв отвержденного цементного раствора двумя механизмами.

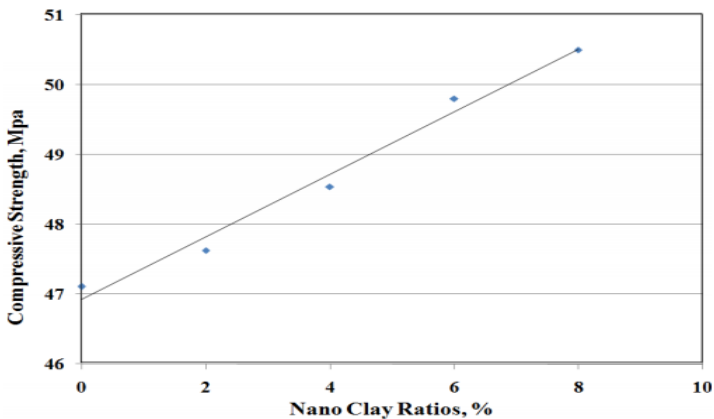


Рис. 1.Изменение прочности бетонной смеси на сжатие в возрасте 28 суток в зависимости от процентного содержания НКК.

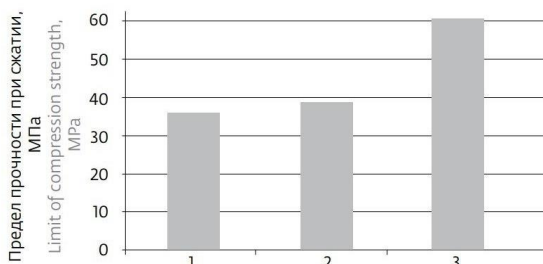


Рис. 2. Испытания бетона на прочность при сжатии. 1 – контрольный образец (без добавок); 2- образец с НКК 0,8%(по цементу); 3- образец с 0,3% ММТ и 0,8% НКК(по цементу).

Первым механизмом является уплотняющий эффект НКК как наполнителя в промежуточные пространства внутри скелета затвердевшей микроструктуры цементного раствора, и тем самым увеличивая плотность цементного камня за счет микронаполнения и связывания (пуццоланический эффект) гидратной извести (портландита) а также в усилении эффективности работы ПАВ вводимых в состав материала.

Одно из самых значительных технологических достижений в промышленности пластмасс за последние несколько лет стало развитие полимерных нанокомпозитных материалов, а конкретно, полимерных смол, включающих в себя компоненты с наноразмерностью, например, наноглины. При введении 2 – 5 % нанокомпонентов от общей доли материала для формирования нанокомпозита результатом становится

важное средство модификации физических свойств смолы. Результатами испытаний является повышение жесткости и формоустойчивости, улучшение механических свойств, улучшение барьерных качеств, повышение огнестойкости и электропроводности. Одни из наиболее известных и распространенных для коммерческого применения типы наноразмерных наполнителей - наноглины. На сегодняшний момент наноглины чаще всего используются в нанокompозитных пластиковых материалах, и, в связи с их малой себестоимостью, имеют высокие перспективы в коммерческом развитии. Введение наноглины в пластмассы дает значительный прирост прочностных, барьерных и огнестойких качеств, так же благодаря содержанию нанотрубок повышаются электропроводящие характеристики материала.

Химический состав наноглины определяет наличие на поверхности пластин неорганических катионов, придающих ей высокую гидрофильность и, как следствие, неспособность к совместной работе со множеством полимерных смол. Для успешного образования глинополимерного нанокompозита необходимо провести специальную обработку поверхности, снизив полярность глины, и сделать ее поверхность органophilной (способной собирать органические вещества).

Подводя итоги, можно отметить, что наноглина является одной из самых перспективных добавок по экологическим, экономическим и технологическим параметрам и успешно используется в качестве наполнителя для полимерных нанокompозитов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *M.S. Morsy, S.A.* (2010). Effect of nanoclay on mechanical properties and microstructure of ordinary Portland cement mortar, *int. J. Civic. Environ. Eng* 10.
2. *M.S. Morsy, S.H.* Effect of nanoclay on mechanical properties and microstructure of ordinary Portland cement mortar, *international journal of civil & environmental engineering UCEE-UENS Vol:10 No:01.*

Студентка 3 курса 31 группы ИСА Иващенко Н.В.

Студентка 4 курса 33 группы ИСА Сергеева И.В.

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук, доц. М.Г. Бряко

СИСТЕМА ГАЗООБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ПОРИЗОВАННЫХ ГИПСОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Увеличивающийся объем потребления на рынке сухих строительных смесей на основе гипсовых вяжущих обусловлен разнообразием функциональности предлагаемых составов, стабильностью свойств конечных продуктов на их основе и технологичностью применения при производстве строительных работ.

С целью расширения функциональной линейки существующих строительных смесей, рассматривалась возможность разработки ССС для получения поризованных гипсовых материалов и изделий на их основе.

При производстве строительных работ весьма эффективно использование изделий на основе поризованного гипса, который изготавливается в заводских условиях с применением пенотехнологии. Альтернативой готовых заводских изделий может являться разработка сухих строительных смесей на основе гипсов вяжущих для получения ячеистых гипсовых изделий в построчных условиях.

Необходимо разработать составы для получения газогипсовых изделий с использованием газообразователей. Наиболее распространённым газообразователем в промышленности является тонкодисперсная алюминиевая пудра, которая при взаимодействии с химически активными соединениями образует водород. Обеспечивает формирование ячеистой структуры. При ее формировании важную роль выполняют характеристики процесса газообразования. Для получения качественного продукта должна быть возможность направленного регулирования газовыделения. В представленной работе приведены результаты исследования влияния химических модифицирующих добавок на регулирование процессов газообразования для формирования ячеистых структур на основе гипсовых вяжущих и разработке газогипсовых сухих строительных смесей. [1]

Была подобрана система газообразователей. Для этого использовалась вода дистиллированная, оксид кальция, в качестве газообразователя- алюминиевая пудра ПАП-2 [2], взятые в соотношении $H_2O : CaO : Al$, как 100:2:1. В качестве регулятора процесса газообразования NaF и AlF_3 .

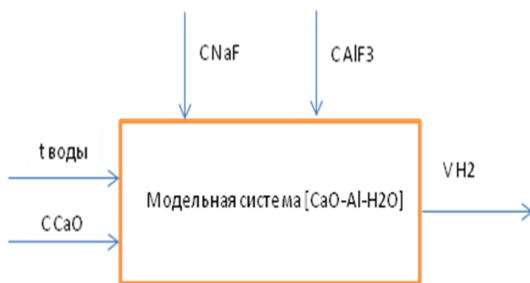


Рис. 1. Модельная система

Известно, что фторсодержащие соединения могут влиять на скорость процесса образования водорода при взаимодействии металлического алюминия со щелочами [3].

Процесс газовой выделению обеспечивается за счет взаимодействия введенного в сухую смесь оксида кальция, взаимодействующего с алюминиевой пудрой, и выделения легкого газа водорода.

Результатами исследований являлось определения начала и окончания процесса газовой выделению, а так же общий объем выделенного водорода. В качестве ускорителей процессов выбор был остановлен на фтористом натрия и алюминии. На основании полученных результатов были выбраны оптимальные концентрации фторидов металлов по отношению к алюминиевой пудре.

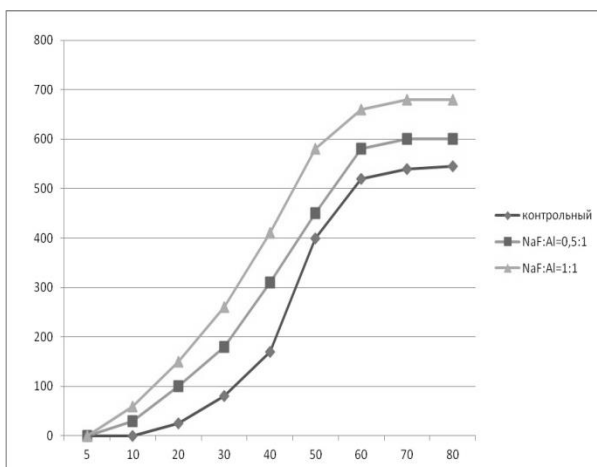


Рис. 2. Зависимость концентрации количества выделенного водорода от концентрации NaF во времени

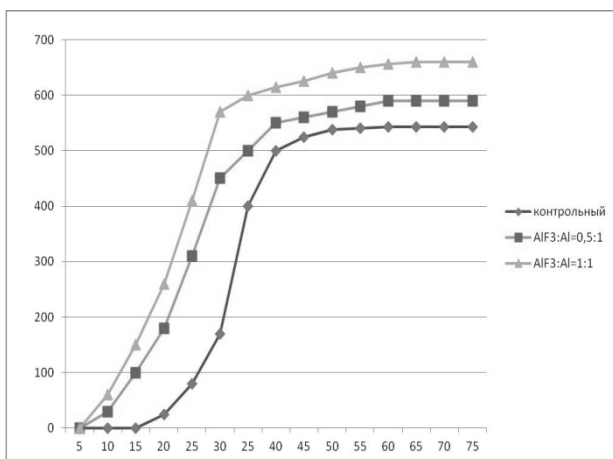


Рис 3. Зависимость концентрации количества выделенного водорода от концентрации AlF3 во времени

Старт определялся по активному образованию водорода, теоретически с самого начала, но активное выделение начинается в индукционный период, что отмечено на графиках.

Время окончания газообразования принималось время окончания активного выделения водорода.

По результатам, представленным на рисунках, более эффективным является фтористый натрий в концентрации 1:1 относительно алюминиевой пудры, который позволяет увеличить количество выделившегося водорода на 25% по сравнению с контрольным экспериментом без использования ускорителя газообразования.

Полученные результаты могут служить частью решения задачи при разработке сухих строительных газогипсовых смесей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сухие смеси в современном строительстве / *Безбородов В.Д., Белан В.И., Мешков П.И., Нерадовский Е.Г., Петухов А.* - Новосибирск: 1998.-94 с.
2. ГОСТ 5494-95 Пудра алюминиевая. Технические условия.
3. Пат. 2446126 РФ. Сухая строительная смесь для получения газогипса/ *М.Г.Бруяко* // Бюл. - 2012. - № 9. - С. 19.

Студент магистратуры 2 года обучения 32 группы ИСА

Кирилленко Р.Д.

*Студент 4 курса 32 группы ИСА **Одинцов А.А.***

*Научный руководитель – доц., канд. техн. наук, доц. **М.Г. Брюяко***

ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНЫЕ ПЕНОПЛАСТЫ ПОНИЖЕННОЙ КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ

К наиболее эффективным теплоизоляционным материалами, применимыми для устройства тепловой изоляции промышленных трубопроводов, как холодного, так и горячего водоснабжения, являются полимерные ячеистые теплоизоляционные материалы, такие как: пенополиуританы, пенополиизуцианураты, пенополивинилхлориды, пенополиэтилены, пенополипропилены и т.д. Наряду с вышеперечисленными пенопластами эффективными теплоизоляционными материалами являются фенолформальдегидные пенопласты, коэффициент теплопроводности которых лежит в пределах от 0,03 до 0,045. Наиболее широкое применение получили пенофенопласты резольного типа марки ФРП-1, изделия, на основе которых получают по заливочной технологии. В качестве исходных сырьевых компонентов используют фенолформальдегидные олигомеры ФРВ-1 А и вспенивающий отверждающий агент ВАГ-3. ФРВ-1 А представляет собой фенолформальдегидный олигомер, содержащий в качестве вспенивающего агента алюминиевую пудру. В качестве вспенивающего отверждающего агента используют продукт конденсации сульфофенилмочевины, формальдегида и ортофосфорной кислоты. При совмещении олигомера со вспенивающим агентом происходит взаимодействие между алюминиевой пудрой и кислым агентом с выделением водорода и изотермического тепла в результате химической реакции для обеспечения требуемых условий протекания процессов вспенивания и отверждения композиции (скорости газообразования и отверждения), а также обеспечения требуемой кажущейся плотности, теплопроводности, прочности на изгиб и других физико-механических свойств.

В результате вспенивания и отверждения готовый продукт пенофенопласта обладает кислотными свойствами, кислотное число составляет до 30 мг КОН/г (согласно ГОСТ 22546-77*). В условиях эксплуатации теплоизоляции на основе фенолформальдегидного пенопласта при контакте с металлом проявляются коррозионные процессы. В связи с этим решение такой задачи, как снижение коррозионной активности обеспечит более длительное время эксплуатации трубопровода.

Известно, что кислотное число в готовых изделиях фенолформальдегидных пенопластах напрямую зависит от используемого вспени-

вающего отверждающего агента. Поэтому для снижения коррозионной активности готового продукта существует несколько способов: 1) снижение содержания вспенивающего агента при изготовлении фенопенопласта; 2) модификация различными добавками вспенивающего агента.

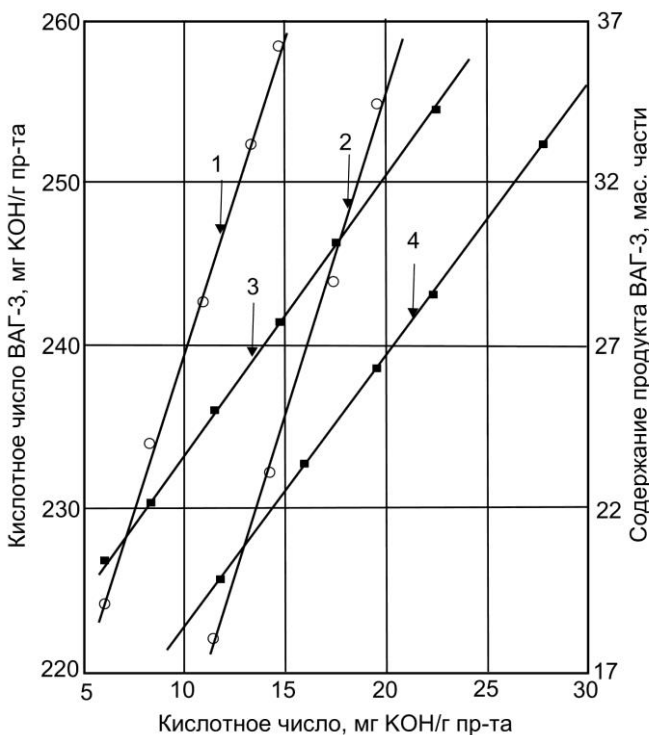


Рис. 1. Показатель коррозионной активности пенофенопласта в зависимости от количества и кислотного числа ВАГ-3 и его соотношения с ФРВ-1А:

- 1 - соотношение ФРВ-1 А: ВАГ-3 = 4:1;
- 2 - соотношение ФРВ-1 А: ВАГ-3 = 5:1;
- 3 - 225 мг КОН/г ВАГ-3;
- 4 - 249 мг КОН/г ВАГ-3.

В существующем исследовании по изучению свойств изделий фенопенопласта с применением смеси олигомеров ФРП-1А и отвердителя ВАГ-3 в качестве сырья выявлена зависимость между показателем кислотного числа и содержанием продукта отвердителя (Рисунок 1). На графике видно, что при повышении кислотного числа отвердителя с 220 до 290 мг КОН/г увеличивает кислотное число пенопалста с 5,35 до 20,49 мг КОН/г вещества (соотношение ФРВ-1А и ВАГ-3 равно 4:1). При

увеличении количества продукта отвердителя с 17 до 35 мас.ч. на 100 мас.ч. смеси олигомеров увеличивает кислотное число пенопласта с 12-15 до 27-35 мг КОН/г.

Также с помощью введения в исходную композицию фенопенопласта марки ФРП-1 нейтрализующих добавок – соединений основного характера (оксид кальция), уменьшает кислотное число в готовом изделии.

Известно, что введение в небольших количествах до 0,5% от массы фторсодержащих солей или галогенидов щелочных и щелочноземельных металлов позволяет снизить кислотное число в готовом продукте. Так при введении хлористого олова в сочетании с оксидом кальция позволяют получать изделия с пониженными значениями кислотного числа при соотношении $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} : \text{CaO}$ равном 1:1 показатель кислотного числа КОН/г достигает 10,1 мг.

Таким образом, можно применять различные способы модификации изделий на основе фенолформальдегидных олигомеров, а также их сочетания для получения необходимых технических характеристик. Снижение количества отвердителя на производстве с добавлением модификаторов значительно уменьшает показатель кислотного числа, а уменьшения газообразования, за счет снижения кислотного отвердителя, компенсируют свойства модификатора усиливать данный процесс.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.

1. *Бруяко М.Г.* Эффективные теплоизоляционные материалы на основе модифицированных резольных пенофенопластов. Москва 2009. 75, 77-78 с.
2. *Клемпнер Д., Сендиджаревич В.* Полимерные пены и технологии вспенивания. СПб. : Профессия, 2009. 604 с.
3. *Асеева Р.М, Ушков В.А., Бруяко М.Г., Ломакин С.М.* Композиция для получения пенофенопласта Авт. св. СССР № 872532, 1981.

ПРИМЕНЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНОГО ФЛОКА ДЛЯ ОТДЕЛКИ СТЕН ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННОЙ ШТУКАТУРКОЙ

В статье рассматривается возможность применения текстильного флока для декоративного оформления акустической штукатурки.

Штукатурка – это определённый вид отделочных работ, в процессе которого раствор готовой смеси, основанной на цементных, гипсовых или глиняных компонентах, наносится на стену. В некоторых случаях метод отделки используется для обработки потолков. На первый взгляд, состав напоминает густую пасту. При этом он может быть изготовлен самостоятельно или приобретён в готовом виде.

Штукатурка выполняет несколько важнейших функций. [1] В первую очередь это касается заделывания швов между кирпичной или блочной кладкой. Часто, между отдельными элементами стены присутствуют микротрещины, сквозь которые в помещение проникает холодный уличный воздух. Штукатурка стен позволяет закрыть их, тем самым выполняя теплоизоляцию комнаты. [2,3] Следует заметить, что панельным домам тоже присуща аналогичная проблема. Со временем их эксплуатации в процессе усадки стены приходят в движение, что приводит к растрескиванию швов между железобетонными плитами. С такой проблемой сталкиваются не только жильцы старых домов, но и жильцы новостроек.

Второй проблемой являются те ситуации, когда штукатурка стен необходима, про тонкой кирпичной кладке. Как правило, она возводится как перегородка внутри дома или квартиры, разделяющая между собой 2 комнаты. После того как поверхность будет оштукатурена, прочность стены увеличится в несколько раз. Довольно частая ситуация, когда при оклеивании обоями возникает вопрос совмещения швов соседних полос при прохождении углов. Проблема возникает из-за кривизны стен. В настоящее время существует много разных видов и форм применения декоративной штукатурки: фактурная или рельефная, индивидуальная лепка, барельефные изображения, изготовленные с помощью трафарета. Кроме этого, не следует забывать, что подготовка стены под обои тоже относится к данной категории работ.

Для тех людей, которые не желают натягивать над собой резиновые натяжные потолки или конструировать навесные системы из ГКЛ, выход из положения один – оштукатурить поверхность, выровнять её и наложить декоративный слой с последующим окрашиванием.

Существует несколько видов специальной штукатурки, которые различаются по своим функциональным особенностям и области применения. Основные из них следующие: теплозащитная, акустическая, гидроизоляционная, кислотостойкая, рентгенозащитная. Акустическая штукатурка нашла своё применение в помещениях общественного назначения, например: рестораны, кафе, офисы, театры, музыкальные студии и др. Для снижения уровня шума используют пористые наполнители, такие как: пемза, шлаковая пемза, перлит, керамзит, измельченное пеностекло. Звукопоглощающая штукатурка обеспечивает бесшовную поверхность, и что не маловажно - возможность локального ремонта при повреждении. А так же штукатурка различается по своим свойствам. Одним из таких видов покрытия является флок - штукатурка. Типовая структура флок - штукатурки представляет собой: основу (клей), акриловые хлопья и слой лака для закрепления. Проведенные нами эксперименты позволяют расширить технологические возможности её состава и нанесения, и предложить несколько иную технологию устройства флок - штукатурки и её состава, а именно: использование текстильного флока. Текстильный флок нашёл своё применение в различных отраслях, в связи с низкой стоимостью и оригинальным эффектом бархата. Данный материал получают в результате помола волокон в специальных мельницах, красят и обрабатывают. Толщина и длина ворсинок могут производиться различными, в зависимости от желаемого эффекта. В качестве сырья, как правило, используют отходы текстильных нитей. Для помола используют: хлопок, вискозу, полиамид, полиэфир (полиэстер) и др. Немаловажным преимуществом флока является разнообразие цветовой гаммы. Структура материала позволяет применить в дизайне такие эффекты как меланж или градиент без особых усилий. В результате анализа свойств волокон тканей можно выделить полиэфир. Именно он, как гидрофобный материал, подходит для покрытия. Однако это свойство усложняет процесс электростатической обработки. Полиэфир обладает хорошей стойкостью к истиранию и воздействию солнечного света, однако цветовая гамма не так разнообразна как у других материалов. Данное покрытие не требует идеального выравнивания стен, так как при таком методе покрытия погрешности скроются под декоративной штукатуркой. При этом качественное покрытие флок - штукатурки будет состоять в следующих технологических операциях. Первая технологическая операция заключается в подготовке поверхности: очистка от старого покрытия, возможной грязи, жировых пятен, пыли и т.д. Такая процедура необходима для обеспечения необходимого сцепления отделочного материала с поверхностью стены. Следующей технологической операцией является покрытие цементно-

песчаным раствором (с добавлением 10% извести). Затем на неокрепший шероховатый слой грунта наносится слой акустической штукатурки, толщина которого определяется расчётом и указывается в проекте. Третьей технологической операцией является нанесение клеящего слоя валиком с ворсом средней длины. Для того чтобы клей высыхал не так быстро, температура в помещении должна быть ниже комнатной. Ограничить окрашиваемый участок можно малярной лентой или трафаретом. После нанесения клея, незамедлительно производят распыление ворсинок пневматической пушкой или специальным компрессором. Наносить флок рекомендуется круговыми движениями, на расстоянии 30 - 40 см от поверхности. Для качественного выполнения работ нанесение покрытия оптимально вести звеном в составе двух человек. Первый рабочий наносит клей, другой - напыляет флок. Для поддержания цветовой гаммы в клеевую основу добавляют колеры, регулируя тем самым оттенок покрытия. Преимущество текстильного флока в отсутствии закрепляющего слоя, требующего дополнительных операций и материальных затрат. Таким образом, при несложной технологии нанесения, мы получили полезную звукопоглощающую основу и оригинальное декоративное покрытие с эффектом бархата, которое при дизайнерском решении может приобрести бесконечное множество вариантов исполнения. [4,6]

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Звукопоглощающие материалы и изделия // URL: <http://www.alobuild.ru/teploizplacionniematerialy/zvukopogloschayuchie-materialy.php> (дата обращения: 25.02.2017)
2. ГОСТ 9758-2012 «Заполнители пористые неорганические для строительных работ». - М.: МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «СИМВОЛ НАУКИ» № 05/2017 ISSN 2410-700X 208 Стандартиформ, 2014.
3. ГОСТ 9758-2012 «Заполнители пористые неорганические для строительных работ». - М.: Стандартиформ, 2014.

ПЕНОПЛАСТ ПОНИЖЕННОЙ ТОКСИЧНОСТИ. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СВОБОДНОГО ФЕНОЛА В ПЕНОФЕНОПЛАСТАХ

Производство строительных материалов и их дальнейшая эксплуатация может негативно воздействовать на окружающую среду. В связи с чем особое внимание уделяется экологическим проблемам в данной сфере. В тоже время возникает необходимость использования эффективных материалов с улучшенными характеристиками, путем модификации существующих или создания новых. Современные строительные материалы также необходимо производить с применением ресурсосберегающих технологий, способных сокращать не только сырье для производства изделий, но и снижать энергоресурсы, что в свою очередь снижает выбросы, негативно сказывающиеся на экологической обстановке, и решает проблему загрязнения окружающей среды.

К эффективным материалам относятся различные виды теплоизоляционных материалов, в том числе фенолформальдегидные пенопласты. Данный материал имеет ряд положительных характеристик, востребованных при эксплуатации теплосетей. Пенофенопласты обладают повышенной рабочей температурой (от -180 до +150), относительно других теплоизоляционных материалов на основе полимерного сырья. Другое полезное преимущество изделий на основе фенолформальдегидных олигомеров – простая технология производства из готового сырья. Данная черта позволяет производить изделия в не зависимости от места производства сырья, что снижает расходы при транспортировке по сравнению с готовым изделием.

Но вместе с положительными характеристиками пенофенопласты имеют и отрицательную сторону. При производстве изделия происходит поликонденсация фенолформальдегидных олигомеров в присутствии кислотного отвердителя (резольные пенофенопласты). Из-за неоднородности процесса отверждения и неравномерного распространения температуры часть олигомеров не успевают конденсироваться, оставаясь в свободной форме. Часть остаточных газов улетучиваются при производстве, часть же остается в теле изделия и постепенно высвобождается в процессе эксплуатации. Так как фенол является токсичным соединением, то целесообразна разработка способов снижения его выделения, как при производстве, так и при эксплуатации изделий, содержащих его в своей основе.

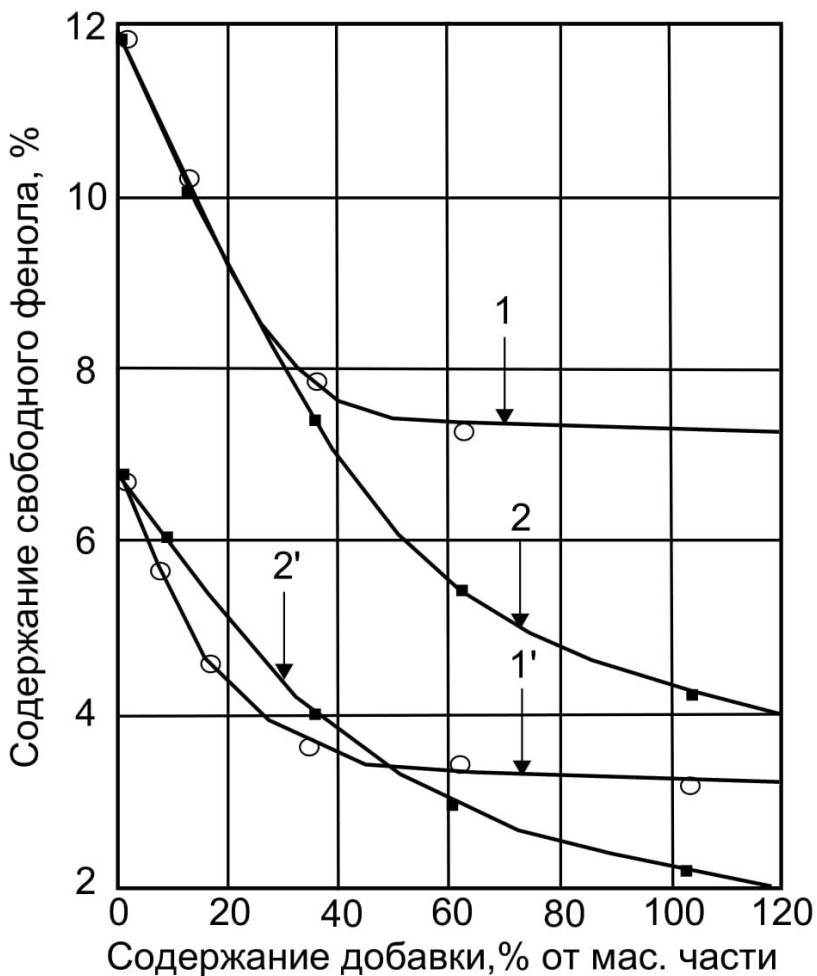


Рис.1. Показатели содержания свободного фенола в зависимости от содержания AlF_3 (1,1') и $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (2,2') в модельной системе (1,2) и форполимере ФРВ-1А (1',2').

Одним из эффективных способов снижения содержания свободного фенола в пенофенопластах является применение и добавление комплексообразователей в исходное сырье. Подобные соединения способны связывать свободный фенол в комплексы и удерживать внутри изделия. В качестве комплексообразователей используют хлориды металлов переменной валентности и фтористый алюминий (AlF_3). Однако не все

соединения с металлами переменной валентности проявляют требуемый эффект. Наиболее заметный эффект проявляет хлористое олово ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Проведенный анализ модельной системы методом ультрафиолетовой спектроскопии установлено снижение содержания свободного фенола в пенопласте (рис.1.). Так при введении до 1% масс. фтористого алюминия приводит к уменьшению содержания свободного фенола на 40% (с 6,7% до 4%).

Таким образом, использование комплексообразователей позволяет снизить концентрацию свободного фенола в готовых изделиях, что повышает его привлекательность среди других видов теплоизоляционных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.

1. *Бруяко М.Г.* Эффективные теплоизоляционные материалы на основе модифицированных резольных пенофенопластов. Москва 2009. 75, 77-78 с.
2. *Клемпнер Д., Сендиджаревич В.* Полимерные пены и технологии вспенивания. СПб. : Профессия, 2009. 604 с.
3. *Асеева Р.М, Ушков В.А., Бруяко М.Г., Ломакин С.М.* Композиция для получения пенофенопласта Авт. св. СССР № 872532, 1981.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БИТУМНО-ПОЛИМЕРНОГО ВЯЖУЩЕГО В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Одним из самых распространённых материалов, служащих для гидроизоляции строительных конструкций является рубероид. Рубероид это основной, рулонный материал, получаемый путём пропитки основы битумным вяжущим с его последующим нанесением в качестве дополнительных слоёв. В качестве основы может служить кровельный картон или стеклооснова (стеклоткань или стеклохолст). Рубероид обладает рядом преимуществ по сравнению с такими традиционными гидроизоляционными материалами, как пергамин или толь: более высокие прочностные показатели при разрыве (не менее 30 кгс/см²), водонепроницаемость, малое водопоглощение (не более 2% по массе в течение 24 часов), высокая теплостойкость (не ниже +80 °С). Поэтому рубероид применяют для защиты таких ответственных конструкций как фундамент и крыша. Однако, несмотря на вышеперечисленные преимущества, рубероид обладает и некоторыми недостатками. Основным его недостатком является неспособность сопротивляться атмосферным воздействиям, в частности воздействию ультрафиолета, что приводит к преждевременному старению материала и потери функционального назначения. Механизм старения можно описать следующим образом: под воздействием различных внешних факторов (перепады температур, солнечный свет, атмосферные осадки) происходит изменение физических свойств и химического состава битума. Масла переходят в смолы, а смолы, в свою очередь, в асфальтены. Смолы придают битуму гибкость и эластичность. По мере накопления количества асфальтенов битум постепенно теряет свои пластические свойства и приобретает хрупкость, что, в свою очередь, приводит к уменьшению адгезии, снижению коррозионной устойчивости, увеличению жёсткости материала и развитию трещин на поверхности полотна. Для предотвращения преждевременного старения и повышения гибкости рубероида при его производстве в битумное вяжущее вводят полимерные модификаторы, а именно СБС модификатор (стирол-бутадиен-стирол). СБС модификатор – высокоэластичный полимер (искусственный каучук), который повышает эластичность и гибкость битумов при низких температурах, уменьшает хрупкость битума и чувствительность к изменению температур. Общий состав рубероида на основе битумно-полимерного вяжущего представлен на рисунке 1.

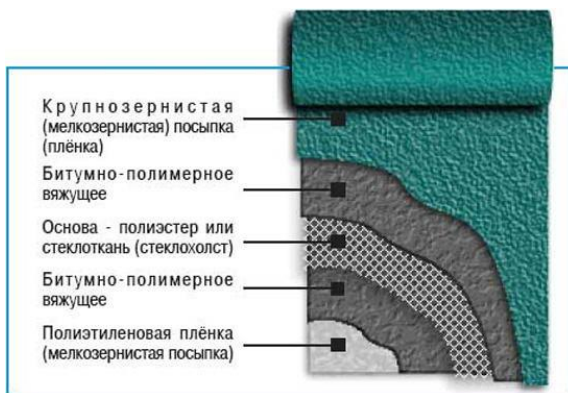


Рис. 1. Состав рубероида на основе битумно-полимерного вяжущего

Для наглядного представления эффективности применения полимерного СБС-модификатора сравним технические характеристики двух рулонных гидроизоляционных материалов на основе битумного вяжущего: рубероид на стеклооснове, произведённого в соответствии с требованиями ГОСТ 15879-70 [2] и материала «Биполь», производимого корпорацией «Технониколь» [3]. Результаты сравнения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение технических характеристик рубероида, произведённого в соответствии с ГОСТ и материалом «Биполь»

Наименование показателя	Значения	
	Рубероид в соответствии с ГОСТ 15879-79	Материал «Биполь»
Разрывная сила при растяжении, Н (кгс), не менее	294 (30)	700 (71)
Гибкость на бруске R=25 мм при температуре, °С, не более	0	-15
Теплостойкость, °С, не менее	+80	+85
Водопоглощение по массе, %, не более	1,5	1,0

Анализируя данные, приведённые в таблице, можно сделать вывод, что при применении полимерного СБС-модификатора:

1. Повышается прочность гидроизоляционного материала не менее, чем в 2,3 раза.
2. Увеличивается гибкость: при изгибании образцов материала на бруске с радиусом закругления $25 \pm 0,2$ мм на лицевой поверхности образца не образуется трещин не менее, чем при -15 °С.

3. Водопоглощение по массе после выдержки образцов материалов в сосуде с водой в течение суток понижается до 1%.

Таким образом, мы видим, что рулонный гидроизоляционный материал на основе битумно-полимерного вяжущего обладает большей, гибкостью и эластичностью, что имеет большое значение при производстве работ в холодное время года.

Кроме того, рубероид прост при монтаже и его возможно использовать практически при любых уклонах крыши. По способу укладки он подразделяется на:

- наплавляемый путём расплавления утолщённого нижнего кровельного слоя с помощью пламенной горелки;
- приклеиваемый на битумную мастику.

Для продления срока службы эксплуатации рубероида необходимо соблюдать основные правила при монтаже:

- очистка защищаемой поверхности;
 - определение влажности бетона и его прочностных характеристик.
- К началу выполнения гидроизоляционных работ прочность на сжатие должна быть не менее 0,75 марочной, а его влажность на глубину 20 мм должна быть не более 4%;
- праймирование поверхности для улучшения адгезии рулонного гидроизоляционного материала с защищаемой поверхностью;
 - соблюдение технологии раскатки гидроизоляционных ковров по поверхности. Рулонные гидроизоляционные материалы на основе полимерно-битумного вяжущего отличаются долговечностью и более долгим сроком эксплуатации. Правильно подобранный тип гидроизоляции и его качественно выполненный монтаж – это залог надёжности любого здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Микульский В.Г., Горчаков Г.И., Козлов В.В., Куприянов В.Н., Оrentлихер Л.П., Рахимов Р.З., Сахаров Г.П., Хрулёв В.М.* Строительные материалы (материаловедение и технология): Учебное пособие. – М.: ИАСВ, 2002. – 536 с.
2. ГОСТ 15879-70 Стеклорубероид. Технические условия.

Студентка 4 курса 30 группы ИСА Мельникова А.И.

Научный руководитель – проф., д-р техн. наук, проф В.Н. Соков, асп. Алматов А.С.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ КОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ СЛОЯ ПОЛИМЕРНО-БИТУМНЫХ КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В СНГ и России, приблизительно 35 % скатных и 75 % плоских кровель, покрыты полимерно-битумными материалами. Неотъемлемым элементом верхнего, защитного слоя этих кровель является крупнозернистая посыпка, или кровельные гранулы. Больше 40 лет назад требования к горным породам для использования их в качестве сырья для производства кровельных гранул были ниже, чем в настоящее время, но из-за роста конкуренции среди производителей кровельных материалов и совершенствования технологического процесса, требования к минеральному сырью значительно выросли.

Кровельные гранулы защищают полимерно-битумное вяжущее от ультрафиолетового излучения, которое является основной причиной быстрого старения полимерно-битумной основы. Кроме того, гранулы являются защитой кровельных материалов от атмосферных осадков, механических повреждений, распространения открытого пламени и несут эстетическую составляющую в дизайне кровли. [1]

Различают три типа посыпочных материалов:

1. сланцевая посыпка из дробленых кровельных сланцев,
2. минеральные гранулы, которые представляют собой неокрашенные гранулы из отсевов горных пород,
3. керамизированные (керамические) гранулы, которые представляют собой частицы горных пород с окрашенной керамической оболочкой (самый сложный и дорогой продукт).

Одним из наиболее важных элементов керамически окрашенных кровельных гранул и главным сырьевым компонентом в их производстве является измельченная горная порода. [2]

При производстве кровельных гранул с керамической оболочкой, на предварительно раздробленную и отфракционированную породу наносится отдельно приготовленный красящий раствор (жидкое стекло, каолин, пигменты и стабилизаторы). Перед нанесением краски, гранулы подогревают для того, чтобы в начале процесса контакта раствора и породы закрепить основу будущей керамической оболочки. После нанесения краски в барабанном смесителе, гранулы отправляются во вращающуюся печь для спекания оболочки.

Как показывает опыт, если порода выбрана неправильно, то защитный слой кровли не выполняет свои функции, что неизбежно приводит

к таким негативным явлениям, как изменение цвета гранул, их разрушение и разрушение кровельного материала в целом. Наиболее часто в таких случаях происходит «окисление» гранул. На поверхности кровли появляются пятна и подтёки оксигидроксидов железа, на участках с поврежденным защитным слоем разрушается битумное вяжущее, что негативно сказывается на долговечности и внешнем виде кровли. [3]

В Центральной исследовательской лаборатории ТЕХНО были произведены ряд химических и петрографических анализов образцов горных пород. В результате исследований было установлено, что общее содержание железа в горной породе не определяет ее потенциал к ржавлению как на стадии производства, так и в процессе эксплуатации кровельного материала.

Так же было установлено, что одно из первых мест по склонности к «ржавлению» занимают сульфиды. Процесс окисления происходит в процессе технологического нагрева и связан с частичной или полной деструкцией кристаллической решетки сульфидных минералов при температурах от 190°C до 610°C.

Другая группа рудных минералов - предельные оксиды – магнетиты и гематиты – сохраняют целостность и, в результате погодного воздействия и в процессе технологического нагрева.

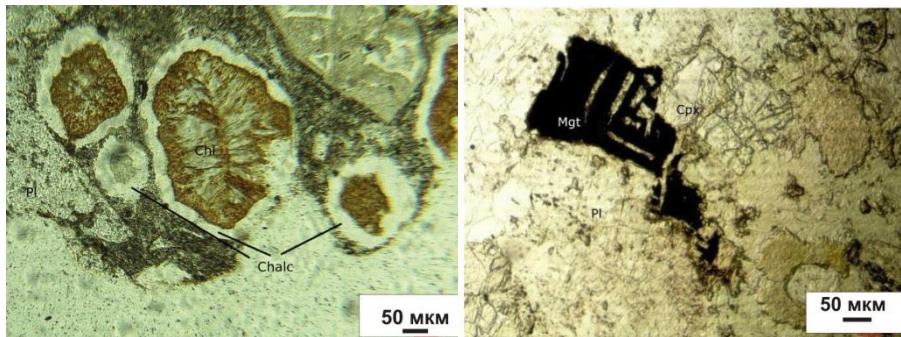


Рис. 1 Содержание железа в образцах

В силикатных минералах изменение цвета наблюдается только в процессе технологического нагрева. Наиболее подвержены «ржавлению» минералы группы хлорита и прежде его железистые разновидности. Второе место по вкладу в «ржавление» занимает палагонит (измененное вулканическое стекло, содержащее структурную воду). Склонны к «ржавлению» и некоторые разновидности амфиболов типа актинолита, однако это проявляется только у железистых его разновидностей. Однако, в отличие от сульфидов, силикатные минералы сохраняют свою целостность, оксигидрооксиды железа в них остаются тесно

связанными с исходными минералами и не «мигрируют» на поверхность гранул.

Как мы видим, проблема стабильности и ржавления пород не простая и решение ее представляет большую практически важную задачу. Для оперативной диагностики этой проблем предлагается разработать схему оценки термогравиметрической активности породы на основе эталонов с различным содержанием сульфидов и их разновидностей [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Джует К. Л.* Кровельные гранулы // Промышленные полезные ископаемые. 1983. №5. С. 15-19;
2. *Когел Д.Е., Триверди Н. К., Баркер Д.М.*, Кровельные материалы. Промышленные полезные ископаемые. 2006. №7. С. 1174-1175;
3. Canadian Asphalt Shingle Manufacturer Association, March 2016, Technical bulletin #26.
4. *Топор Н.Ф., Огородова Л.П., Мельчакова Л.В.* Термический анализ минералов и неорганических соединений. - Москва: Наука МГУ, 1987, 190 с.
5. *Шувалова Е.А., Бисембаев Р.С., Коморова Н.А.* Эффективность применения СБС и АПП полимерных модификаторов в рулонных гидроизоляционных материалах // Академическая наука - проблемы и достижения, декабрь 2017, North Charleston USA, Том 1. С. 52-55.

СИЛОКСАНОВАЯ ШТУКАТУРКА: ПРЕИМУЩЕСТВО ПРИМЕНЕНИЯ

Одним из самых распространенных способов отделки фасадов зданий и сооружений является оштукатуривание, позволяющее защищать их от негативных внешних воздействий, механических повреждений, добиться повышения звуко- и теплоизоляции, а так же высокой эстетичности, за счет разнообразия фактуры и цветовой гаммы материала.

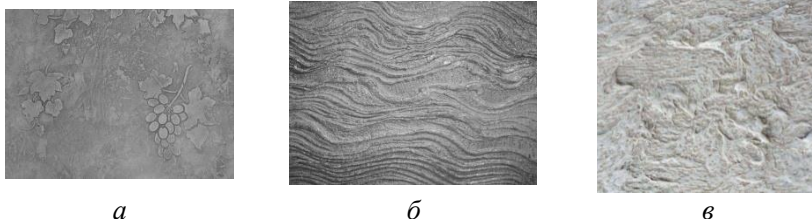
Впервые декоративные штукатурки были применены в Германии в 60-х годах прошлого века, когда маляры смешивали акриловые краски с мраморной крошкой. На сегодняшний день существует огромное количество разнообразной декоративной штукатурки как на минеральной, так и на полимерной основе. Среди штукатурок на полимерной основе силиксановая представляет собой компромисс между силикатной штукатуркой и силиконовой и отличается рядом технологических показателей:

1. Тонкослойность, толщина покрытия до 3мм;
2. Эластичность. Твердение покрытия происходит в процессе коалесценции;
3. Обладает низкой вязкостью;
4. Высокая паропроницаемость. Особенно хороши силикатные штукатурки при нанесении на известковые основания, так как обладают высокой пропускной способностью для молекул CO_2 .
5. Высокая адгезия к поверхностям любого типа, в том числе металлов. Прочность сцепления с поверхностью от 0,65 до 1,5 МПа;
6. Влагоустойчивость;
7. Самоочищение от пыли за счет высоких влагоотталкивающих свойств;
8. Устойчивость к агрессивным внешним средам. Успешно противостоят воздействиям выхлопных газов, кислотных дождей, а также аммиачных испарений, следовательно, коррозионнотойкая;
9. Обеспечивают защиту от УФ-излучения;
10. Не термопластичны, то есть не смягчаются при повышении температуры;
11. Высокая стойкость к образованию усадочных трещин;
12. Электрически нейтральны;
13. Хорошо совместимы как с минеральными, так и с акриловыми или латексными красками

14. Высокая износостойкость покрытия, защита поверхности зданий и сооружений от ударных воздействий;

15. Силиконовые покрытия не поддерживают развитие микроорганизмов, поэтому они не нуждаются в применении специальных фунгицидных и альгицидных добавок, которые необходимы в акриловых продуктах.

16. Долговечны, срок службы таких покрытий до 25 лет. [1]



- Рис. 1. Группы штукатурки по способу формирования рисунка:
- а) Первая группа - рисунок формируется по способу отображения, штукатурка не содержит крупных зерен – гладкая;
 - б) Вторая группа - штукатурка содержит небольшое количество крупных зерен, рисунок формируется способом сочетания;
 - в) Третья группа - фактурная штукатурка, которая наносится простым шпателем, валиком или напылением без какой-либо последующей обработки, а разравниваются гладилкой.

К минусам силиконовых покрытий относятся высокая цена и вымывание цвета под длительным воздействием косого дождя.

Данные технологические показатели возможны благодаря особенностям структуры материала. Связующим веществом в них являются эмульгированные кремнийорганические смолы.

Кремнийорганическая цепочка, состоящая из чередующихся атомов кремния и кислорода, называется силиоксан ($[\text{R}_2\text{SiO}]_n$, где R - органическая группа). Молекулы, содержащие несколько связанных между собой цепочек силиоксана, называются полисилиоксан или силикон. Силиконовые материалы содержат акриловые смолы с добавлением небольшого количества (в большинстве случаев около 1%) силикоханового наполнителя. Силиоксан служит преимущественно только для отталкивания воды и увеличения паро- и газопроницаемости. Во время высыхания слоя материала, молекулы силиоксана всплывают на поверхность и образуют водоотталкивающий слой. Вследствие того, что они находятся на поверхности, ультрафиолетовый свет и атмосферные воздействия постепенно разрушают их (примерно за 3 – 5 лет). Помимо рассмотренных технологических свойств, силикохановая штукатурка обла-

дает высокой степени декоративности. Благодаря разной крупности зерен материала и способу нанесения рисунка, возможно добиться различных фактурных эффектов, некоторые из них представлены на рис. 1. Таким образом, силиконовая штукатурка обладает рядом преимуществ, обеспечивающих ее обширное применения в условиях агрессивных сред, а так же при реставрации зданий и сооружений, так как данный материал прекрасно подходит для нанесения практически на любую поверхность и имеет достаточно продолжительный срок службы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 55818-2013 Составы декоративные штукатурные на полимерной основе для фасадных теплоизоляционных композиционных систем с наружными штукатурными слоями. Технические условия

*Студентка 4 курса 32 группы ИСА Ракова М.В.
Научный руководитель – асс. Е.А. Шувалова*

СРАВНЕНИЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ

Во всем мире установлены определенные стандарты по тепловой защите, нацеленные на уменьшение потребления объемов энергии в стране, долговечность конструкций зданий, охраны окружающей среды и рациональное использования природных ресурсов. В Российской Федерации эти требования указаны в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», являющаяся новой редакцией СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий». На протяжении многих лет, специалисты сравнивают нормы, приведенные в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», СНиП 23-02–2003, СНиП II-3–79 «Строительная теплотехника», СНиП II-3–79, после чего приходят к неутешительным выводам о том, что они были изменены не в лучшую сторону. В старой редакции присутствовало три метода расчета сопротивления теплопередаче, а в новом документе, а именно в СП 50.13330.2012 указаны только требования. К тому же возникают сомнения по поводу требований, предъявляемых к удельному расходу тепловой энергии. Содержание всего остального видоизменилось, но суть осталась прежней. Далее детально разберем основные моменты.

Во-первых, не всем ясна методология требования к выбору сопротивления теплопередаче, представленная в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», которая определяется напрямую от показателя граду-

со-сутки отопительного периода (далее - ГСОП), нормы по которому были зафиксированы еще в прошлом веке и с тех пор не менялись. Также, следует отметить, что в наше время условия сроков отопительного периода зависят от многих факторов, например, таких, как теплопоступления. Можно с уверенностью сказать, что количество тепла, проходящее через ограждающие конструкции, увеличилось, так как стало намного больше электроприборов, техники, следовательно, такое понятие как «отопительный период» для многих зданий стало абстрактным понятием. Надо отметить, что такой метод был зафиксирован с выходом СНиП П-3-79* «Строительная теплотехника». Более логичная методология была зафиксирована ранее, а именно в СНиП П-3-79 «Строительная теплотехника», в соответствии с которой главной величиной все-таки была величина сопротивления теплопередачи, которая высчитывалась по формулам на основе экономических показателей, что свидетельствовало о точности результатов. Следовательно, можно сделать вывод, что определение величины сопротивления передаче лучше всего был изложен в СНиП П-3-79 «Строительная теплотехника». Во-вторых, много вопросов к определению удельной характеристики расхода тепловой энергии на вентиляцию и отопление сооружений и зданий, продемонстрированной в

СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Эта характеристика впервые была введена в 1939 году, после чего исчезла, но снова появилась в СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» и была отредактирована в СП 50.13330.2012 с исправлением мелких ошибок (определение площади).

Данная величина определяется по формуле:

$$q_{от}^p = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) * v * \zeta] * (1 - \xi) * \beta_h,$$

где

$k_{об}$ – теплозащитная удельная характеристика здания, Вт/(м³ · °С);

$k_{вент}$ – вентиляционная удельная характеристика здания, Вт/(м³ · °С);

$k_{быт}$ – удельная характеристика бытовых тепловыделений в здании, Вт/(м³ · °С);

$k_{рад}$ – удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м³ · °С);

β_h, v, ζ, ξ – коэффициенты, определенные в приложении Г, которые характеризуют систему отопления и не связаны со свойствами ограждающих конструкций. Вышеперечисленный способ требует пересмотра, так как не совсем корректно определяются: средняя кратность воздухообмена общественных зданий, выделяющееся тепло внутри здания, величины ГСОП, от которых в свою очередь зависят коэффициенты β_h, v, ζ, ξ . Данные несоответствия могут привести к серьезным пробле-

мам, ведь уже по всему миру принимаются законы об энергоэффективности и энергосбережении и Российская Федерация не стала исключением. Прямое отношение к нормированию тепловой защиты зданий имеет Указ Президента России от 4 июля 2008 года «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики», в соответствии с которым не попадает выше перечисленные нормы. Российские специалисты уже долгое время работают над требованиями к тепловой защите зданий и практически близки к зарубежным стандартам. Существует много мнений по поводу СП 50.13330.2012, как хороших, так и не очень, но все же, чтобы он стал рабочим и нужно исправить некоторые неточности. Следует подчеркнуть, что первые шаги уже сделаны: возвращен расчет удельного расхода на отопление и вентиляцию сооружений, что не маловажно. Но, все же, в первую очередь, акцент нужно сделать на нормирование требований к сопротивлению передаче, так как именно он является одним из главных требований тепловой защиты, применяемых к зданиям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бруйко М.Г.* Эффективные теплоизоляционные материалы на основе модифицированных резольных пенофенопластов. М. 2009. 78 с.
2. *Наумов А.Л.* Оценка теплозащиты общественных зданий // АВОК. 2009. № 7.
3. *Наумов А.Л.* Оценка и роль теплозащиты общественных зданий // АВОК. 2009. № 7.
4. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.М. Минрегион России.2012.96 С.
5. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий // АВОК. 2009. №№ 1, 2.

СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ

Природные цеолиты (алюмосодержащие горные породы) нашли широкое применение в качестве активной минеральной добавки и пористого наполнителя, а также в качестве сорбционных добавок в отделочных материалах для обеспечения комфортных условий нахождения в помещениях[1].

Интересен вопрос повышения эффективности использования цеолитов в качестве сорбционного компонента в строительных материалах, что может быть достигнуто путем их модификации с привлечением различных способов, таких как механохимических, химических, термических и прочих.

В последнее время к инновационным технологиям повышения эффективности строительных материалов можно отнести предварительную обработку сырьевых компонентов низкотемпературной неравновесной плазмой (НТП) [2], обладающей комплексным физическим воздействием, значительно меняющим характеристики материала. В связи с этим были проведены научные исследования по определению влияния НТП на сорбционные характеристики природных цеолитов: скорости сорбции, общей сорбционной емкости.

В качестве исследуемого цеолита был выбран цеолит Хотынецкого месторождения.

В качестве исследуемых сорбатов были выбраны:

- фенол (ГОСТ 23519-93 «Фенол синтетический технический».)
- формальдегид(ГОСТ 1625-89 «Формалин технический. Технические условия».)

Обработка исходного сырья осуществлялась в лабораторной установке, изображенной на рис. 1.

В ней под действием переменного тока между электродами создается область низкотемпературной неравновесной плазмы, где происходит обработка материала. Во время обработки материала таким образом в нем, начинается процесс частичной диссипации, который продолжается даже после остановки работы обрабатывающего устройства.

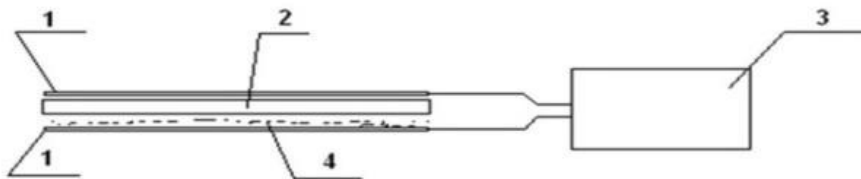


Рис. 1. Лабораторная установка для создания барьерного разряда НТПП: 1-электроды; 2-диэлектрик, 3-генератор НТПП; 4- обрабатываемые сырьевые материалы.

Энергия активации материала не остается в нем вечно и с течением времени рассеивается, а материалы разряжаются, релаксируя к своему исходному состоянию вплоть до полного разряда своей остаточной энергии.

Осуществлялось модифицирование следующими способами: температурной обработкой и в НТПП барьерного разряда. После обработки были произведены испытания по определению сорбционной емкости в каждой группе и в контрольной серии образцов.

При воздействии плазмы на образец наблюдалось развитие дефектов с последующим разрушением зерна и увеличением активной поверхности, что вызвано температурным воздействием на содержащуюся в цеолите свободную и химически связанную воду.

Таблица 1

Результаты испытаний на сорбционную емкость цеолитов, где в качестве сорбтива использовался фенол

Сорбент	1 сут	2 сут	4 сут	6 сут	7 сут
Контрольный цеолит	4,08	5,85	6,46	7,03	7,18
Дегидратированный цеолит	5,74	6,98	7,93	8,57	8,69
Плазмомодифицированный цеолит	8,12	9,89	11,44	12,57	12,96

Ниже представлены результаты испытаний в виде графиков и таблиц, характеризующих сорбционную емкость цеолитов, при использовании в качестве сорбатов: фенола в виде таблицы 1 и графика на рис. 2 и формальдегида в виде табл. 2 и графика на рис. 3.

Таблица 2

Результаты испытаний на сорбционную ёмкость цеолитов,
где в качестве сорбтива использовали формальдегид

Сорбент	1 сут	2 сут	4 сут	6 сут	7 сут
Контрольный цеолит	6,54	8,94	11,92	13,85	13,92
Дегидратированный цеолит	9,12	12,08	15,35	17,45	17,62
Плазмомодифицированный цеолит	13,43	16,78	19,95	21,72	22,03

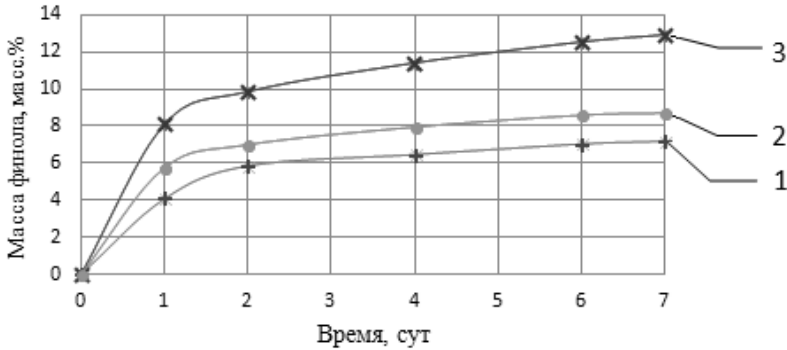


Рис. 2. Изменение сорбционной способности весовым методом цеолитов: 1 – цеолит контрольный; 2 - дегидратированный цеолит; 3 – цеолит, модифицированный НТНП в барьерном разряде

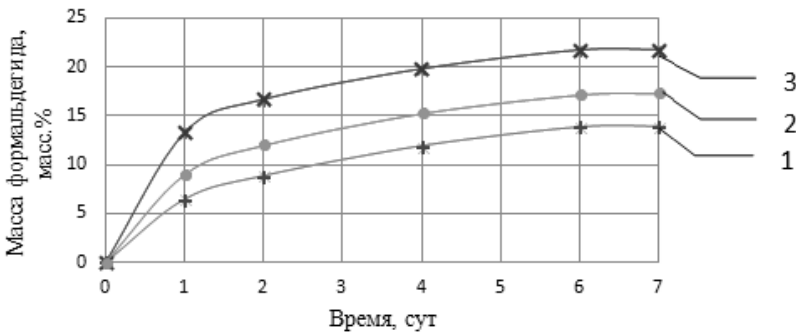


Рис. 3. Изменение сорбционной способности весовым методом цеолитов: 1 – цеолит контрольный; 2 - дегидратированный цеолит; 3 – цеолит, модифицированный НТНП в барьерном разряде

Анализ полученных данных на примере модификации цеолитов Хотынецкого месторождения позволяет сделать предположение об эффективности такого подхода к природным алюмосиликатосодержащим сорбентам, таким как бентониты, туфы, шабозиты, диатомиты и другие. Наблюдается увеличение количества микропор, вызванное выходом воды с разрушением структуры цеолита из химически связанного состояния, а также термогидромеханическим воздействием.

В связи с этим появляется интерес дальнейшего изучения и развития методов обработки цеолитов низкотемпературной неравновесной плазмой с целью повышения эффективности их дальнейшего использования в качестве сорбентов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Zhegera K.V.* Application of amorphous aluminosilicates as a modifying additive in the recipe of a cementitious adhesive for tiles // *Modern Science*. 2017. № 4-1. Pp. 65-68.

2. *Бруяко М.Г., Григорьева А.И., Ефременко Е.Н., Степанов Н.А.* Патент №2638595 (14.12.2017) Способ получения плазмобιοмодифицированных заполнителей из силикатсодержащих горных пород.

3. *Бруяко М.Г., Пустовгар А.П., Сафонова Е.С., Петунова М.Д., Афанасьев Е.С., Коврига О.В., Аскадский А.А.* Органоминеральные композитные материалы на основе жидкого стекла, полиизоцианурата и эпоксидного олигомера. // *Пластические массы*. 2017. № 9-10. С. 3-7.

4. *Бруяко М.Г., Григорьева Л.С., Григорьева А.И.* Плазмомодифицированные сорбенты на основе цеолитсодержащих горных пород хотынецкого месторождения. // *Строительство: наука и образование*. 2017. № 4 (25). С. 3.

ИНВЕРСИОННАЯ КРОВЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЛОЧНОГО ПЕНОСТЕКЛА

Любая современная сфера деятельности подчинена своим правилам и стандартам. В строительстве таковыми являются определенное использование конкретных материалов и технологий. Однако, как известно, правила существуют, для того чтобы их нарушать. И именно вследствие таких продуманных и взвешенных нарушений появляются наиболее интересные и нестандартные, но в то же время качественные и надежные решения. Ярким примером такого решения является инверсионная кровля. Неоспоримым преимуществом инверсионных кровель является их многофункциональность. Они могут служить зоной отдыха, бассейна, паркинга, террасы и т.д.

Для того, чтобы разобраться что такое инверсионная кровля, стоит вспомнить как выглядит «пирог» традиционной плоской крыши:

- железобетонная плита покрытия;
- слой пароизоляции;
- теплоизоляционный слой;
- гидроизоляционное покрытие.

Инверсионная кровля – это конструкция, в которой кровельный «пирог» уложен в обратной последовательности. Рассмотрим вариант устройства инверсионной кровли:

- железобетонные плиты покрытия;
- гидроизоляционный слой;
- теплоизоляционный слой;
- дренажный слой из геотекстиля, который предотвращает заиливание дренажных каналов частицами грунта, проникающими сквозь толщу покрытия вместе с атмосферными осадками;
- пригруз в виде керамзита или щебня мелкой фракции, который обеспечивает проектное положение теплоизоляционного слоя под воздействием ветровых нагрузок;
- прикорневой слой геотекстиля высокой прочности, который укладывается на выровненный слой пригруза. Этот слой так же легко пропускает воду, но в тоже время не позволяет корням растений проникнуть в тело конструкции;
- верхним слоем может служить газонная трава, а так же тротуарная плитка, покрытие из асфальтобетона или щебёночная отсыпка.

Таким образом, сравнивая состав инверсионной кровли с традиционной можно выявить ещё одно преимущество: гидроизоляция в кон-

струкции инверсионной крыши надёжно защищена от непосредственных атмосферных и механических воздействий, что продлевает срок её эксплуатации.

Особое внимание в инверсионных крышах уделяется теплоизоляционному слою. Для утепления такой крыши применимы только негигроскопичные материалы, способные сохранять высокие теплоизоляционные характеристики во влажной среде.

Одним из таких материалов может служить пеностекло. Пеностекло или ячеистое стекло это жёсткий теплоизоляционный материал, с закрытой ячеистой структурой, получаемый путём спекания стеклянного порошка с газообразователями (известняк, антрацит). При температуре 800-900°C частицы стекла размягчаются до вязко-жидкого состояния, а выделяющиеся газы (CO_2) при этом образуют большое количество пор. Сырьём для пеностекла служит традиционное силикатное стекло. Пеностекло выпускается в виде гранул, в виде плит или блоков (рис.1).

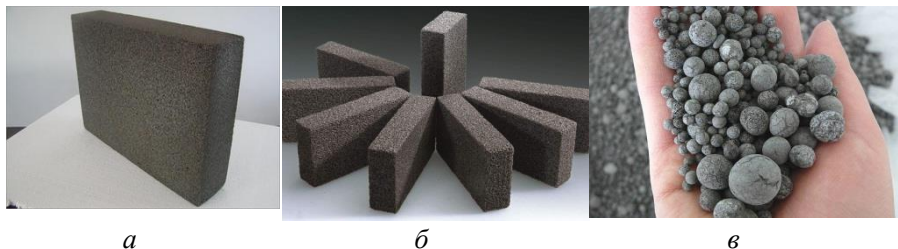


Рис. 1. Общий вид пеностекла:
а) Пеностекло в виде плит,
б) Пеностекло в виде блоков,
в) Гранулированное пеностекло

Пеностекло сочетает в себе комплекс важнейших свойств эффективной теплоизоляции: низкая теплопроводность и низкое водопоглощение. Кроме того, пеностекло всех марок обладает следующими свойствами:

- пожарная безопасность. Оно абсолютно негорючее (группа горючести НГ);
- широкий диапазон температур применения – в среднем от $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- химическая стойкость;
- безопасность для человека и окружающей среды, поскольку в его составе отсутствуют токсичные вещества;
- биологическая стойкость, т.к. пеностекло не подвержено гниению, развитию микроорганизмов, бактерий и грибов, устойчив к грызунам и насекомым.

При этом, стоит отметить, что свойства пеностекла остаются постоянными на протяжении всего срока эксплуатации.

Одним из основных производителей пеностекла на территории Российской Федерации является компания «НЕОПОРМ», г. Владимир. Приведём его некоторые технические характеристики (табл. 1).

Таблица 1
Технические характеристики пеностекла «НЕОПОРМ»

Наименование показателя	Значение
Средняя плотность, кг/м ³	120-160
Прочность при сжатии, МПа, не менее	1,0-2,0
Водопоглощение при полном погружении образца в воду, % по объёму, не более	2
Теплопроводность при температуре 25 °С, Вт/(м·К), не более	0,050
Теплопроводность при температуре 0 °С, Вт/(м·К), не более	0,043
Температура применения, °С	-196...+485
Группа горючести	НГ

Таким образом, можно сделать вывод, что пеностекло является эффективным теплоизоляционным материалом и может с успехом применяться в конструкции инверсионной кровли. При правильной эксплуатации кровли срок службы пеностекла сопоставим с общим сроком службы самого здания или сооружения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Борискина И.В., Шведов Н.В., Плотников А.А.* Современные светопрозрачные конструкции гражданских зданий. Справочник проектировщика. Том II. Оконные системы из ПВХ
2. *Александров Ю.П., Марантиди И.Н., Соловьёв А.К. Стецкий С.В.* Проектирование светопрозрачных конструкций и естественного освещения зданий. Учебное пособие. М. 1984. С.3 – 114. 7.25 п.л., илл.
3. *Самойлов С.И., Соловьёв А.К.* Проектирование светопроёмов в офисах и экономия энергии.// Светотехника, 2000. №1.

САМОУПЛОТНЯЮЩАЯСЯ БЕТОННАЯ СМЕСЬ ДЛЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН

Самоуплотняющийся бетон (СУБ) - бетонная смесь, которая без воздействия внешних сил уплотнения (вибрирования) и самостоятельно под воздействием собственного веса течет, освобождается от воздуха и полностью заполняет пространство между опалубкой сооружения и арматурными стержнями. [1]



Рис.1 Сравнение бетона обычного и самоуплотняющегося.

Рецептура самоуплотняющейся бетонной смеси имеет существенные отличия от состава обычной бетонной смеси [2]:

- принципиально другой подход к соотношению granulometрии заполнителей;
- обязательное присутствие в смеси минеральных добавок и повышенный расход цемента;
- тип и дозировка пластифицирующей добавки, доза которого на порядок превосходит стандартный расход для обычного бетона.

На рис.1 представлено графическое сравнение двух видов бетонов.

Основными преимуществами СУБ по сравнению традиционными видами бетонов являются:

-улучшенная микроструктура – меньше пористость и как следствие меньше кислородо- и водонепроницаемость;

-возможность полной механизации работ –снижение трудо- и энерго-затрат;

-обеспечение высокого класса прочности на сжатие (>B50) и растяжение, плотности и водонепроницаемости (>W12);

-легкость заполнения загражденных и труднодоступных областей, недоступная при использовании обычного бетона возможность создавать художественно выразительные структурные и архитектурные формы и поверхности;

- за счет высокой подвижности СУБ обладает хорошими свойствами образования плотного соединения с арматурными стержнями.

Технология самоуплотняющегося бетона имеет также определенные недостатки:

- меньшая сохраняемость свойств бетонной смеси; более высокие, по сравнению с обычным бетоном, затраты на разработку рецептуры, материалы, производство и обеспечение контроля качества.

Основной причиной разработки такого вида бетона – возможность улучшения труда рабочих как на строительной площадке, так и на заводе-изготовителе.

Перспективным является его использование для производства монолитного железобетона.

Использование самоуплотняющегося бетона на строительной площадке позволяет безопаснее вести строительные работы и сократить затраты на зарплату персонала, за счет:

- интенсификации возведения конструкций из бетона; отсутствия необходимости уплотнения бетона, соответственно исключить ошибки, которые могли бы возникнуть при его уплотнении; исключения возможности самостоятельного растекания и расслоения бетонной смеси; отсутствие вибрации и шума, которые негативно воздействуют на строительных рабочих, а также на местных жителей, проживающих рядом с возводимыми объектами.

Благодаря заводским условиям можно соблюсти все технологические требования, а также установить оптимальные условия для изготовления конечных густоармированных изделий сложных форм. Сборные железобетонные детали отличаются высоким качеством и долговечностью, не требуют специального ухода в начальный период эксплуатации, их применение сокращает сроки строительства и уменьшает его трудоемкость.

Однако применение СУБ на российских заводах по производству сборных железобетонных изделий оказалось недостаточно эффективным, в связи высоким износом используемых форм, требующих боль-

ших финансовых затрат на их замену новыми, а также с недостаточной квалификацией рабочих.

Нами была поставлена задача разработать состав самоуплотняющейся бетонной смеси БСТ В35П5 с удобоукладываемостью по расплыву конуса РК=60-70 см, в результате затвердевания которой в возрасте 28 суток можно получить бетон со средней прочностью на сжатие 45 МПа.

Для реализации задачи применялись следующие сырьевые материалы:

- портландцемент «Подольск Цемент» ПЦ 500-Д0-Н без добавок, с нормальной густотой 25,25% ,содержанием C_3A 6,86% и истинной плотностью $3,1 \text{ г/см}^3$ (Ц);

- песок с $M_k = 1,8$ с истинной плотностью зерен $2,65 \text{ г/см}^3$;

- щебень гранитный фракции 3–10 мм, с истинной плотностью – $2,75 \text{ г/см}^3$;

- добавки:

- гиперпластификатор SikaVisco 5-800 (ГП); высокоактивная минеральная добавка –микрокремнезем (МК); инертная минеральная добавка–микронаполнитель SilverBond (МН).

После оптимального подбора компонентов бетонной смеси [3] и последующей опытной проверки эффекта её самоуплотнения были получены следующие экспериментальные результаты, приведённые в таблице 1.

Из бетонной смеси приведённого в таблице состава были изготовлены и испытаны образцы для определения прочности бетона на сжатие и на растяжение при изгибе.

По результатам проведённых испытаний было установлено соответствие полученного бетона заданной средней прочности на сжатие, что удовлетворяет требованиям ГОСТ 18979-90 и ГОСТ 25628-90 в части марок бетона по прочности на сжатие, используемого для изготовления ж/б колонн (М300-М600).

СУБ также можно применять в монолитном строительстве для балок, ригелей, межэтажных перекрытий и сооружения арок.

Таблица 1

Состав и характеристики самоуплотняющейся бетонной смеси

Состав бетонной смеси, кг/м ³								Свойства бетонной смеси			
№	Ц, кг	МК, кг	МН, кг	Песок, кг	Щебень, кг	Вода, кг	ГП, л	Средняя плотность кг/м ³	В / (Ц+МК)	РК, см	РК ₅₀ , с
Расход на опытные замесы объёмом 0,013 м ³											
1	3,9	0,39	3,12	10,53	11,24	2,21	0,2	2430	0,51	78	6
2	4,55	0,45	2,47	10,53	11,24	2,23	0,205	2436	0,44	71	15
3	5,2	0,52	1,755	10,53	11,24	2,26	0,226	2440	0,39	73	7

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Волженский А.В.* Минеральные вяжущие вещества.- М.: Стройиздат, 1986. - 346 с.
2. *Болотских О.Н.* Самоуплотняющийся бетон и его диагностика. Технологии бетонов. 2008. № 10. С. 28-31.
3. *Баженов Ю.М.* Технология бетона. – М.: АСВ, 2011. – 528 с.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЦЕЛЛЮЛОЗОСЕДРЖАЩИХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Представленная работа посвящена разработке возможности использования целлюлозосодержащих отходов для получения вторичного сырья и на его основе материалов строительного назначения.

В проведении экспериментальной работы были использованы отходы картона, которые подвергали диспергации в ножевой дробилке с выходными перфорированными отверстиями различного диаметра, которые позволяли получать состав измельченного картона, ограниченно-го максимальным размером частиц не более 5 мм.

На основе анализа свойств минеральных вяжущих, используемых при производстве строительных материалов, в качестве связующего при разработке материалов было выбрано гипсовое вяжущее Г7 АП. Вода затворения, используемая для проведения экспериментальных работ, соответствовал нормам СП 82-101-98.

Наиболее близкой по техническим решениям для высоконаполненных строительных материалов можно назвать эковату, существенным недостатком которой является использование в качестве антипиренов неорганических борсодержащих соединений, таких как борная кислота и бура, относящихся к токсичным веществам 3 класса опасности по ГОСТ 12.1.007-76.

Для получения высоконаполненных материалов был разработан технологический метод, заключающийся в предварительном увлажнении дисперсного целлюлозосодержащего компонента, опудривании и прессовании его до критического значения ($P_{\text{прес}}$), при котором наблюдается активное водоотделение из зерен картона до момента отделения воды из формуемой массы. Процессы прессования, удаления воды и формования происходили в нормальных условиях. После окончания процесса формования и удаления избыточной формовочной воды до значения равновесной влажности образцы подвергались испытаниям по определению средней плотности, прочности при сжатии и изгибе.

На рис.1. показана зависимость плотности плитного материала от давления прессования.

Конечные характеристики получаемого материала в значительной степени зависят от количественного состава формуемой массы, от качественных характеристик дисперсного материала (измельченного картона) и условий формования.

Характеристики образцов полученного материала приведены в табл.1.

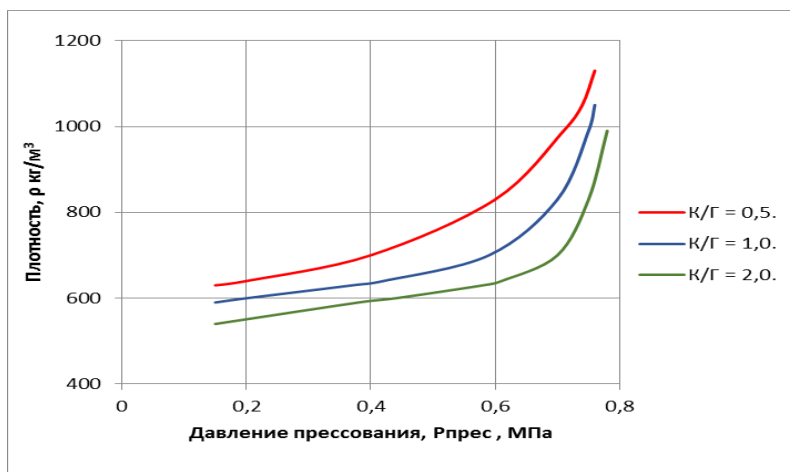


Рис. 1. Зависимость плотности плитного материала от давления прессования

Таблица 1

Размер фракций, мм	В/К	К/Г	В/Г	В/Т	Плотность, кг/м ³	Руд пресс, МПа
Не более 5	1,5	2	3	1	690	0,4
	1,5	2	3	1	600	0,2
	2	2	4	1,33	600	0,2
	2	2	4	1,33	570	0,1
	1,5	1	1,5	0,75	800	0,4
	1,5	1	1,5	0,75	720	0,2
	2	1	1	1	710	0,2
	2	1	1	1	600	0,1

В зависимости от соотношения компонентов материалы можно получать с разной прочностью, плотностью и т.д. Полученный композиционный материал можно гидрофобизировать и антипирировать. Придание гидрофобности материалу осуществлялось при помощи поверхностной пропитки кремнерастворимыми гидрофобизаторами типа Аквасил, ГКЖ-10 и т.д. Не гидрофобизованные материалы могут найти применение в изготовлении сэндвич-панелей.

На рисунке 2 показаны не гидрофизированная и гидрофобизированная поверхности соответственно. После полимеризации гидрофобизатора определялся краевой угол смачивания поверхности водой, которой составил от 110 до 130 град. Не гидрофобизированные поверхности полностью впитывали воду при нанесении воды на поверхность.

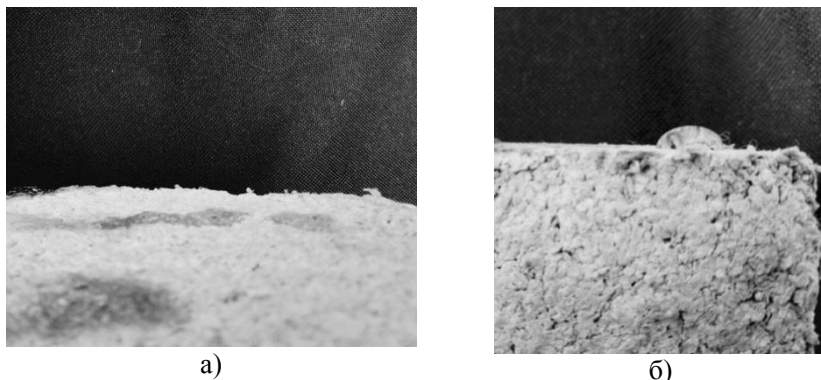


Рис.2. Не гидрофизированная и гидрофобизированная поверхности исследуемого материала соответственно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления».
2. *Танг Ван Лам, Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Шувалова Е.А.* Использование отходов углеобогащения с целью получения сырья для производства стенового керамического кирпича // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017, №8, стр. 12-19.
3. *Феронская А.В.* Справочник // Гипсовые материалы и изделия (производство и применение)., Изд. Асв., М., 2004.

ПРИМЕНЕНИЕ ПАРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МЕМБРАН В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Для сохранения тепла в помещении необходимо предусматривать теплоизоляционный слой. Как правило, теплоизоляционные материалы применяют при устройстве кровель и наружных стен здания. Но даже самый качественный утеплитель не сможет функционировать достаточно эффективно, если его не защитить качественно подобранной и смонтированной пароизоляцией.

Природа устроена таким образом, что всё стремится к равновесию. Как правило, во внутренних помещениях в результате жизнедеятельности человека влажность внутри помещений превышает влажность наружного воздуха, в результате этого из-за разности давлений пар пытается выйти в незаполненные области через ограждающие конструкции. Это может привести к появлению конденсата на теплоизоляционных материалах и дальнейшей потере их функциональных характеристик. Даже незначительное повышение влажности теплоизоляционного материала увеличивает его теплопроводность на 20-30%. Так же высокая влажность создаёт опасность образования плесени и грибков по поверхности строительных конструкций и коррозионного повреждения на металлических поверхностях. Поэтому одна из главных характеристик пароизоляционного материала – это низкая пропускная способность насыщенного влагой воздуха, которая измеряется в г/м^2 за сутки.

В настоящее время на строительном рынке представлен широкий диапазон пароизоляционных материалов в зависимости от целей применения. Одним из примеров подобных материалов являются пароизоляционные мембраны. В строительной терминологии мембрана это нетканое двухслойное полотно, предназначенное для защиты утеплителя от влаги, проникающей из помещений в виде водяного пара.

Существует несколько разновидностей мембран. Лидирующие позиции занимают двухслойные мембраны. Принцип их работы заключается в том, что мембрана впитывает водяной пар и способствует дальнейшему его испарению. Двухслойная структура составлена из следующих элементов: 1 слой – спанбонд – ворсистый материал, который способствует впитыванию влаги и ее испарению, 2 слой - пароизоляционная пленка – паро- и водонепроницаемый слой, который не пропускает влагу дальше к утеплителю, защищая его от негативного влияния пара (рис. 1).

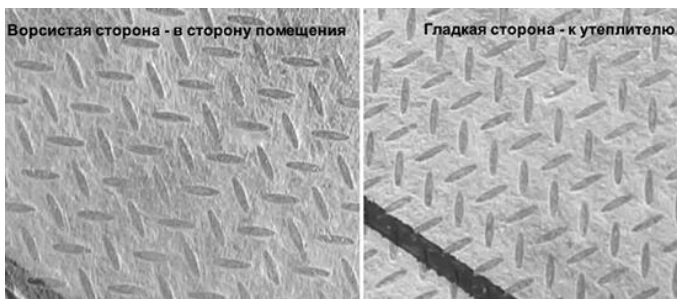


Рис.1 Увеличенная фотография текстуры двухслойной мембраны

Плюсы таких мембран, в отличие от обыкновенных однослойных пленок состоят в следующем:

- прочный и легкий материал, более простой при монтаже;
- специальный впитывающий слой предотвращает появление конденсата на пленке;

-для организации паробарьера достаточно укладки в один слой.

Почему же достаточно всего одного слоя? Рассмотрим эквивалентную толщину сопротивления диффузии водяного пара, как производную от коэффициента сопротивления диффузии водяного пара.

Для начала необходимо что такое диффузия. Диффузия – это процесс взаимного проникновения молекул одного вещества между молекулами другого, приводящий к самопроизвольному выравниванию концентрации по всему занимаемому объему.

Поскольку мембраны эксплуатируются в воздушной среде, логично сравнивать сопротивление диффузии водяного пара мембраны и слоя сухого воздуха. Для этой цели введен другой показатель паропроницаемости - коэффициент сопротивления диффузии водяного пара. Он показывает, во сколько раз мембрана сильнее сопротивляется диффузии через нее водяного пара чем слой сухого воздуха такой же толщины. Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара - безразмерная величина, которую чаще всего обозначают буквой μ .

Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара достаточно информативный показатель, но не очень удобный для применения на практике. Для практических расчетов удобнее использовать производный от коэффициента сопротивления диффузии водяного пара показатель, называемый эквивалентная толщина сопротивления диффузии водяного пара. Этот показатель паропроницаемости обычно обозначается Sd и рассчитывается как произведение коэффициента сопротивления диффузии водяного пара μ и толщины мембраны d :

$$Sd = \mu \cdot d$$

Единицей измерения показателя S_d служит метр. Физический смысл эквивалентной толщины сопротивления диффузии водяного заключается в том, что он показывает, какому слою сухого воздуха эквивалентна мембрана по способности пропускать пар.

Итак, например, если показатель S_d (приведенный в метрах) для какой-то мембраны составляет, например, 0,02, то это означает, что сопротивление мембраны водяному пару будет такое же, что и слоя воздуха толщиной 2 см. Чем ниже показатель параметра S_d , тем выше паропроницаемость мембраны.

Рассмотрим в качестве примера двухслойную мембрану Ондутис В (R 70). Её плотность составляет всего 70г/м^2 , а эквивалентная толщина диффузии, указывающая на сопротивление проникновению пара – $5,4 S_d/\text{м}$, т.е. соответствует слою сухого воздуха в 5,4 м.

Монтаж пароизоляционных мембран не требует определенных навыков. Главная задача — это правильный выбор типа материала и соблюдение правил производства работ при монтаже.

Универсального пароизоляционного материала, с помощью которого можно было бы защитить всё здание от фундамента до кровли не существует. Выбор материала во многом зависит от функционального назначения отдельных помещений и здания в целом. Правильный подбор типа пароизоляционного материала служит залогом долговечности теплоизоляции и создании комфортных условий при эксплуатации сооружений всех назначений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СТО 8379-96891647-06-2012. Материал рулонный изоляционный «Полиспан®Строй»
2. СП 17.13330.2017 «Кровли. Актуализированная редакция СНиП II-26-76»
3. Пароизоляционная крыши [<https://ondutis.ru/articles/>]