

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»**

**«ЭЛЕКТРОПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ
ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И
ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ»
(ПОСВЯЩЕНА 65-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ ТСК И
70-ЛЕТИЮ Д.Т.Н., ПРОФ. МАТВИЕНКО В.А.)**

**СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
25 ДЕКАБРЯ 2020 ГОДА**



МАКЕЕВКА

2021

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»**

**«ЭЛЕКТРОПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ
СТРУКТУРЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ»
(ПОСВЯЩЕНА 65-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ ТСК И ИМ И
70-ЛЕТИЮ Д.Т.Н., ПРОФ. МАТВИЕНКО В.А.)**

**СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
25 ДЕКАБРЯ 2020 ГОДА**

МАКЕЕВКА

2021

УДК 691-032.2(063)
ББК 38.32я43
Э 45

Печатается по решению ученого совета ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», протокол № 6 от «08» февраля 2021 г.

Редакционная коллегия:

Зайченко Н.М.	ректор академии, д.т.н., профессор
Нездойминов В.И.	проректор по учебной работе, д.т.н., профессор
Мушанов В.Ф.	проректор по научной работе, д.т.н., профессор
Назим Я.В.	проректор по научно-педагогической работе и международным связям, к.т.н., доцент
Братчун В.И.	д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Автомобильные дороги и аэродромы»
Югов А.М.	д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технология и организация строительства»
Ефремов А.Н.	д.т.н., профессор кафедры «Технологии строительных конструкций, изделий и материалов»
Лозинский Э.А.	к.т.н., доцент, декан строительного факультета
Губарь В.Н.	к.т.н., доцент кафедры «Технологии строительных конструкций, изделий и материалов»

Э 45 Электроповерхностные явления при формировании структуры строительных материалов на основе минеральных и органических вяжущих веществ (посвящена 65-летию кафедры ТСКИиМ и 70-летию д.т.н., проф. Матвиенко В.А.): Сборник тезисов докладов научно-практической конференции с международным участием, 25 декабря 2020 г., г. Макеевка / Ред. кол.: Н.М. Зайченко, В.И. Нездойминов, В.Ф. Мушанов и др. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», 2021. – 38 с.

Электронный сборник содержит 32 научные работы участников Научно-практической конференции с международным участием «Электроповерхностные явления при формировании структуры строительных материалов на основе минеральных и органических вяжущих веществ» (посвящена 65-летию кафедры ТСКИиМ и 70-летию д.т.н., проф. Матвиенко В.А.).

Данное издание будет полезно студентам, магистрам, молодым ученым и всем интересующимся актуальным состоянием, и тенденциями развития современной науки по рассматриваемым направлениям.

**©ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры», 2021**

СОДЕРЖАНИЕ

Братчун В.И., Беспалов В.Л., Нарижная О.Н. О целесообразности активации поверхности минерального порошка бетонов на органических вяжущих растворами олигомеров и полимеров.....	6
Сороканич С.В. Деформации усадки модифицированного тяжелого бетона.....	7
Маилян Л.Р., Павлов А.Н., Шуйский А.И., Стельмах С.А., Щербань Е.М., Халюшев А.К. Особенности турбулентного перемешивания компонентов пенобетонной смеси.....	8
Нефедов В.В., Зайченко Н.М. Полимерный композиционный материал на основе вторичного полиэтилентерефталата и модифицированной золы тепловых электростанций.....	9
Загородняя А.В., Братчун В.И. Оценка стабильности битумополимерных вяжущих при технологическом хранении.....	10
Конев О.Б. Шлакощелочные бетоны на основе кристаллических металлургических шлаков завода «Донецксталь».....	11
Коваленко Д.С., Сороканич С.В. Эксплуатационные свойства тяжелого бетона с расширяющей добавкой на основе отхода промышленности.....	12
Малинин Д.Г., Ефремов А.Н. Быстротвердеющие пенобетоны на основе шлакощелочного вяжущего.....	13
Вишторский Е.М. Исследование усадочных деформаций пенобетонов неавтоклавного твердения.....	14
Петрик И.Ю., Зайченко Н.М. Бетоны с золой-уносом ТЭС, обработанной в электростатическом поле.....	15
Ефремов А.Н., Букина Д.Ю., Лыков А.С. Свойства бетонов на основе щелочных шлакозольных вяжущих (геополимеров).....	16
Шевченко О.Н., Малинина З.З. Концептуальные основы создания высококачественных строительных материалов.....	17
Зайченко Л.Г., Торгузова А.В., Раевская Н.Н. Утилизация осадков сточных вод в технологии строительных материалов.....	18
Киценко Т.П., Каширин С.В., Баринов С.В. Исследование процесса формирования структуры цементного камня и свойств бетона при введении гидроизоляционной добавки «Пенетрон Адмикс».....	19
Куценкова А.А., Парамонова А.В. Влияние химического модификатора на свойства неавтоклавного газобетона.....	20
Зайченко Н.М., Хугаев И.А., Ткаченко Е.И. Мелкозернистый цементный бетон с пуццолановой добавкой природного происхождения.....	21

Сальникова А.Р., Дзагоев В.В., Лахтарина С.В. Высокофункциональные бетоны с компенсированной усадкой.....	22
Зайченко Н.М., Тарасюк С.В. Композиционный портландцемент с добавкой тонкомолотого известняка и метаксаолина.....	23
Бородай Е.Т. Магнезиальные огнеупорные бетоны на основе периклазовых щелочных вяжущих с огнеупорными структурообразующими компонентами.....	24
Корниенко С.В., Чурсин С.И. Модифицированный тяжелый бетон с заполнителем из отсева дробления для фигурных элементов мощения.....	25
Бучинков Д.Д., Литвиненко А.Н., Егорова Е.В., Лахтарина С.В. Тяжелый бетон с использованием отходов промышленности Донбасса.....	26
Шевченко А.А., Мартынова В.Б. Использование отхода камнепиления в качестве заполнителя газобетона.....	27
Киценко Т.П., Омелянович Д.С. Применение бетонного лома в качестве крупного заполнителя в тяжелом бетоне.....	28
Боброва А.Н., Петрик И.Ю., Губарь В.Н. Модифицированные строительные смеси повышенной водостойкости.....	29
Киценко Т.П., Тимошенко Е.А. Жидкостекольные огнеупорные алюмосиликатные вяжущие без отвердителей-плавней.....	30
Данилова Д.В., Вороненко М.Э., Егорова Е.В., Мартынова В.Б. Исследование влияния стирол-акриловой дисперсии на физико-механические свойства тяжелого бетона.....	31
Евсюкова А.Е., Мироненко А.В., Петрик И.Ю., Губарь В.Н. Тяжелый цементный бетон повышенной износостойкости.....	32
Корчагина К.А., Водолад М.Н., Егорова Е.В. Самоуплотняющиеся бетоны с использованием отходов промышленности Донбасса.....	33
Абрамова К.А., Збиглей А.Г., Петрик И.Ю., Губарь В.Н. Модифицированный бетон с добавками фирмы Sika и золой-уноса ТЭС.....	34
Онопченко Н.В., Ефимовская А.П., Нефедов В.В. Применение полиэфирного волокна для армирования стеновых панелей из мелкозернистого бетона.....	35
Хлестов М.С., Андриюшина А.А., Лахтарина С.В., Егорова Е.В. Влияние комплекса минеральных и химических добавок на физико-механические свойства бетонов.....	36
Антонюк Ю.С., Петрик И.Ю., Губарь В.Н. Способы повышения прочности модифицированного мелкозернистого бетона.....	37

ГОУ ВПО Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
**О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ АКТИВАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО
ПОРОШКА БЕТОНОВ НА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ РАСТВОРАМИ
ОЛИГОМЕРОВ И ПОЛИМЕРОВ**

Аннотация. Установлено, что наиболее эффективными модификаторами минерального порошка бетонов на органических вяжущих являются концентрированные растворы олигомеров и полимеров, которые содержат функциональные группы (CO , COOH , NH_2 , $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}$, ROH)

Ключевые слова: поверхность раздела фаз: минеральный материал – органическое вяжущее, олигомеры и полимеры, содержащие функциональные группы

Реакционная способность твердых тел при их диспергировании возрастает за счет возникновения новых поверхностей, изменения структуры поверхностного слоя, флуктуации ионов, образования свободных радикалов, ионов, которые легко вступают в химическое взаимодействие с обычными насыщенными молекулами.

Так, измельчение кальцита приводит к появлению на поверхности Ca^{2+} , CO_3^{2-} . Наряду с явлением аморфизации выделяется CO_2 и образуются CaO и Ca(OH)_2 .

Разрушение же кварца сопровождается разрывом Si-O связей. Новая поверхность приобретает положительные и отрицательные заряды.

В свою очередь, при механических воздействиях на олигомеры и полимеры, например, при помолу из-за неравномерного распределения внутренних напряжений или локализации энергии удара на отдельных участках цепи олигомера, полимера возникают критические напряжения и происходит разрыв ковалентных связей, что также приводит к образованию активных участков – свободных радикалов, ионов или ион-радикалов. При этом механодеструкция идет, главным образом, связей $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2 - \text{CH}_3$, C-N , C-H , C-O , N-H , у которых энергия диссоциации составляет 263, 297, 347, 351 и 401 кДж/моль соответственно. Так, энергия связи C-C в пересчете на механическую работу составляет около $6 \cdot 10^{-2}$ эрг и примерно равна работе силы $6 \cdot 10^{-9}$ кг, действующей на пути в $1 \cdot 10^{-11}$ м и ничтожно мала по сравнению с энергией, затрачиваемой при самых мягких условиях переработки олигомеров и полимеров.

Экспериментально доказано, что кроме взаимодействия активных участков новых поверхностей минеральных частиц и олигомеров (полимеров) по радикал-радикальному механизму образуются донорно-акцепторные связи. Это обусловлено тем, что, например, полярные олигомеры содержат атомы с неподеленными парами электронов, выступающих в роли доноров. Так, в мочевиноформальдегидной смоле донорами являются атомы азота и кислорода, в молекуле эпоксидной смолы – атомы кислорода, в кубовых остатках ректификации стирола – также атомы кислорода. В то же время катионы кальция имеют свободные орбитали (акцепторы), которые при взаимодействии с олигомерами образуют химическую связь за счет обобществления неподеленных пар электронов. Это создает прочную, эластичную, пространственную матрицу дегтеполимербетона и асфальтополимербетона, которая прежде всего и определяет деформационно-прочностные характеристики комплексно-модифицированных дегтеполимербетонов и асфальтополимербетонов.

Так, например, данные калориметрических исследований модельной системы шлам нейтрализации травильных растворов – эпоксидиановая смола ЭД-16 с содержанием эпоксидных групп 1:1 в изотермическом режиме свидетельствует о химическом взаимодействии гидроксида трехвалентного железа, содержащихся в шламе с эпоксидными группами ЭД-16.

ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени В. Даля», Институт
строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства
ДЕФОРМАЦИИ УСАДКИ МОДИФИЦИРОВАННОГО ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

Аннотация. На основе промышленного отхода – стеклянного боя – разработан эффективный состав органоминерального модификатора цементных композитов. Выполнены исследования влияния органоминерального модификатора, состоящего из молотого стеклобоя, суперпластификатора и сульфата натрия на усадку тяжелого бетона.

Ключевые слова: тяжелый бетон, органоминеральный модификатор, усадка

Введение. Гранулометрический состав стеклянного порошка и его концентрация в составе органоминерального модификатора способно оказывать влияние на деформации усадки тяжелого бетона, что дает возможность использовать стеклянный порошок как добавку компенсирующую усадку.

Целью работы является определение возможности использования стеклобоя в качестве компонента органоминерального модификатора для цементных композитов, влияющего на усадку тяжелого бетона.

Изложение основных материалов. При проведении экспериментальных исследований в качестве исходных компонентов цементных композитов применяли: портландцемент ЦЕМ I-42,5Н производства «ООО ДОНЦЕМЕНТ» ДНР, пгт. Новоамвросиевское, Амвросиевский район (ПЦ); микронаполнитель стеклянный порошок (МС) – промышленный отход – стеклобой, который представляет собой порошок с размером частицы 15-80 мкм и содержанием SiO_2 – 72,5 %, Al_2O_3 – 2,5%, MgO – 2,5%, CaO – 7%, Na_2O – 15,5%; суперпластификатор (СП-1) – добавка к бетону, относящаяся к пластифицирующему-водоредуцирующему виду; добавка-электролит – натрий сернокислый технический Na_2SO_4 (А); мелкий заполнитель – песок кварцевый Кондрашевского песчаного карьера Луганской области с модулем крупности $M_k=1,1(\Pi)$; крупный заполнитель – щебень гранитный Торезского карьера ДНР, фракция 5-20 мм (Щ); техническая вода.

Для исследований приняты составы бетонных смесей, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1. Составы модифицированных бетонных смесей

Состав	Содержание компонентов, кг/м ³							ОК, см	ρ_o , кг/м ³
	ПЦ	Заполнитель		Органоминеральный модификатор			В/Ц		
		П	Щ	МС	А	СП-1 в пересчете на сухое вещество			
Контрольный	460	634	1140	-	-	2,76	0,38	18	2409
№1	420	660	1140	16,8	4,2	2,52	0,40	17	2409
№2	420	620	1140	50,4	4,2	2,52	0,41	18	2407
№3	420	580	1140	84,0	4,2	2,52	0,42	19	2405

Результаты исследований. Деформации усадки бетона в возрасте 98 суток твердения для образцов контрольного состава составили $49 \cdot 10^{-5}$, состава №1 – $35 \cdot 10^{-5}$, состава №2 – $30 \cdot 10^{-5}$, состава №3 – $24 \cdot 10^{-5}$, что на 29, 38, 48% меньше по сравнению с показателями усадки контрольного состава соответственно. При этом стабилизация показателей усадки наступила достаточно рано – в пределах 56 суток твердения бетона у всех составов.

Выводы. 1. Деформации усадки бетона значительно снижаются при введении в его состав органоминерального модификатора, состоящего из молотого стеклобоя, суперпластификатора и сульфата натрия.

2. С увеличением концентрации молотого стекла эффективность органоминерального модификатора возрастает.

Л.Р. Маилян, А.Н. Павлов, А.И. Шуйский,
С.А. Стельмах, Е.М. Щербань, А.К. Халюшев

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

ОСОБЕННОСТИ ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПЕНОБЕТОННОЙ СМЕСИ

Аннотация. Цель исследования – реализация стабильного процесса перемешивания опытным путем для конкретного типа смесителя, состава и объема перемешиваемых материалов. Проведенные исследования по определению рационального сочетания геометрических параметров и режимов работы турбулентных смесителей приводят к следующим результатам: объем приготавливаемой смеси в турбулентном смесителе без отражательных перегородок разделен на две концентрические зоны цилиндрической поверхностью с радиусом, соответствующим радиусу активатора, что негативно влияет на однородность смеси в объеме смесителя; форма и тип активатора существенно влияют на энергоемкость процесса и качество приготавливаемого пенобетона; смесители с конической частью менее энергоемки чем смесители цилиндрические с плоским или эллипсовидным дном.

Ключевые слова: пенобетонная смесь, смеситель, активатор, энергоемкость

Анализ существующих конструкций смесителей показал большое разнообразие типов смесителей и конструкций активаторов. Особый интерес вызывают смесители турбулентного типа, так как при формировании структур строительных материалов при турбулентном перемешивании мельчайшие частицы цемента первыми перемещаются к протяженным поверхностям раздела фаз, где стремительно гидратируют и образуют высокопрочные соединения цементного камня.

Расчет турбулентного потока в смесителях представляет собой нерешенную теоретически задачу, поэтому имеются только качественные показатели, полученные экспериментальным путем. Реализация стабильного процесса перемешивания связана с значительными трудностями и достигается опытным путем для конкретного типа смесителя, состава и объема перемешиваемых материалов, то есть практически без достоверной степени обобщения. Проведенные нами исследования по определению рационального сочетания геометрических параметров и режимов работы турбулентных смесителей приводят к следующим результатам:

1) объем приготавливаемой смеси в турбулентном смесителе без отражательных перегородок разделен на две концентрические зоны цилиндрической поверхностью с радиусом, соответствующим радиусу активатора, что негативно влияет на однородность смеси в объеме смесителя;

2) увеличение скорости вращения активатора от 650 до 1000 об/мин ведет к резкому снижению воздухововлечения пенобетонной смеси. Целесообразно применять скорость вращения активатора от 500 до 650 об/мин.;

3) форма и тип активатора существенно влияют на энергоемкость процесса и качество приготавливаемого пенобетона. Смеситель с лопастным перфорированным активатором оказался наиболее эффективным;

4) смесители с конической частью менее энергоемки чем смесители цилиндрические с плоским или эллипсовидным дном. Наиболее целесообразным является угол наклона конусной части по отношению к оси смесителя $\alpha = 60^0-70^0$;

5) наиболее целесообразный угол наклона лопастей активатора для удержания частиц вяжущего и заполнителя в объеме пенобетонной смеси в процессе перемешивания составляет 45^0 ;

6) смеситель с отражательными перегородками $b=0,12...0,14D$ (b – ширина перегородок, D – диаметр аппарата) менее эффективен при приготовлении пенобетонных смесей, чем смеситель с $b = 0,05...0,08D$. Целесообразно принять смеситель с $b = 0,06D$.

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
**ПОЛИМЕРНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО
ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА И МОДИФИЦИРОВАННОЙ ЗОЛЫ ТЕПЛОВЫХ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

Аннотация. Разработаны состав и технология полимерного композиционного материала (ПКМ), в котором в качестве связующего вещества использован полимер на основе вторичного полиэтилентерефталата, получаемый переработкой твёрдых бытовых отходов (ПЭТФ-тара), а наполнителем служит крупнотоннажный отход промышленности – химически модифицированная зола тепловых электростанций (ТЭС).

Ключевые слова: полимерный композиционный материал, зола тепловых электростанций, кислотно-основные свойства, степень кристалличности

Основными преимуществами полимерных композиционных материалов (ПКМ) являются высокая прочность и жёсткость, повышенная усталостная прочность, коррозионная стойкость, в сочетании с низкой средней плотностью. Это достигается, как правило, за счёт рационального соотношения полимерной матрицы и структурирующего наполнителя. Использование золошлаковых отходов ТЭС в качестве наполнителя матрицы из термопластичного полимера привлекает в последнее время повышенное внимание исследователей, что обусловлено доступностью, дешевизной и, как результат, низкой стоимостью композита – с одной стороны, а также возможностью регулирования физико-механических и эксплуатационных свойств ПКМ – с другой. Кроме того, все большее значение приобретает проблема утилизации и рационального использования бытовых полимерных отходов, в частности, полиэтилентерефталатного пластика, объёмы которого на свалках стремительно растут.

Выполнено теоретическое и экспериментальное обоснование получения полимерного композиционного материала с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами за счёт усиления адгезионного межфазного взаимодействия в композите при использовании метода кислотного модифицирования поверхности наполнителя (зола гидроудаления ТЭС).

Результаты рентгенофазового анализа свидетельствуют о существенном влиянии золы на надмолекулярную структуру ВПЭТФ, в частности, об увеличении степени кристалличности при наполнении ВПЭТФ модифицированной золой на 24,39 % в сравнении с ненаполненным полимером.

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ БИТУМОПОЛИМЕРНЫХ ВЯЖУЩИХ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ХРАНЕНИИ

Аннотация. Представлены данные исследования стабильности при технологическом хранении битумополимерных вяжущих на основе дивинил-стирольного сополимера и этиленглицидилметакрилата.

Ключевые слова: битумополимерное вяжущее, стабильность, пенетрация, температура размягчения, эластичность

Отдельной проблемой технологии производства и применения битумов, модифицированных полимерами является потеря ими стабильности при длительном хранении при технологических температурах. Это обусловлено разной плотностью битумов и полимеров, различными значениями параметров их растворимости, высокой концентрацией полимера, а также высокой избирательной растворимостью полимеров в углеводородной среде (маслах) битумов.

Задачей данной работы было исследование стабильности ряда битумополимеров. Испытание на стабильность включает в себя оценку разницы значений пенетрации, температуры размягчения и эластичности вяжущего в нижнем и верхнем слоях сосуда после прогрева в течение 24 ч. при температуре $(180 \pm 5)^\circ\text{C}$, по отношению к среднему значению этих показателей, выраженная в процентах.

Наибольшую устойчивость против расслоения модифицированных вяжущих обеспечивает терполимер этиленглицидилметакрилат и дивинил-стирольный сополимер, структурированный технической серой. При содержании последнего, отклонение показателей вяжущего из верхнего и нижнего слоев, в среднем, составляет: для пенетрации – 50%, температуры размягчения – 37%, эластичности – 17%. Для вяжущего с 2% Элвалой АМ эти показатели равны: по пенетрации – 28%; температуре размягчения – 4%; по эластичности 10%. Повышение содержания полимера приводит к увеличению расслоения системы. Если БМП с 1,5% ДСТ 30-01 практически не расслаивается, то расслаиваемость БМП с 5% этого полимера составляет: по пенетрации 120%; по температуре размягчения 54%; по эластичности 56%. Это объясняется большей адсорбцией масел из битума и образованием полимерномасляной системы в верхней части сосуда. Устойчивость против расслаивания растет при использовании в качестве матрицы вяжущего с большим содержанием масел и малым содержанием асфальтенов. Как правило, это соответствует вяжущим с низкой вязкостью, или большой пенетрацией. Наиболее устойчив против расслоения вяжущее на основе БНД 90/130 и 3% ДСТ 30-01. В таком случае большой объем низкомолекулярных углеводородов обеспечивает равномерное распределение полимера в дисперсионной среде, а малое содержание асфальтенов снижает вероятность процесса седиментации.

Анализ представленных данных по расслоению показывают, что наиболее высокой стабильностью обладают полимерно-битумные вяжущие, модифицированные 2 % Элвалой АМ и 3% ДСТ 30-01, структурированные 30% техн. серой. Стабильность битумополимерных вяжущих зависит от консистентности исходного битума и снижается с применением битумов меньшей пенетрации.

О.Б. Конев

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
**ШЛАКОЩЕЛОЧНЫЕ БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ ЗАВОДА «ДОНЕЦКСТАЛЬ»**

Аннотация. Представлены результаты исследований свойств шлакощелочных бетонов на основе песчано-щебенистой смеси фракции 0-8(10) мм. завода «Донецксталь» и промышленного жидкого стекла.

Ключевые слова: сталеплавильный шлак, доменный отвальный шлак, промышленное жидкое стекло, шлакощелочной бетон

Бетон и железобетон являются определяющими строительными материалами. Их мировое ежегодное потребление составляет 7-8 млрд. кубометров.

Основным вяжущим в бетонах является портландцемент и его разновидности. Производство портландцемента является одним из самых энергоемких. Так, для обжига одной тонны портландцементного клинкера, содержание которого в портландцементе составляет 95-100% по массе, расходуется около 180-200 м³ природного газа (около 6500-7500 МДж энергии). При этом в воздушное пространство выбрасывается до 1,2 тонны углекислого газа, что существенно загрязняет окружающую среду, является основным фактором, усиливающим парниковый эффект атмосферы. Поэтому основной тенденцией прогресса технологии цементов является разработка и применение цементных композиций с минимальным содержанием клинкера за счет замены его природными добавками или техногенными материалами, не требующими энергозатрат.

Максимально отвечают указанной тенденции шлакощелочные вяжущие, в которые, обычно, вводится 0-2% портландцементного клинкера. Идея создания и основополагающие теоретические обоснования природы вяжущих свойств шлакощелочных вяжущих и бетонов принадлежат В.Д. Глуховскому.

При этом, например, на заводе «Донецксталь», образуется значительное количество песчано-щебенистой смеси фракции 0-8(10) мм, которая пользуется незначительным спросом у потребителей, в немалой степени из-за значительного, до 40%, содержания пылевидной фракции менее 0,16 мм. Образовалась эта фракция в результате силикатного распада высокоосновных мартеновского и электросталеплавильного шлаков и состоит, в основном, из $\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$.

В ДОННАСА были проведены исследования по разработке шлакощелочных бетонов на жидком стекле и песчано-щебенистой смеси фракции 0-8(10) мм. завода «Донецксталь» методом полусухого прессования и виброформования. По полученным данным получены бесцементные мелкозернистые бетоны марок 100 – 200 для формирования мелкоштучных изделий (кирпич, дорожная плитка, шлакоблок).

Себестоимость 1 м³ бесцементного шлакобетона на 20-30% ниже, чем аналогичных бетонов на основе портландцемента.

Разработанная технология может быть использована для опытно-промышленного внедрения.

Д.С. Коваленко, С.В. Сороканич

ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени В. Даля», Институт
строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА С РАСШИРЯЮЩЕЙ ДОБАВКОЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДА ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. В работе исследовалось влияние комплексного модификатора на основе расширяющей добавки из отхода промышленности, микрокремнезема и поликарбоксилатного суперпластификатора на эксплуатационные свойства бетона.

Ключевые слова: усадка, расширяющие добавки, шамотно-каолиновая пыль, подвижность смеси, прочность, водонепроницаемость, морозостойкость

Одной из наиболее сложных проблем в технологии бетона является задача предотвращения отрицательных последствий усадочных деформаций в бетонных и железобетонных конструкциях, особенно со значительной площадью, например, дорожные одежды, покрытие аэродромов, промышленные полы и прочее. Среди многих способов снижения усадочных деформаций, можно выделить наиболее эффективные три метода: осуществление качественного и своевременного влажностного ухода за бетонными конструкциями; компенсация усадки с помощью расширяющих добавок; уменьшение усадки за счет введения специальных химических добавок на основе гликолей – Shrinkage Reducing Admixtures (SRA). Производство расширяющихся цементов и добавок в Донбасском регионе отсутствует и наиболее перспективным вариантом в нынешней ситуации является создание расширяющих добавок из местного сырья.

Целью исследования являлось – изучение влияния комплексного модификатора, включающего в себя расширяющую добавку на основе отхода промышленности, микрокремнезема и поликарбоксилатного суперпластификатора на эксплуатационные свойства тяжелого цементного бетона.

Для исследований были выбраны сульфоалюминатная и оксидноалюминатная расширяющие добавки. В качестве алюминатного компонента вводили шамотно-каолиновую пыль, в качестве сульфатного – гипс, а в качестве оксидного применяли известь.

Исходя из полученных экспериментальных исследований установлено, что введение расширяющего компонента на сульфоалюминатной и оксидноалюминатной основе повышает проектную прочность бетона при сжатии на 3,3...16,2% и в возрасте 90 суток на 24,8...37,8%. Также, отмечается негативное влияние добавки SRA на прочность всех составов, понижая её на 5...31% в раннем возрасте и на 5,5-9% в возрасте 28 суток нормального твердения.

Установлено, что введение расширяющих добавок снижает величину деформации усадки за счёт проявляющегося процесса расширения, вызванного повышенным образованием этtringита в раннем возрасте твердения. По сравнению с контрольным составом (-0,70 мм/м) применение расширяющей добавки СА снижает усадку в возрасте 120 суток на 41,4% (-0,41 мм/м), а введение добавки ОА – на 44,3% (-0,39 мм/м).

Применение сульфоалюминатных или оксидноалюминатных расширяющих добавок повышает марку бетона по водонепроницаемости с W2 до W6 и морозостойкости с F150 до F300.

Д.Г. Малинин, А. Н. Ефремов

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
**БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИЕ ПЕНОБЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ШЛАКОЩЕЛОЧНОГО
ВЯЖУЩЕГО**

Аннотация. Представлены результаты исследований влияния силикатного модуля и плотности раствора жидкого стекла на реологические и физико-механические свойства неавтоклавного пенобетона.

Ключевые слова: неавтоклавный пенобетон, шлакощелочное вяжущее, жидкое стекло

Анализ научных трудов за последние 20 лет показал, что интерес отечественных и зарубежных исследователей, занимающихся ячеистыми бетонами, был направлен преимущественно в сторону автоклавного способа производства ячеистого бетона. Тогда как неавтоклавный пенобетон, уступая первому по прочностным и деформативным показателям, оставался долгое время в стороне.

Интерес к неавтоклавным ячеистым бетонам в последнее десятилетие увеличивается из-за более низких экономических затрат на их производство, обусловленных пониженной, по сравнению с автоклавной технологией, металлоемкостью оборудования и затратами энергии на тепловую обработку изделий.

Пенобетон благодаря более стабильному и контролируемому способу поризации имеет закрытую структуру пористости. Изолированные друг от друга ячейки обеспечивают материал более низким показателем водопоглощения, что способствует повышению теплозащитных свойств и морозостойкости материала.

Технология неавтоклавного пенобетона имеет существенный недостаток – довольно длительная выдержка массива перед тепловлажностной обработкой. Вызвано это слишком медленным набором структурной прочности материала в первые часы после затворения портландцемента водой. Время набора необходимой несущей способности твердой фазы иногда превышает и устойчивость пены, что приводит к осадке массива и повышению средней плотности изделий. Наряду с этим неавтоклавный пенобетон имеет высокие показатели усадочных деформаций (3-5 мм/м), что существенно сокращает область его применения.

На основании вышеуказанных и актуальных проблем в технологии неавтоклавного пенобетона **целью исследования** стала разработка составов быстротвердеющего неавтоклавного пенобетона на шлакощелочном вяжущем с технологическими и эксплуатационными свойствами, приближенными к автоклавным ячеистым бетонам.

Использование шлакощелочного вяжущего позволит полностью отказаться от использования портландцемента в составе и благодаря высокой активности шлака на ранней стадии твердения ускорит набор структурной прочности и повысит прочностные показатели.

По результатам исследований получены марки неавтоклавного пенобетона D500-D800.

На основании проведенных испытаний установлено, что увеличение силикатного модуля (M_s) жидкого стекла с 1,0 до 2,0 и плотности раствора с 1,2 г/см³ до 1,3 г/см³ позволяет: достичь оптимальных для технологии неавтоклавного пенобетона сроков схватывания, ускорить в 2,5 раза набор пластической прочности пенобетонного сырца и повысить прочность при сжатии пропаренного пенобетона на 10-20% по сравнению с аналогичным пенобетоном на портландцементе.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСАДОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПЕНОБЕТОНОВ НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

Аннотация. Разработаны составы пенобетонов неавтоклавного твердения из смесей с низким водотвердым отношением (В/Т) с марками по плотности D600, D500 и D400. Определены их усадочные деформации, в том числе после тепловлажностной обработки (ТВО).

Ключевые слова: пенобетон, деформации усадки, плотность, пенообразователь, водотвердое отношение

Одним из недостатков пенобетона являются большие усадочные деформации. Отсутствие крупных заполнителей приводит к усадке пенобетона в 4–10 раз по сравнению с обычным тяжелым бетоном. На усадку при высыхании влияет множество факторов, таких как плотность пенобетона, пенообразователь, заполнитель, наличие химических добавок, а также условия твердения.

Усадочные деформации пенобетонов определены по ГОСТ 25485-2019 «Бетоны ячеистые. Общие технические условия» на образцах-балочках 4х4х16 см. Для исследования использован индикатор часового типа, установленный на штатив. ТВО пенобетона выполнялась при температуре 85°C по режиму 2+8+2 после предварительной выдержки не менее 8 часов.

В качестве сырьевых материалов использовались: цемент ЦЕМ-I 42,5 Н (Ц), зола-унос Зуевской ТЭС (ЗУ), водоредуцирующая добавка «Хемикс Art-2» (Хемикс), ускоритель твердения Na₂SO₄ (СН), белковый пенообразователь «Эталон» (ПО).

Разработанные составы неавтоклавного пенобетона из смесей с низким водотвердым отношением позволяют получить теплоизоляционные и конструкционно-теплоизоляционные изделия с маркой по плотности от D400 до D600 (таблица).

Таблица 1. Составы неавтоклавных пенобетонов на 1 м³

№п/п	Характеристика состава	В/Т	Ц, кг	ЗУ, кг	Хемикс Art-2, кг	СН, кг	ПО, кг
1	50%Ц+50%ЗУ+1,1% Хемикс+1%СН (D600)	0,35	261	261	2,87	2,61	1,0
2	67%Ц+33%ЗУ+1,1% Хемикс+1%СН (D500)	0,40	300	150	3,3	3,0	1,2
3	86%Ц+14%ЗУ+1,1% Хемикс+1%СН (D400)	0,48	310	50	3,41	3,10	1,3

Максимальные деформации усадки характерны для бетонов нормального твердения. Минимальное значение усадки наблюдается у состава №1, которое составляет 0,82 мм/м., у состава №2 – 1,4 мм/м, у состава №3 – 2,4 мм/м соответственно. Образцы пенобетона, подвергнутые ТВО имеют более низкую усадку: для состава №1 – 0,65 мм/м, для состава №2 – 1,05 мм/м, для состава №3 – 1,92 мм/м.

Пенобетон из смесей с низким водотвердым отношением за счет наличия добавок-регуляторов в своем составе имеет более плотную структуру перегородок с большим количеством замкнутых пор, а при такой структуре сближение кристаллов при испарении влаги из гидратных оболочек происходит значительно медленнее, процесс гидратации цемента происходит интенсивнее. Значения усадочных деформаций пенобетона снижаются с увеличением средней плотности и не превышают нормативных требований 3 мм/м по ГОСТ 25485-2019.

БЕТОНЫ С ЗОЛОЙ-УНОСОМ ТЭС, ОБРАБОТАННОЙ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Аннотация. В работе представлены результаты исследования бетонной смеси и бетона с обогащённой золой и пластифицирующей добавкой на основе наноструктурированного углерода.

Ключевые слова: тяжелый бетон, зола-уноса ТЭС, обогащение, электростатическое поле, потери при прокаливании

Зола-уноса является побочным продуктом, который образуется на тепловых электростанциях при сжигании пылевидного угля. Частицы золы-уноса имеют широкий диапазон распределения частиц по размерам – от молекулярных кластеров диаметром 2 нм до частиц диаметром около 100 мкм. Частицы размером более 1 мкм в основном содержат несгоревшие материалы (ППП). При этом было отмечено, что потери при прокаливании повышаются с увеличением размеров частиц золы-уноса. В последние годы исследованы различные способы обогащения золы-уноса. Однако способ электростатической сепарации имеет наибольшее практическое значение, который может обеспечить получение низкоуглеродистого продукта, представляющего ценность как минеральной добавки и отвечающего техническим требованиям для замены цемента в бетоне. Этот эффект имеет первостепенное значение, когда обогащённая зола-уноса используется в бетоне с высоким содержанием золы-уноса (более 50 % золы-уноса по массе от общего количества вяжущих материалов). Несмотря на то, что такой бетон может быть спроектирован и изготовлен в соответствии с требованиями по прочности в 28-суточном возрасте и часто превышает долговечность обычных бетонов, остаётся нерешённой проблема относительно длительного удлинения сроков схватывания и процесса набора прочности в раннем возрасте твердения. Для устранения этих проблем научными коллективами предложены различные решения, так белорусскими учёными разработана пластифицирующая добавка на основе наноструктурированного углерода.

Таблица 1. Состав бетонных смесей и результаты экспериментов

Образец	Состав, кг/м ³								S, мм	R _{сж} , МПа	
	ПЦ	З	Щ	П	Д ₁ , л	Д ₂ , л	В/В	ВВ, %		7	28
К	500	0	1080	605	0	0	0,40	1,14	5,5	29,3	48,4
А-4-3	275	225	920	719	5,0	3,5	0,28	5,88	7,3	31,7	53,8
К-2-1	275	225	946	740	5,0	3,5	0,28	4,13	6,4	22,6	45,2
И	275	225	954	747	5,0	3,5	0,28	3,56	5,2	20,5	41,4

Примечание: К – контрольный бетон; А-4-3 – бетон с золой с анода и ячеек 4-3 бункера трибоэлектростатического сепаратора; К-2-1 – бетон с золой с катода и ячеек 2-1; И – бетон с исходной золой; Д₁ – «АРТ Конкрет-К»; Д₂ – SikaAer[®]PRO-100 ВВД; ВВ – вовлечённый воздух; S – консистенция бетона (подвижность); R_{сж} – прочность бетона при сжатии.

Из данных таблицы видно, что бетонные смеси с одинаковым содержанием исходной золы (И) и золы, отобранной из разных зон электростатического сепаратора (А-4-3 и К-2-1), обладают различными показателями, в частности по содержанию воздуха и подвижности. Очевидно, что образец А-4-3, содержащий обогащённую золу с ППП 2,52 %, имеет самые высокие значения. Кроме того, повышенное содержание ППП отрицательно сказывается на подвижности бетонных смесей.

Образец бетона, содержащий обогащённую золу (А-4-3) и пластифицирующую добавку на основе наноструктурированного углерода, показал высокую скорость набора прочности: 31,7 МПа (прирост 8,2 % в сравнении с контрольным образцом) уже через 7 суток твердения и 53,8 МПа (Δ=11,2 %) через 28 суток.

А.Н. Ефремов, Д.Ю. Букина, А.С. Лыков

**ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
СВОЙСТВА БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ЩЕЛОЧНЫХ ШЛАКОЗОЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ
(ГЕОПОЛИМЕРОВ)**

Аннотация. Получены щелочные алюмосиликатные вяжущие и бетоны на основе золошлаковых отходов ТЭС путем установления закономерностей влияния их вида (зола, шлак) и плотности ЩК на процессы синтеза прочности при различных условиях твердения.

Ключевые слова: щелочные вяжущие (геополимеры) и бетоны, условия твердения, прочность при сжатии, морозостойкость

Одним из основных отходов промышленности Донбасса являются золошлаковые отходы тепловых электростанций (ТЭС), утилизация которых не превышает 2-4%. Новым направлением широкого применения зол и шлаков ТЭС может стать производство бетонов на основе щелочных цементов (аналоги шлакощелочных). Расход золошлаков в них может достигать 98,5%.

Основным структурообразующим соединением этих цементов являются щелочные гидроалюмосиликаты – аналоги природных цеолитов. Их синтез происходит при взаимодействии раствора щелочного компонента (ЩК) с дисперсными стеклообразными алюмосиликатами.

Анализ рентгенограмм шлака и золы показал, что шлаковая составляющая практически полностью аморфизирована. В золе присутствует значительное количество кристаллических фаз. Причем глинозем в ней находится в виде кристаллического муллита, плохо растворимого в щелочных водных растворах.

Результаты сравнительного исследования зависимости активности вяжущих от вида отхода, концентрации раствора щелочи свидетельствуют о низкой активности вяжущих при твердении в нормальных условиях. При пропаривании происходит существенный рост активности вяжущих, особенно шлаковых. Наибольшую активность оба вида вяжущих проявляют при автоклавной обработке. По сравнению с пропаренными образцами она возрастает в 1,5-2 раза, до 20-27 МПа на основе золы и до 45-60 МПа на основе шлака.

Исследование влияния длительности ТВО показало, что наиболее существенный рост прочности камня вяжущих наблюдается при увеличении длительности изотермического прогрева как при пропаривании, так и автоклавировании до 6-8 часов.:

При оптимальной концентрации раствора щелочи – 1,25 г/см³ и оптимальной длительности изотермического пропаривания активность вяжущих на шлаке в 2,5-3,5 раза превышает активность зольных композиций.

Исследования влияния давления пара при автоклавировании показали, что наибольший рост прочности и зольных, и шлаковых составов наблюдается при подъеме давления до 0,6-0,8 МПа.

Установлено, что, независимо от способа формования и вида тепловлажностной обработки, с увеличением расхода молотого шлака прочность автоклавных шлакобетонов растет практически прямо пропорционально. С увеличением номинального расхода молотого шлака ТЭС с 250 до 550 кг/м³ прочность виброформованного бетона возрастает с 16,4 до 34,5 МПа, прессованного – с 12,6 до 28,2 МПа. Прочность аналогичных по составу пропаренных бетонов значительно ниже: виброформованных – 3,3–15,1, прессованных - 8,3-13,5 МПа.

Проведены сравнительные исследования морозостойкости аналогичных составов портландцементного и щелочных бетонов. Установлено, что пропаренные и особенно автоклавированные щелочные бетоны после 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания не теряют прочность при сжатии. Для сравнения, портландцементный бетон аналогичного состава выдерживает 75 циклов.

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ
 СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Аннотация. Целью работы является обозначить суть концептуального подхода к проблеме улучшения качества строительных материалов и привести результаты работы студентов по определению величины адсорбции суперпластификаторов C-3, Woerment, Marei на минералах портландцементного клинкера C_3A и $\beta-C_2S$.

Ключевые слова: концептуальный подход, качество строительных материалов, суперпластификаторы, адсорбция

Современные проблемы улучшения качества строительных материалов могут быть разрешены только на концептуально новом уровне, т.е. с использованием комплексного подхода в экономических, экологических аспектах, проведении научных исследований, организации сотворчества крупных коллективов, в частности: ведущей кафедры и кафедр естественных наук, профессорско-преподавательского состава, аспирантов, магистров, студентов. У истоков такового подхода стоят проф. Матвиенко В.А., и проф. Зайченко Н.М.

Так, в работах ученых ДОННАСА отражены многие прогрессивные научные направления, связанные с производством строительных материалов и созданием новых технологий с механо-химической и электрической активацией вяжущих, их дисперсностью, с использованием различных заполнителей и наполнителей, изучением различных суперпластификаторов и определением величины их адсорбции, изучением различных направлений механической, физической, химической модификации бетонов, использованием электрического поля для активации поверхностных свойств минеральных отходов промышленности и многих других направлений, призванных обеспечить полную управляемость процессами структурообразования в бетонных смесях, что является главной предпосылкой улучшения качества бетона. В качестве примера можно привести одну из студенческих работ по определению величины адсорбции добавок на первичных продуктах гидратации цемента, являющейся обязательной стадией в процессе пластификации бетонных смесей, во многом определяющей свойства бетона: от того, какие именно компоненты суперпластификатора окажутся связанными твердой фазой, зависят кинетика коллоидно-химических процессов и физико-механические свойства конечного материала, а вид суперпластификатора и метод перемешивания изменяют текучесть бетонной смеси. При совместной работе кафедр строительных материалов и химии студентами в ходе эксперимента была изучена адсорбция 1-но процентного раствора добавок суперпластификаторов: C-3, Woerment, Marei на минералах портландцементного клинкера C_3A и $\beta-C_2S$. Результаты определения приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты определения величины адсорбции (Γ) 1-но процентных растворов суперпластификаторов: C-3, Woerment, Marei на минералах портландцементного клинкера C_3A $\beta-C_2S$.

Суперпластификатор	Γ , мг/л	
	C_3A	$\beta-C_2S$
C-3	40,9	6,0
Woerment	10,0	2,6
Marei	15,0	3,1

Величина адсорбции суперпластификаторов на минерале $\beta-C_2S$ (отрицательный заряд поверхности) существенно меньше, чем на минерале C_3A (положительный заряд поверхности), что связано со специфической адсорбцией анионных полиэлектролитов на противоположно заряженной поверхности твердой фазы.

**УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В ТЕХНОЛОГИИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Аннотация. Рассмотрена возможность утилизации осадков сточных вод, образующихся на канализационных очистных станциях, в качестве сырья при производстве керамзитового гравия.

Ключевые слова: осадки сточных вод, керамзит

Основной целью эксплуатации канализационных очистных сооружений является защита природных водных объектов от загрязнения сточными водами хозяйственно-бытового, промышленного и смешанного происхождения. Очистка сточных вод имеет негативную сторону, а именно образование больших объёмов осадков сточных вод (ОСВ) на стадии механической и биологической очистки. Осадки сточных вод представляют собой крупные загрязнения, задерживаемые решётками, осадок из песколовок, сырой осадок, выпадающий в первичных отстойниках и отработанный активный ил или биоплёнку, образующиеся в сооружениях биохимической очистки (БХО). Твёрдая фракция сырого осадка состоит из органических и минеральных веществ, а отработанный активный ил представлен комплексом микроорганизмов, участвовавших в процессе БХО.

Несмотря на то, что осадки сточных вод относят к малоопасным отходам (IV класс), последствия их хранения в местах удаления отходов создают экологические, экономические и социальные проблемы. В то же время переработка и использование накопленных техногенных отходов, в том числе осадков сточных вод или золы после их сжигания при кооперировании со строительной индустрией, позволяют быстро получить реальные экономические и социально-экологические результаты при минимальных затратах.

Примером утилизации осадков сточных вод может служить технология производства керамзитового гравия с использованием техногенных глиносодержащих пород. Сущность технологии получения суперлёгкого керамзита состоит в том, чтобы утилизировать, а затем заставить работать все негативные примеси двух техногенных отходов глиносодержащей породы и осадка сточных вод в обжиговой технологии для получения низкотеплопроводного керамзита. В основе процессов получения искусственных экологически чистых пористых заполнителей нового поколения лежат высокотемпературные процессы обжига со вспучиванием при пониженном до 1080-1020°C диапазоне температур, активным использованием всех компонентов техногенных отходов: органических и минеральных примесей, солей металлов, в том числе тяжёлых, а также ПАВ и прочих примесей.

Для получения керамзита оптимальный состав смеси содержит 25% механически обезвоженного с коагулянтами осадка при оптимальных технологических параметрах: увеличение до 10 мин., времени изотермической выдержки, снижение температуры на 90-150°C т. е. с 1250°C до 1020-1050°C и многоплановом воздействии примесей, содержащихся в осадке. Весьма важно, что при этом возможно получение пористого заполнителя с пористостью, возросшей до 81-90%, минимальными значениями насыпной плотности, характерным для марок М150-250 водопоглощением менее 10%, достигнутым благодаря замкнутым порам, значительно сниженному до 0,132 коэффициенту насыщения пор водой, морозостойкостью в пределах 50-75 циклов, сверхнизкими значениями теплопроводности 0,076-0,079 Вт/°С, при допустимой прочности 2,11-2,16 МПа.

Энергоёмкость процесса получения керамзита из шихт нетрадиционного состава искусственно снижена на 20-25% по сравнению со среднеотраслевой. Рекомендательный способ утилизации осадка отвечает экологическим и технологическим требованиям безотходных и малоотходных производств.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ И СВОЙСТВ БЕТОНА ПРИ ВВЕДЕНИИ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОЙ ДОБАВКИ «ПЕНЕТРОН АДМИКС»

Аннотация. Приведен анализ влияния добавки «Пенетрон Адмикс» на формирование структуры цементного камня. Рассмотрено влияние разработанной специалистами ГК «Пенетрон-Россия» добавки, вносимой в бетонную смесь на стадии ее приготовления, которая, при наличии в затвердевшей структуре бетона усадочных и силовых трещин, а также свободной воды, активно включает процесс образования новых кристаллов, заполняющих свободные объемы между частицами бетона.

Ключевые слова: микроструктура, цементный камень, добавка «Пенетрон Адмикс», водонепроницаемость

На показатель водонепроницаемости бетона оказывает влияние большое количество факторов. Данное свойство определяется специфичной капиллярно-пористой структурой материала. Как известно, повысить водонепроницаемость бетона можно введением специальных добавок в бетонную смесь. Для решения возникшей проблемы специалистами ГК «Пенетрон-Россия» (г. Екатеринбург, Российская Федерация) разработана вносимая в бетонную смесь на стадии приготовления гидроизоляционная добавка «Пенетрон Адмикс».

Основными новообразованиями при гидратации цементного камня являются гидросиликаты кальция тоберморитоподобной структуры, гидроксид кальция, эттрингит, непрогидратированные клинкерные минералы. В цементном камне с добавкой «Пенетрон Адмикс» также обнаружены гидрокарбоалюминаты и кальцит, образовавшийся при карбонизации продуктов гидратации цементного камня.

Открытая пористость для цементного камня без добавки в возрасте от 14 до 360 сут изменяется от 17,2 до 7,83 % соответственно, а для цементного камня с добавкой — от 10,1 до 3,57 %, т. е. меньше, чем у цементного камня без добавки, на 7,1 и 4,26 % соответственно.

Исследования показали, что в цементном камне без добавок продукты гидратации в виде пластинок, чешуек, волокон, иглообразных кристаллов имеют небольшие размеры, располагаются на поверхности цементных зерен, где плотно укладываются в слоистые структуры, практически не влияя на степень заполнения трещин между зёрнами цемента. При введении добавки «Пенетрон Адмикс» основное заполнение пор и капилляров осуществляется разрыхленным тоберморитовым гелем. Добавка изменяет структуру тоберморитового геля, способствует увеличению сечения пластинок, которые его формируют, увеличивает расстояние между пластинками, изменяет направление развития соседних пластинок, заставляя их раскрываться веером.

Также было установлено, что в течение 43 месяцев водонепроницаемость бетона с добавкой «Пенетрон Адмикс» в количестве 1 % от массы цемента сохраняла этот параметр на первоначальном уровне. Под воздействием внешней воды водонепроницаемость бетона с гидроизоляционной добавкой возросла с W6 до W20.

В нормальных силовых трещинах, возникающих в изгибаемых железобетонных конструкциях, выполненных из бетона с применением гидроизоляционной добавки, при воздействии воды происходит «самозалечивание» трещин (образование в пространстве между берегами трещин системы кристаллогидратов дендритной формы), что увеличило водонепроницаемость бетонных образцов с «самозалеченными» трещинами до W20.

Таким образом, использование гидроизоляционных добавок ГК «Пенетрон», на сегодняшний день является одним из эффективных способов повышения как водонепроницаемости бетона, так и других его свойств.

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО МОДИФИКАТОРА НА СВОЙСТВА НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

Аннотация. Приведены экспериментальные исследования положительного влияния химического модификатора ALS 2471 на физико-механические свойства неавтоклавного газобетона.

Ключевые слова: неавтоклавный газобетон, модификатор, физико-механические свойства

Использование газобетонных изделий в качестве ограждающих конструкций обусловлено их энергоэффективными свойствами. Такими как, низкая средняя плотность и коэффициент теплопроводности, высокие звукоизоляционные показатели, что обеспечивается оптимальной пористой структуры.

Прочность газобетона зависит от прочности межпоровых перегородок. Одни из способов увеличения прочности достигается за счет увеличения удельной поверхности вяжущего и заполнителя, а также за счет введения органических и химических модификаторов.

Введение в газобетонную смесь химического модификатора – ALS 2471 обеспечивает длительную сохранность подвижности смеси при формировании оптимальной структуры газобетона. Она достигается в балансе с набором определенных реологических свойств, прежде всего, пластической прочности при максимальном вспучивании смеси.

Эффективность модификатора определяется выбором его вида и оптимальной дозировки при определенных исходных компонентах смеси. Расход модификатора и его влияние на водотвердое (В/Т) отношения газобетонной смеси при постоянном диаметре по Суттарду и предел прочности на сжатие, представлен на рис. 1. С увеличением добавки в смеси снижается водотвердое отношение и увеличивается прочность. При этом в образце газобетона с содержанием добавки 0,9%, наблюдается снижение прочности, что связано с разупрочнением межпоровой перегородки.

Образцы газобетона с расходом модификатора ALS 2471 и водотвердым отношением 0,32 обеспечивают предел прочности при сжатии после тепловлажностной обработки ($R_{сж}=2,41$ МПа) марки по средней плотности Д600, что соответствует современным требованиям.

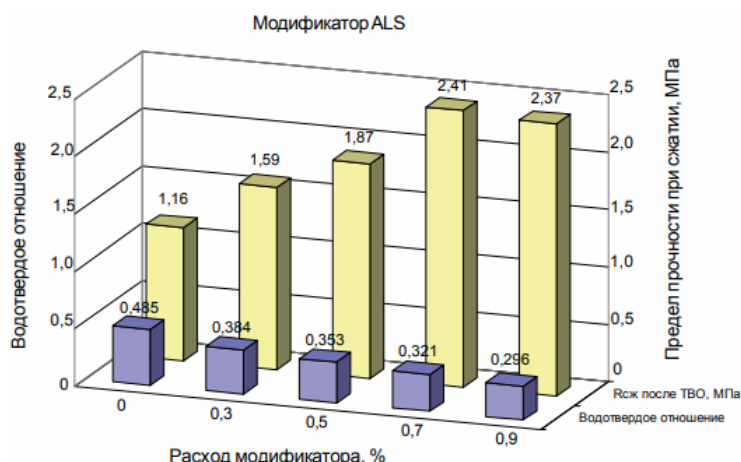


Рисунок 1. График зависимости предела прочности при сжатии газобетонных образцов от водотвердого отношения с различным расходом модификатора.

МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ ЦЕМЕНТНЫЙ БЕТОН С ПУЦЦОЛАНОВОЙ ДОБАВКОЙ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Аннотация. Исследован индекс пуццолановой активности минеральной добавки природного происхождения в виде вулканического туфа. Выполнена оптимизация состава мелкозернистого бетона по критерию прочности при сжатии.

Ключевые слова: минеральная добавка, индекс пуццолановой активности, оптимизация состава

Минеральные добавки являются неотъемлемым компонентом современных бетонов. Их применение позволяет снизить содержание клинкерного цемента, модифицировать состав новообразований камня вяжущего, повысить плотность структуры, и, как следствие, прочность, долговечность и стойкость бетона в агрессивных условиях эксплуатации.

Минеральные добавки представляют собой тонкоизмельчённые материалы, которые состоят из частиц, имеющих в подавляющем большинстве случаев неправильную геометрическую форму, и, как правило, являются полидисперсными системами. Дозировка минеральных добавок в бетон составляет обычно 15-20 % и выше от массы портландцемента. В настоящее время источником минеральных добавок для бетонов в основном являются побочные отходы промышленности – в регионах с развитой производственной инфраструктурой. С другой стороны, в регионах, богатых нерудными полезными ископаемыми, широко применяют минеральные добавки природного происхождения.

В соответствии с ACI 116R Cement and Concrete Terminology кремнезёмсодержащие или кремнезёмсодержащие и глинозёмсодержащие материалы, которые сами по себе проявляют слабые или отсутствующие вяжущие свойства, но в тонкодисперсной форме и в присутствии влаги химически реагируют с гидроксидом кальция при обычных температурах с образованием соединений, обладающих вяжущими свойствами – относятся к пуццолановым материалам. При этом природные пуццолановые материалы (вулканическое стекло, вулканический туф, кальцинированная глина или сланец, первичный или кальцинированный опаловый кремнезём) относятся к классу “N”.

В исследовании использован природный пуццолановый материал в виде вулканического туфа Юго-Осетинского месторождения следующего химического состава, % мас.: SiO₂ – 50,80; Al₂O₃ – 16,80; Fe₂O₃ – 7,21; CaO – 9,55; MgO – 4,94; SO₃ – 0,08; K₂O – 0,98; Na₂O – 3,49; P₂O₅ – 0,72; TiO₂ – 1,45; ППП – 3,69. По химическому составу: сумма оксидов (SiO₂+Al₂O₃+Fe₂O₃ = 74,81) > 70 %, (SO₃ = 0,08) < 4 %, а также (ППП = 3,69) < 10 %, исследуемая добавка удовлетворяет требованиям, устанавливаемым ASTM C618 “Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete”.

При оптимизации состава вяжущего для мелкозернистого бетона приняты следующие факторы ПФЭ 2^k: X₁ – содержание природной пуццолановой добавки взамен части портландцемента – 15 ± 5 %; X₂ – водоцементное отношение цементного теста – 0,28 ± 0,02. Функции отклика: Y₁ – предел прочности при сжатии цементного камня в возрасте 28 суток, МПа; Y₂ – подвижность цементного теста, определяемая на встряхивающем столике.

Получены следующие уравнения регрессии:

$$Y_1(x_1, x_2) = 67,75 + 4,33 \cdot x_1 - 2,15 \cdot x_2 - 1,75 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (1)$$

$$Y_2(x_1, x_2) = 130 - 3 \cdot x_1 + 12,5 \cdot x_2 + 1,5 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (2)$$

Установлено, что минеральная добавка незначительно повышает водопотребность цементного теста, однако оказывает положительное влияние на прочность цементного камня и мелкозернистого бетона на его основе.

ВЫСОКОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ БЕТОНЫ С КОМПЕНСИРОВАННОЙ УСАДКОЙ

Аннотация. В работе представлен литературный анализ получения высокофункциональных бетонов, а также влияние комплекса химических и минеральных добавок на основные свойства бетонов.

Ключевые слова: высокофункциональный бетон, органоминеральные модификаторы, усадка

По определению, высококачественный бетон (High Performance Concrete) – это материал, который характеризуется требуемой удобоукладываемостью, высокой прочностью и долговечностью, низким водопоглощением и истираемостью, высокой морозостойкостью и газонепроницаемостью. Основными факторами получения высококачественных бетонов являются: применение высокоактивных цементов с нормированным минералогическим составом (содержание $C_3A \leq 8\%$), фракционированного щебня из прочных горных пород, классифицированного песка со стабильным гранулометрическим составом: $M_k = 2,5 \dots 3,2$; предельно низкое водоцементное отношение, обеспечивающее высокую начальную плотность структуры (применение супер-, гиперпластификаторов); применение тонкодисперсных активных минеральных добавок, модифицирующих состав цементного камня и контактной зоны на границе с заполнителем (кремнеземистая пыль и др.); точное дозирование составляющих бетонных смесей; тщательное перемешивание бетонных смесей в смесителях принудительного действия, вибросмесителях или смесителях-активаторах; выбор наиболее эффективных методов уплотнения бетонных смесей, при которых обеспечивается коэффициент уплотнения не ниже 0,99; создание наиболее благоприятных условий и режимов твердения бетона в конструкциях (уход за бетоном).

Следует отметить, что бетоны с низким водоцементным отношением, содержащие тонкодисперсные активные минеральные добавки (зола-унос, микрокремнезем и др.), имеют тенденцию к развитию трещинообразования вследствие усадки, особенно при отсутствии адекватного влажностного ухода при твердении. Причиной развития усадочных деформаций является напряжение в капиллярах, обусловленное обезвоживанием порового пространства бетона в процессе гидратации цемента.

Одним из важнейших условий минимизации усадки и трещинообразования бетона в раннем возрасте является правильный уход за бетоном, наряду с модификацией цемента, применением минеральных и химических добавок. В то же время рядом исследователей установлено положительное влияние тонкодисперсных минеральных наполнителей разнообразной природы на физико-механические свойства цементного камня, сформулированы теоретические основы влияния микронаполнителей на цементную матрицу. Основными физико-химическими процессами при этом являются: появление дополнительных центров кристаллизации; повышение поверхностной энергии мелкодисперсных частиц и реализация этой энергии в реакциях гидратации; более полная кристаллизация цементного вяжущего.

За последние десятилетия научными школами под руководством выдающихся отечественных и зарубежных ученых: Powers, T.C.; Jensen, O.M.; Bentz, D.P.; Geiker, M.R.; Lura, P.; Hoff, G.C.; Zhutovsky, S.; Ковлер К.; Фаликман В. и др. выполнены теоретические и экспериментальные исследования оптимизации процесса внутреннего ухода за бетоном. Специалистами международного комитета по уходу за бетоном RILEM предложена классификация способов ухода за бетоном, основанных на контроле его влажности, которая предусматривает как внешний (водный и безводный), так и внутренний (водный и безводный) уход.

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
**КОМПОЗИЦИОННЫЙ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ С ДОБАВКОЙ ТОНКОМОЛОТОГО
ИЗВЕСТНЯКА И МЕТАКАОЛИНА**

Аннотация. Исследовано совместное влияние минеральных добавок (тонкомолотый известняк и метакеолин) на раннюю и проектную прочность композиционного портландцемента и бетона на его основе.

Ключевые слова: минеральная добавка, известняк, метакеолин

В странах Западной Европы в составах бетонов широко используются минеральные добавки, которые можно отнести к относительно инертным наполнителям, в частности известняковая мука. Известняк, размолотый до удельной поверхности, близкой к портландцементу – 300-350 м²/кг, является слабо реакционноспособным материалом, который при взаимодействии с минералами портландцементного клинкера медленно образует монокарбоалюминатную фазу $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ (AF_{mc}). Применение ультрадисперсного известняка (удельная поверхность свыше 1000 м²/кг) обеспечивает ускорение сроков схватывания цементного теста и повышение ранней прочности камня вяжущего за счёт физического и химического факторов. При этом физический эффект микронаполнителя в виде известняка, который проявляется в повышении плотности упаковки дисперсных частиц, уплотнении контактной зоны вяжущего с заполнителем, а также в так называемом механизме зародышеобразования, может иметь более существенное влияние на свойства бетона, чем пуццолановый эффект.

Как отмечено выше, известняк, реагируя с минералами клинкера, содержащими оксид алюминия (трёхкальциевый алюминат и четырёхкальциевый алюмоферрит), образует карбоалюминаты, что увеличивает прочность цементного камня и уменьшает его пористость. Однако, существует оптимальное содержание известняка, соответствующее доступному количеству глинозёма в вяжущем. Добавление молотого доменного гранулированного шлака или термоактивированного каолина (метакеолин), богатых содержанием глинозёма, обеспечит возможность повышения содержания известняка, который может химически прореагировать в цементном камне. Это досказано ранее выполненным исследованием (Antoni, M., Rossen, J., Martirena, F., Scrivener, K), где показано, что частичная замена портландцемента бинарной минеральной добавкой в количестве 45 % (метакеолин 30 % и известняк 15 %) обеспечивает повышение механических свойств бетона в возрасте 7 и 28 суток. Результаты свидетельствуют, что карбонат кальция реагирует с глинозёмом из метакеолина, образуя дополнительные фазы AF_{mc}.

Для проведения экспериментов были использованы следующие материалы: каолин марки KB-1 по ТУ У 08.1-00190503-413:2016 Владимирского месторождения, Донецкой области – содержание Al₂O₃ не менее 39 %, Fe₂O₃ – не более 1,5 %; метакеолин, полученный обжигом каолина в муфельной печи при температуре 750°C в течение двух часов; известняк Комсомольского рудоуправления, Донецкая область, размолотый до удельной поверхности 655 м²/кг; портландцемент ЦЕМ I 42,5Н Амвросиевского цементного комбината.

При оптимизации состава композиционного портландцемента приняты следующие факторы ПФЭ 2^k: X₁ – суммарное содержание активной минеральной добавки (известняк + метакеолин) взамен части портландцемента, %; X₂ – содержание добавки метакеолина в комплексе активных минеральных добавок (известняк + метакеолин), %. Функции отклика: Y₁ – предел прочности при сжатии цементного камня в возрасте 2 суток, МПа; Y₂ – предел прочности при сжатии цементного камня в возрасте 28 суток, МПа. Установлено, что оптимальное содержание минеральных добавок обеспечивает как высокую раннюю, так и проектную прочность композиционного портландцемента и бетона на его основе.

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
**МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ ОГНЕУПОРНЫЕ БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ПЕРИКЛАЗОВЫХ
ЩЕЛОЧНЫХ ВЯЖУЩИХ С ОГНЕУПОРНЫМИ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИМИ
КОМПОНЕНТАМИ**

Аннотация. Выполнен анализ проблемы разработки составов огнеупорных бетонов на основе бесцементных вяжущих. Предложены составы периклазовых вяжущих на основе водных растворов силиката и алюмината натрия. Установлено, что повышение термомеханических свойств камня вяжущих может быть обеспечено введением в их состав мелкодисперсных огнеупорных структурообразующих компонентов (корунд, муллитокорунд, микрокремнезем). Разработаны составы магнезиальных огнеупорных бетонов с повышенными термомеханическими свойствами.

Ключевые слова: периклаз, силикат натрия, алюминат натрия, корунд, муллитокорунд, микрокремнезем, магнезиальные огнеупорные бетоны

Анализ научно-технической литературы по проблеме повышения технико-экономической эффективности применения огнеупоров при строительстве и ремонте футеровок тепловых агрегатов свидетельствует о современных тенденциях, направленных на переход от штучных изделий на безбужиговые огнеупоры в виде тиксотропных бетонных смесей. В области получения высокоогнеупорных бетонов актуальной является проблема получения бесцементных вяжущих с низким содержанием плавней, которые при нагреве способны формировать огнеупорную керамическую связку между огнеупорными заполнителями.

На основании исследования закономерностей минералообразования керамической связки при нагреве в системах $\text{Na}_2\text{O-MgO-SiO}_2$ и $\text{Na}_2\text{O-MgO-Al}_2\text{O}_3$ установлены оптимальные количественные соотношения между основными оксидами, позволяющие получить камень вяжущего с повышенными термомеханическими свойствами.

Разработаны составы периклазовых щелочных вяжущих на основе спеченного периклаза и водных растворов силиката и алюмината натрия. Для обеспечения требуемых технологических свойств вяжущих оптимизированы плотности растворов щелочных компонентов по критериям сроков схватывания теста вяжущего и прочности при сжатии камня вяжущего, а также установлен оптимальный вид магнезиального сырья – спеченный периклаз.

Экспериментально обосновано введение в состав вяжущих различных видов тонкодисперсных структурообразующих компонентов (корунд, муллитокорунд, аморфный микрокремнезем), что позволяет улучшить технологические и термомеханические свойства разработанных вяжущих, а также управлять этими свойствами на этапе проектирования составов огнеупорных бетонов в зависимости от области их применения.

Разработаны и экспериментально обоснованы составы магнезиальных огнеупорных бетонов, на основе предложенных периклазовых щелочных вяжущих со структурообразующими компонентами и периклазовых заполнителей. Установлено, что начало деформации под нагрузкой бетонов на силикате натрия при первом нагреве происходит при температурах 1150-1320⁰С, а бетонов на алюминате натрия – при 1510-1530⁰С. При этом предварительная выдержка в течение 1-4 часов при температуре 1400⁰С позволяет за счет формирования шпинельной связки повысить показатели температуры начала деформации бетонов на силикате натрия на 400-500⁰С, а бетонов на алюминате натрия – на 200-250⁰С. Огнеупорность разработанных составов магнезиальных бетонов составила выше 2000⁰С. Термическая стойкость бетонов составила 7-11 теплосмен, но при предварительном прогреве при температуре 1400⁰С может быть увеличена в 1,5-2 раза.

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
**МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ТЯЖЕЛЫЙ БЕТОН С ЗАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ ОТСЕВА
ДРОБЛЕНИЯ ДЛЯ ФИГУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МОЩЕНИЯ**

Аннотация. В работе приведены результаты литературного обзора по направлению исследования способов повышения качества бетонов, применяемых для фигурных элементов мощения.

Ключевые слова: модифицированный, тяжелый бетон, фигурные элементы дробления, добавка-модификатор

Фигурными элементами мощения называют разновидность бетонной тротуарной плитки повышенной архитектурной выразительности с высокими эксплуатационными характеристиками.

В соответствии с ГОСТ 17608-2017 «Плиты бетонные тротуарные. Технические условия» плиты должны соответствовать следующим характеристикам: класс по прочности на сжатие – не менее В22,5; класс по прочности на растяжение при изгибе – не менее В_{тб}3,2; марка по истираемости – не более G₃ (0,9 г/см²); марка по морозостойкости – не ниже F₂₀₀; водопоглощение – не более 6%.

В неустойчивую погоду холодного периода года при попеременном замораживании и оттаивании характерно разрушение изделий для всех открытых сооружений, работающих в условиях атмосферных воздействий с одновременным насыщением их влагой. Причем на бетон действуют не только температурное и влажностное поле, но и фазовые превращения воды в лед, оказывающие высокое гидравлическое давление на стенки пор и капилляров, вызывая напряжения растяжения, в результате приводя к снижению прочности бетона и его разрушению.

Также, согласно различным исследованиям, условия эксплуатации фигурных элементов мощения обуславливают застой воды в зазорах между плитками, в следствии чего повышается концентрация щелочных растворов, которые, в результате испарения влаги, кристаллизуются в порах бетона. Они оказывают химическое воздействие на бетонные элементы и вызывают в бетоне внутренние напряжения, которые приводят к образованию в нем трещин.

В связи с этим актуальной задачей является получение бетонов повышенной прочности и морозостойкости, решением которой может быть осуществлено за счет оптимизации структуры бетона путем его модифицирования.

Модифицирование бетонов идет по двум основным направлениям: во-первых, придание бетону свойств ему не свойственных по природе (гидрофобность, бактерицидность, твердение при низких отрицательных температурах и другие); во-вторых, улучшение свойств бетонной смеси и бетонов им уже присущих (подвижность бетонной смеси, прочность, морозо- и коррозионная стойкость и другие).

Из существующих способов повышения качества бетона основным является применение химических добавок, модифицирующих капиллярно-пористую структуру бетона, вследствие чего улучшаются ее качественные свойства.

Наибольшее распространение среди добавок-модификаторов получили суперпластификаторы, комплексные химические и органоминеральные добавки.

Использование добавок-модификаторов позволяет сознательно управлять процессами структурообразования и создавать высокофункциональные бетоны. Такие искусственные композиты обладают высокой прочностью (более 100 МПа), морозостойкостью (более F400), водонепроницаемостью (более W12), высокой стойкостью к воздействию агрессивных сред.

Д.Д. Бучинков, А.Н. Литвиненко, Е.В. Егорова, С.В. Лахтарина
 ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
**ТЯЖЕЛЫЙ БЕТОН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
 ДОНБАССА**

Аннотация. В работе приведены результаты исследования влияния отходов промышленности Донбасса на физико-механические свойства бетонных смесей и тяжелого бетона. Отмечено, что составы, содержащие минеральные добавки, отличаются более высокими значениями прочностных характеристик и имеют более плотную структуру.

Ключевые слова: тяжелый бетон, суперпластификатор, минеральный наполнитель

В работе изучены свойства тяжелых бетонов, содержащих в своем составе отходы промышленности Донбасса – золошлаковую смесь и золу-унос Зуевской ТЭС. В качестве химической добавки был использован пластификатор С-3 (Д) (ТУ 5870-002-58042865-03) в количестве 1% от массы вяжущего. Пластификатор С-3 применяется как пластифицирующая – водоредуцирующая добавка к бетонным смесям. Минеральные добавки добавляли в бетонные смеси для экономии портландцемента в количестве 20%.

Для приготовления бетонных смесей были использованы следующие материалы: вяжущее – портландцемент (Ц) ПЦ I-500 ООО «Донцемент» (активность $R_{ц} = 51,5$ МПа), минеральные добавки – молотая золошлаковая смесь (ЗШС) Зуевской ТЭС, зола-унос (ЗУ) Зуевской ТЭС; заполнители: крупный – щебень (Щ) гранитный Кальчикского карьера (фракции 5-10 мм); мелкий – песок (П) кварцевый Ясиноватского месторождения ($M_k = 1,1$). Составы бетонных смесей (на 1 м^3) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы бетонных смесей

№ состава	Расход компонентов бетонных смесей, кг						
	Ц	ЗШС	ЗУ	Щ	П	В	Д
1	350	-	-	1017	792	210	-
2	350	-	-	1017	792	210	3,50
3	280	70	-	1017	792	210	3,50
4	280	-	70	1017	792	210	3,50
5	280	35	35	1017	792	210	3,50

Свойства бетонных смесей и бетонов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Свойства бетонных смесей и бетонов

№ состава	Подвижность бетонной смеси, см	Средняя плотность бетона, кг/м^3	Водопоглощение, %	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сутки	
				7	28
1	2	2250	1,82	15,0	25,0
2	10	2250	1,85	16,1	28,0
3	10	2300	1,87	12,8	32,8
4	15	2270	2,0	10,4	30,5
5	13	2290	1,95	11,5	31,7

В составе №4, содержащем золу-унос, отмечено максимальное значение подвижности бетонной смеси. Также установлено, что составы бетонов, содержащих минеральные добавки взамен части цемента, характеризуются замедленным набором прочности в начальные сроки, однако в проектном возрасте предел прочности при сжатии увеличивается по сравнению с контрольными составами (№1-2). В дальнейшем необходимо исследовать динамику набора прочности этих составов на более поздних сроках твердения.

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДА КАМНЕПИЛЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ ЗАПОЛНИТЕЛЯ
ГАЗОБЕТОНА**

Аннотация. Определен оптимальный состав газобетона неавтоклавного твердения марки по средней плотности Д700 на карбонатном заполнителе, по критерию пластической прочности.

Анализ состояния и обоснование актуальности проблемы. Для обеспечения заданной средней плотности и прочностных показателей газобетона, согласно современным требованиям, необходимо достичь оптимальной ячеистой структуры – равномерно распределенной пористости в объеме материала в виде полидисперсных по размеру, замкнутых в правильные многогранники поры и разделенные тонкими и плотными с одинаковыми по сечению межпоровыми перегородками. Это можно получить, если на производстве используются исходные материалы, отвечающие ряду нормативных требований, в частности по химическому, минералогическому и гранулометрическому составу. Дефицит или отсутствие в регионах качественного мелкого кремнеземистого наполнителя (кремнеземистый компонент), который используется при производстве газобетона, может быть восполнен, например, широким применением карбонатных пород.

Исходные компоненты смеси. Расход материалов на 1м^3 газобетона с расчетной средней плотностью 700 кг/м^3 выполнялся, согласно СН-277.

Оптимизация состава газобетонной смеси выполнена по критерию пластической прочности, с использованием полного двухфакторного эксперимента с уровнями варьирования -1, 0, +1. Регрессионный анализ математических моделей и нахождение оптимальных значений факторов выполнена на ПЭВМ с использованием программы MathCAD.

Для снижения времени выдержки изделий до срезки горбушки и резки массива на изделия пластическую прочность определяли через 1ч 40 мин с момента формовки газобетонной смеси, что, в свою очередь, увеличит оборачиваемость форм, а, следовательно, производительность технологической линии. Пластическая прочность массива к началу резки на изделия должна быть не менее 350 г/см^2 .

С учетом значимости коэффициентов получено уравнение регрессии в виде полинома первой степени:

$$Y_1 (X_1, X_2) = 2,88 - 0,76 \cdot X_1 - 0,226 \cdot X_2 \quad (1)$$

Информационную способность модели проверяли с помощью критерия Фишера.

Коэффициент корреляции составил 0,98.

Анализ уравнения регрессии позволяет сделать вывод, что на показатель пластической прочности смеси влияние оказывают факторы X_1 и X_2 – натр едкий и сульфат натрия. Увеличение расхода ускорителя твердения и интенсификатора алюминиевой пудры приводит к снижению пластической прочности до 20,0 кПа. Увеличение ускорителя твердения больше, чем 1% от массы цемента, приводит к разупрочнению матрицы бетона на начальном этапе формирования газобетонной структуры.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы. Определен оптимальный расход ускорителя твердения и интенсификатора ускорителя твердения газобетонной смеси на мшанковом наполнителе с расчетной средней плотностью 700 кг/м^3 (NaOH – 0,15%; Na_2SO_4 – 1,0%;) по критерию пластической прочности не менее 35,0 кПа (пластическая прочность газобетонной смеси $P_{пл}=40,0\text{ кПа}$ через 1 час 40 минут с момента затворения водой).

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
**ПРИМЕНЕНИЕ БЕТОННОГО ЛОМА В КАЧЕСТВЕ КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ В
 ТЯЖЕЛОМ БЕТОНЕ**

Аннотация. Приведены исследования по оценки возможности использования в строительной отрасли лома тяжёлого бетона. Установлено, что основные показатели качества щебня, определённые в ходе исследования, соответствуют требованиям нормативных документов. Это позволяет использовать техногенный бетон повторно. Исследовано влияния введения лома бетона в состав тяжёлого бетона. Установлено, что введение бетонного лома позволяет получать бетоны, свойства которых соизмеримы с традиционным бетоном с использованием гранитного щебня.

Ключевые слова: прочность, лом тяжелого бетона, вторичный заполнитель, щебень, бетон, дробление

Для проведения экспериментальной части исследования были отобраны бетонные изделия, находившиеся под влиянием окружающей среды от 5 до 10 лет.

По результатам литературного обзора для получения щебня бетонного лома принято трехстадийное дробление. Это позволяет минимизировать содержание цементного камня на поверхности зерен щебня. Дробление проводилось в стационарной щековой дробилке. Полученный материал был просеян на стандартном наборе сит для отделения необходимой щебеночной фракции и отсева дробления – мелкозернистой фракции. По зерновому составу крупный заполнитель из лома бетонов вполне соответствует требованиям, предъявляемым к крупному заполнителю, и характеризуется следующими свойствами: марка по дробимости – М600; содержание пылевидных частиц – 2,2%; содержание зерен пластинчатой и игловатой формы – 16% по массе; влажность – 0,3%.

Установлено, что показатели качества полученного щебня из бетонного лома удовлетворяют требованиям нормативных документов. Это позволяет использовать материал вторично.

В ходе расчетов принято решение для определения влияния количества введенного лома взамен гранитного щебня на свойства тяжелого бетона использовать составы, где вторичный заполнитель заменяет одну и две трети части щебня.

Таблица 1 – Физико-механические свойства бетонов

Условия твердения	Характеристика	Показатель		
		Сост 1	Сост 2	Сост 3
7 суток при нормальных условиях	Средняя плотность, кг/м ³	2380	2360	2338
	Прочность при сжатии, МПа	25,3	24,8	20,2
28 суток при нормальных условиях	Средняя плотность, кг/м ³	2345	2336	2313
	Прочность при сжатии, МПа	34,6	34,0	29,9
Пропаривание	Средняя плотность, кг/м ³	2334	2331	2304
	Прочность при сжатии, МПа	35,4	32,1	28,4

При обработке результатов определено, что ведение бетонного лома трехстадийного дробления взамен части гранитного щебня лишь незначительно снижает прочность бетона, состав которого изменяется. Увеличение содержания бетонного лома приводит к потере прочности при сжатии до 15%. Характер набора прочности в зависимости от условий твердения аналогичен для всех составов.

В целом, прочностные показатели бетонов показывают, что введение бетонного лома позволяет получать бетоны, свойства которых соизмеримы с традиционными бетонами с использованием гранитного щебня.

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
**МОДИФИЦИРОВАННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ ПОВЫШЕННОЙ
ВОДОСТОЙКОСТИ**

Аннотация. В работе приведены результаты литературного обзора по теме магистерского исследования. Рассмотрены понятие о модифицированных сухих строительных смесях, а также способы повышения их водостойкости.

Ключевые слова: модифицированный, сухая строительная смесь, водостойкость, адгезия

Модифицированные сухие строительные смеси – это композиции определенного функционального назначения, состоящие из рационально подобранных и перемешанных композиций из вяжущих, модифицирующих добавок, минеральных заполнителей и наполнителей.

В качестве вяжущих отделочных смесей используют минеральные вяжущие (белый и обычный портландцемент и его разновидности, гипс, глиноземистые цементы, известь и др.), редиспергирующие порошки полимеров, а также их смеси.

В отделочных смесях используют, в основном, мелкие тяжелые (светлые и белые кварцевые пески, известняк, мрамор, доломит и др.) и легкие заполнители (вспученные перлит и вермикулит, туфы, известняки-ракушечники и др.). Их этих же пород, а также мела, каолина, талька, слюды и др. материалов путем помола готовят тонкодисперсные (фр. до 0,06-0,16 мм) наполнители. Кроме того, в составе пастовых цветных композиций достаточно широко применяют белые наполнители, полученные химическим путем: цинковые, титановые, свинцовые белила, литопон и др.

Минеральные пигменты бывают природные (охра, мумия, железный сурик, киноварь) и искусственные (кроны, ультрамарин, малярная лазурь и др.). Органические пигменты – это графит, малярная сажа, синтетические красители на основе анилина.

Пигменты должны быть химически инертны по отношению к остальным компонентам смесей, характеризоваться цветостойкостью и атмосферостойкостью. Пигменты должны иметь максимально возможную дисперсность, которая определяет их укрывистость и красящую способность. Размер частиц пигментов может колебаться от долей до 20-80 мкм.

Модифицирующие добавки – это, как правило, органические вещества, которые при незначительном введении (0,01-5% позволяют целенаправленно регулировать технологические и эксплуатационные свойства отделочных покрытий. К специфическим модифицирующим добавкам относятся: водоудерживающие добавки, антивспениватели. Кроме того, в состав смесей, а также на стадии затворения их водой могут вводиться добавки, широко используемые в бетонных смесях: пластификаторы, ускорители и замедлители схватывания и твердения; гидрофобизаторы, воздухоовлекающие и противоморозные добавки и др.

Одним из условий применения сухих строительных смесей для отделки и реставрации является высокая водостойкость. Для повышения водостойкости смесей существуют различные способы: применение гидрофобизирующих добавок (образуют тонкие пленки на стенках капилляров, что обеспечивает поверхности зданий надежной защитой от воздействия большинства внешних агрессивных факторов); суперпластификаторов (получается более плотная структура материала); активных минеральных добавок (приводит к повышению непроницаемости и химической стойкости, улучшению сопротивления трещинообразования, увеличению предела прочности); оптимальный гранулометрический состав заполнителей и наполнителей (способствует снижению пористости затвердевшего раствора, и тем самым повышению показателя водостойкости).

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
**ЖИДКОСТЕКОЛЬНЫЕ ОГНЕУПОРНЫЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫЕ ВЯЖУЩИЕ
БЕЗ ОТВЕРДИТЕЛЕЙ-ПЛАВНЕЙ**

Аннотация. Установлено, что шамотно-каолиновая пыль играет активную структурообразующую роль как при нагреве алюмосиликатных вяжущих, так и в условиях высоких температур. По сравнению с термоактивированным каолином использование шамотно-каолиновой пыли в качестве отвердителя для алюмосиликатных огнеупорных вяжущих позволяет улучшить их термомеханические свойства.

Ключевые слова: огнеупорные алюмосиликатные вяжущие, жидкое стекло, термоактивированный каолин, шамотно-каолиновая пыль, термомеханические свойства

Одними из наиболее распространенных в отечественной промышленности являются жидкостекольные огнеупорные бетоны. Свойства бетонов во многом определяются свойствами вяжущих, используемых при их изготовлении. Роль вяжущего сводится к обеспечению прочностных свойств, необходимых для транспортирования, монтажа и первого разогрева после твердения и сушки. Недостатком жидкостекольных вяжущих является применение отвердителей-плавней, которые образуют легкоплавкие эвтектики, что снижает термомеханические свойства бетона. Поэтому разработка жидкостекольных вяжущих с использованием огнеупорных отвердителей, не содержащих плавней, будет способствовать повышению эксплуатационных свойств огнеупорных бетонов. Примером таких вяжущих являются разработанные жидкостекольные композиции с термоактивированным каолином. Однако данные вяжущие характеризуются высокой водопотребностью, необходимостью предварительного обжига сырого каолина при 650-750 °С. В то же время известно, что при обжиге кускового шамота образуется тонкодисперсная смесь – шамотно-каолиновая пыль (ШКП), являющаяся побочным продуктом производства. Можно полагать, что нестабильность температуры обжига пыли приводит к образованию в ней активного структурообразующего глинозема, а высокая дисперсность ее позволит получить на ее основе вяжущее с повышенными технологическими характеристиками.

Показано, что ШКП играет активную структурообразующую роль при твердении и, особенно, нагреве алюмосиликатных вяжущих с шамотным наполнителем, затворенных низкомодульным жидким стеклом. После 28 суток нормального твердения прочность камня вяжущего, из теста нормальной густоты, составляет 15-20 МПа, после сушки она увеличивается в 2-2,8 раза, а после прогрева при 800 °С достигает 76-92 МПа.

В результате интенсивного спекания уже при средней температуре 800 °С камень вяжущих претерпевает значительное уплотнение, его открытая пористость снижается примерно в 1,5 раза.

На протяжении всего прогрева наблюдается непрерывная усадка образцов. Наиболее заметное их сокращение в температурном интервале 700...900 °С. Установлено, что наименьшей усадочной деформацией (56,3 мм/м или 5,6 %) характеризуется вяжущее на основе ШКП. При повторном и последующих нагревах алюмосиликатные вяжущие претерпевают равномерное расширение во всем температурном интервале 20...900 °С. В результате исследований установлено, что наименьшими линейными температурными деформациями характеризуются вяжущие на основе ШКП, по сравнению с вяжущими на основе термоактивированного каолина.

Расчеты показывают, что с разработанными вяжущими на основе ШКП в состав бетонов будет вводиться 1,5-2,0% Na₂O, это позволяет отнести их к разряду "низкоцементных" и прогнозировать успешное использование в огнеупорных бетонах взамен дефицитного и дорогого высокоглиноземистого цемента.

Д.В. Данилова, М.Э. Вороненко, Е.В. Егорова, В.Б. Мартынова
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТИРОЛ-АКРИЛОВОЙ ДИСПЕРСИИ НА
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

Аннотация. В работе приведены результаты исследования влияния стирол-акриловой дисперсии на физико-механические свойства тяжелого бетона. Установлено, что стирол-акриловая дисперсия существенно повышает прочностные характеристики бетонов в возрасте 28 суток стандартного твердения.

Ключевые слова: прочность, стирол-акриловая дисперсия, тяжелый бетон

Для получения бетонов с высокими механическими характеристиками необходимо использование качественных компонентов. Химические добавки, которые в настоящее время являются неотъемлемой составляющей бетонных смесей, должны обеспечивать требуемые технологические эффекты и поддерживать их на заданном уровне определенное время с учетом действия различных факторов.

В работе исследование влияние стирол-акриловой дисперсии на физико-механические свойства тяжелого бетона.

Для приготовления бетонных смесей были использованы следующие материалы: вяжущее – портландцемент (ПЦ) ЦЕМ I 42,5Н Амвросиевского цементного завода ООО «ПИК ЦЕМЕНТ +» ($S_{уд.}=357 \text{ см}^2/\text{кг}$; $НГ=26,2 \%$, $R_{28}=43,5 \text{ МПа}$); заполнители: крупный – щебень (Щ) гранитный Кальчикского карьера (фракция 10-20 мм); мелкий – песок (П) кварцевый Ясиноватского месторождения ($M_k=1,1$); химическая добавка – стирол-акриловая дисперсия (Д) Номаскрл ООО «Группа ХОМА», Россия (значение $pH = 7,9$, массовая доля нелетучих веществ (С) = 49,3%).

Составы бетонных смесей (на 1 м^3) приведены в таблице 1. Количество стирол-акриловой дисперсии было принято 0,5% от массы вяжущего вещества.

Таблица 1 – Составы бетонных смесей

№ состава	Компоненты бетонных смесей, кг				
	ПЦ	Щ	П	В	Д
1	350	1017	792	210	-
2	350	1017	792	206,6	3,4

Физико-механические характеристики бетонов приведены в таблице 2. Установлено, введение в бетонную смесь стирол-акриловой дисперсии оказывает существенное влияние на показатели предела прочности на растяжение при изгибе. Можно рекомендовать применять стирол-акриловую дисперсию Номаскрл (ООО «Группа ХОМА», Россия) в конструкциях, испытывающих значительные растягивающие и изгибающие нагрузки и за счет этого сокращать количество арматурных элементов в растянутых зонах.

Также отмечено снижение средней плотности образцов, содержащих в своем составе стирол-акриловую дисперсию, что обусловлено воздухововлечением в смесь при перемешивании. Это может положительно отразиться на показателях морозостойкости тяжелого бетона исследуемого состава.

Таблица 2 – Физико-механические характеристики бетонов

№ состава	Средняя плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	Предел прочности при изгибе, $R_{изг}$, МПа	Предел прочности при сжатии, $R_{сж}$, МПа
1	2316	4,20	30,50
2	2285	5,71	32,43

ТЯЖЕЛЫЙ ЦЕМЕНТНЫЙ БЕТОН ПОВЫШЕННОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

Аннотация. В работе приведены результаты анализа отечественных и зарубежных литературных источников по теме магистерского диссертационного исследования.

Ключевые слова: тяжелый цементный бетон, износостойкость, дорожный бетон, долговечность

В настоящее время для дорожного строительства все большую популярность набирает применение тяжелого цементного бетона.

Износостойкость является одним из важных показателей дорожного бетона. Она зависит от структуры и состава верхнего слоя дорожной плиты. Показатель износостойкости снижается при использовании подвижных бетонных смесей с большим водоцементным отношением. Это связано с тем, что после уплотнения бетонной смеси на поверхности образуется слой недостаточно прочного раствора. Также износ увеличивается при твердении бетона в условиях низких температур и недостаточной влажности среды. В то же время, истирание может быть определено как поверхностный износ, который вызывает постепенную потерю прочности и массы материала с поверхности. Истирание является следствием многократно повторяющихся динамических сил и перемещений. В исследованиях различных ученых установлены основные факторы (прочность бетона, содержание и тип вяжущего вещества, характеристики заполнителя, содержание воздуха и пористость, а также вид обработки поверхности), которые способствуют стойкости к истиранию цементного бетона.

Дорожный цементный бетон классов (марок) В_{тб}4,0-В_{тб}4,8 (Р_{тб}50-Р_{тб}65) по прочности на растяжение при изгибе является наиболее перспективным. Для достижения требуемых результатов по прочности обязательно применение современных пластификаторов (например, на поликарбоксилатной основе), снижающих водоцементное отношение до 0,28.

Также известно, что прочность бетона на сжатие классов (марок) В30-В40 (М400-М500) определяет высокую долговечность, износостойкость, стойкость к истиранию, ударную стойкость. Согласно зарубежным литературным источникам такие бетоны относятся к высококачественным (High Performance Concrete – HPC). Одним из условий получения высококачественных бетонов является применение активных минеральных добавок. Наиболее широкое практическое использование получили золы тепловых электростанций, которые могут вводиться взамен части цемента. При умеренном содержании золы (15-20%) в бетонной смеси, повышает показатель износостойкости бетона. Это объясняется гидравлическими свойствами зол и повышением плотности бетона.

Для дальнейшего изучения влияния химических и активных минеральных добавок (в частности, золы-уноса ТЭС) разработан план исследований с использованием полного двухфакторного эксперимента с уровнями варьирования -1, 0, +1. Параметры оптимизации и значение факторов варьирования приведены соответственно в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Параметры оптимизации состава бетона

Код параметра оптимизации	Физический смысл параметра оптимизации	Единица измерения	Граничное значение функции отклика
Y ₁	Подвижность бетонной смеси (осадка конуса)	см	не менее 5
Y ₂	Предел прочности при сжатии образцов бетона в возрасте 28 суток нормального твердения	МПа	не менее 30

Таблица 2 – Значение факторов варьирования

Код фактора	Физический смысл фактора	Единица измерения	Интервал варьирования	Уровни фактора		
				-1	0	+1
X ₁	Содержание добавки Sika ViscoCrete 5-600 N PL	% жидкой добавки от массы цемента	0,5	0,5	1,0	1,5
X ₂	Содержание золы-уноса ТЭС	% в составе вяжущего	5	10	15	20

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
**САМОУПЛОТНЯЮЩИЕСЯ БЕТОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ
 ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДОНБАССА**

Аннотация. В работе приведены результаты исследования влияния комплексной добавки, состоящей из модификатора вязкости и суперпластификатора на физико-механические свойства самоуплотняющегося бетона, содержащего в качестве минерального наполнителя золошлаковую смесь Зуевской ТЭС. Отмечено увеличение прочностных характеристик изученных составов бетонов.

Ключевые слова: самоуплотняющийся бетон, суперпластификатор, модификатор вязкости

Современный уровень развития монолитного строительства высотных зданий и различных инженерных сооружений требует применения высокотехнологичных бетонных смесей, характеризующихся такими показателями как высокая начальная подвижность и ее сохраняемость в течение времени, быстрые темпы набора прочности бетона. Таким требованиям отвечает новое поколение самоуплотняющихся бетонов, применение которых позволяет значительно ускорить темпы строительства объектов.

В работе изучено влияние комплексной добавки, состоящей из модификатора вязкости (МВ) Viscofluid SCC/10 и суперпластификатора (СП) Sika ViscoCrete 5-600 NP L на свойства самоуплотняющихся бетонов. Viscofluid SCC/10 используется в бетонных смесях для увеличения вязкости смеси, увеличивая ее стабильность, однородность, сопротивление сегрегации и водоотделению. Sika ViscoCrete 5-600 NP L обладает высоким пластифицирующим, диспергирующим и водоредуцирующим эффектом, благодаря комплексному эффекту: поверхностной адсорбции и межмолекулярного «стерического» отталкивания. В качестве замены части цемента была использована золошлаковая смесь Зуевской ТЭС.

Для приготовления бетонных смесей были использованы следующие материалы: вяжущее – портландцемент (Ц) ПЦ I-500 ООО «Донцемент» (активность $R_{ц} = 51,5$ МПа), минеральная добавка – молотая золошлаковая смесь (ЗШС) Зуевской ТЭС, заполнители: крупный – щебень (Щ) гранитный Кальчикского карьера (фракции 5-10 мм); мелкий – песок (П) кварцевый Ясиноватского месторождения ($M_k = 1,1$). Составы бетонных смесей (на 1 м³) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы самоуплотняющихся бетонных смесей

№ состава	Компоненты бетонных смесей, кг						
	Ц	ЗШС	Щ	П	В	МВ	СП
1	442	-	885	796	287	-	1% $m_{ц}$
2	287	155	885	796	287	-	1% $m_{ц}$
3	287	155	885	796	287	1% $m_{ц}$	1% $m_{ц}$

Физико-механические характеристики самоуплотняющихся бетонов приведены в таблице 2. Установлено, что использование в качестве минерального наполнителя золошлаковой смеси и введение комплексной добавки в состав таких бетонов увеличивает прочностные характеристики как в ранние, так и в более поздние сроки твердения.

Таблица 2 – Физико-механические характеристики бетонов

№ состава	Средняя плотность, кг/м ³	Показатели предела прочности на сжатие, МПа, в возрасте		
		7 суток	28 суток	90 суток
1	2238	12,35	30,50	34,80
2	2193	7,41	33,50	40,20
3	2182	8,94	35,82	42,80

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ БЕТОН С ДОБАВКАМИ ФИРМЫ SIKA И ЗОЛОЙ-УНОСА ТЭС

Аннотация. В работе представлены результаты теоретических исследований влияния химических и активных минеральных добавок на свойства тяжелых цементных бетонов.

Ключевые слова: модифицированный бетон, химические добавки, активные минеральные добавки, зола-уноса ТЭС

Основной проблемой современной технологии строительных материалов является получение бетонов высокого качества и долговечности. Для решения этой проблемы существует несколько различных способов. Основные свойства бетона определяются его структурой, где наибольшее значение имеет микроструктура бетона. Бетон с высокими показателями качества и долговечности (водонепроницаемость, морозостойкость, коррозионная стойкость) можно получить только с применением модификаторов структурирующего действия, которые изменяют структуру порового пространства цементного камня за счет образования системы мелких условно замкнутых пор сферической формы.

Среди добавок-модификаторов наиболее широкое практическое применение получили химические и активных минеральные добавки. Химические добавки (0,1-2,5% по мас.) используют для снижения расхода цемента, улучшения технологических свойств бетонных смесей, повышения прочности, морозостойкости, теплотехнических свойств бетонов, водо-, газонепроницаемости, усиления защитного действия бетона по отношению к стальной арматуре. Введение активных минеральных добавок также оказывает благоприятное влияние на многие свойства бетонной смеси и бетона. Это связано тем с реакциями активных гидравлических составляющих, а также с тем, что мелкие частицы добавки обычно имеют более тонкий гранулометрический состав, чем портландцемент. Минеральные добавки могут оказывать влияние на состав бетонной смеси, реологические свойства, степень гидратации портландцемента, прочность и проницаемость затвердевшего бетона, сопротивление трещинообразованию при тепловой обработке, уменьшение воздействия различных щелочей, а также на сопротивление при сульфатной коррозии.

Для проведения экспериментальных исследований была выполнена оптимизация состава модифицированного бетона выполнена с использованием полного двухфакторного эксперимента с уровнями варьирования -1, 0, +1. Параметрами оптимизации являются подвижность бетонной смеси (осадка конуса), мм (Y_1) и предел прочности при сжатии образцов бетона в возрасте 28 суток нормального твердения, МПа (Y_2). Значение факторов варьирования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значение факторов варьирования

Код фактора	Физический смысл фактора	Единица измерения	Интервал варьирования	Уровни фактора		
				-1	0	+1
X_1	Содержание золы-уноса ТЭС	% в составе вяжущего	5	5	10	15
X_2	Содержание добавки Sika ViscoCrete 5 New	% жидкой добавки от массы цемента	0,6	0,3	0,9	1,5

Уравнения регрессии аппроксимированы полиномами первой степени:

$$Y_1 = 5,850 + 0,300 \cdot X_1 + 0,900 \cdot X_2 \quad (1)$$

$$Y_2 = 33,063 + 2,413 \cdot X_1 + 3,213 \cdot X_2 \quad (2)$$

Установлено, что максимальные показатели подвижности бетонных смесей и прочности бетона достигается при содержании добавки суперпластификатора Sika ViscoCrete 5 New (1,5%) и золы-уноса ТЭС (15%).

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИЭФИРНОГО ВОЛОКНА ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ ИЗ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

Аннотация. В работе проведен анализ возможности использования полиэфирного волокна в качестве армирующей добавки для производства стеновых панелей из мелкозернистого бетона.

Ключевые слова: фибробетон, стеновые панели, полиэфирное волокно, полиэтилентерефталат

Опыт применения синтетических волокон в качестве армирующих добавок в бетоны и строительные растворы показывает, что волокна не только значительно снижают образование внутренних микротрещин, но и способствуют микроструктурному уплотнению, что является основным фактором повышения долговечности бетона и защиты стальной арматуры.

Одним из эффективных методов по увеличению прочностных свойств бетонов, используемых в стеновых конструкциях, поверхностей промышленных стяжек, кровель, а также различных штукатурных смесей, является использование различных видов полимерных волокон (фибры).

При всех известных достоинствах цементных составов у цементного камня имеется существенный недостаток – при высоких показателях прочности при сжатии низкие значения прочности при растяжении.

Введение в цементные растворы полимерного волокна способствует более полной и равномерной гидратации цемента, что в свою очередь снижает интенсивность процессов трещинообразования, повышает прочность готового изделия на растяжение и изгиб, ударную прочность, водонепроницаемость, коррозионную стойкость, а также сопротивление истиранию.

Перспективным материалом для дисперсного армирования бетонов является волокно из полиэтилентерефталата (ПЭТФ-волокно). Армирование бетона полиэфирными волокнами по результатам некоторых исследователей может повысить пластичность бетона, его термоустойчивость и прочность при сжатии, ударную прочность.

В результате анализа литературных источников установлено, что оптимальная (дающая наибольший прирост прочности при сжатии) концентрация ПЭТФ-волокна (диаметр волокна – 10-20 мкм, длина – до 10 мм) для армирования мелкозернистого бетона (класс прочности В5) варьируется в пределах от 0,7% до 0,75% по массе.

Введение волокна, предположительно, способствует уплотнению фибробетонной структуры и исключению образования микропустот. При концентрации волокна свыше 0,9% наблюдается существенное уменьшение всех прочностных показателей.

М.С. Хлестов, А.А. Андриюшина, С.В. Лахтарина, Е.В. Егорова
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСА МИНЕРАЛЬНЫХ И ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕТОНОВ

Аннотация. В работе представлены результаты исследования свойств бетонной смеси и бетона с минеральной добавкой на основе агломерированного микрокремнезема мокрой газоочистки и комплекса пластифицирующих добавок.

Ключевые слова: тяжелый бетон, микрокремнезем, электростатическое поле, суперпластификатор

В настоящее время для изготовления ряда конструкций и изделий в жилищном, промышленном, сельскохозяйственном, дорожном и гидротехническом строительстве все более широкое применение находят мелкозернистые бетоны. Целесообразность их применения обуславливается, прежде всего, тем, что некоторые районы страны не обеспечены крупным заполнителем для бетонов. Преимуществами мелкозернистого бетона являются возможность создания более однородной высококачественной структуры без крупных включений и высокая технологичность – возможность формирования конструкций и изделий различными способами. Следует отметить, что в последние годы в составы бетонов все чаще вводятся различные модификаторы, в т.ч. химические добавки. Введение химических добавок в мелкозернистые бетоны приводит к модифицированию их структуры, изменению величины и характера пористости, к сокращению расхода цемента либо к повышению прочности и комплекса физико-механических и эксплуатационных свойств, что приобретает особое значение при использовании различных заполнителей. Модифицирование бетонных смесей добавками суперпластификаторов является одним из ключевых факторов получения бетонов с заданными физико-механическими и эксплуатационными свойствами в результате проявления сильного водоредуцирующего эффекта. Не менее важной при этом является также проблема обеспечения высокой технологичности бетонных смесей, которая должна поддерживаться на заданном уровне в течение времени, необходимого для транспортирования, укладки и уплотнения бетонных смесей в опалубке. Решение этих проблем может быть реализовано путем создания комплексных модификаторов полифункционального действия, исследуемых с целью достижения как технологических, так и экономических эффектов.

Таблица 1. Состав бетонных смесей и результаты экспериментов

№	Наименование материала	Расход кг(л)/м ³			
		I состав	II состав	III состав	IV состав
1	Портландцемент ЦЕМ I-42,5	538	365		
2	Отсев дробления известняка Докучаевского флюсодоломитного комбината – с модулем крупности $M_k = 2,48$	1639	1531	1531	1531
3	Вода	215	172	172	172
4	Минеральная добавка МК	-	65		
5	Химическая добавка С-3	-	4,3	3,01	2,15
6	Химическая добавка ЛСТ	-	-	1,29	2,15
7	Фактическая средняя плотность бетонной смеси кг/м ³	2372	2355	2255	2276
8	Водоцементное отношение	0,4	0,4	0,4	0,4
9	Осадка конуса, см	6	12	14	16
10	Предел прочности при сжатии, МПа	31	36	38	41

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
**СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОГО
МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА**

Аннотация. В работе представлены основные способы повышения прочности модифицированного мелкозернистого бетона. Установлено, что наиболее эффективными способами повышения прочности мелкозернистого бетона является получение однородной структуры материала, снижение расхода цемента (применение активных минеральных добавок, взамен части цемента), применение современных суперпластификаторов.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, прочность, химические добавки, активные минеральные добавки

Одними из основных отличий мелкозернистого бетона от обычного крупнозернистого являются: более высокое содержание цементного камня; меньшая крупность зерен, повышенная пустотность и удельная поверхность заполнителя и т.д. Это определяет более высокую однородность структуры мелкозернистых бетонов по сравнению с крупнозернистыми. Поэтому прочность при растяжении мелкозернистых бетонов выше, чем у крупнозернистых бетонов аналогичной марки. Объясняется это пониженной вероятностью появления микродефектов в результате увеличения однородности материала.

Прочность мелкозернистого бетона зависит от его состава и соотношения основных компонентов. При низком водоцементном отношении ($B/C \leq 0,3$), сокращение расхода цемента приводит к резкому понижению прочности бетона. Это связано с тем, что при малом содержании цемента смесь становится менее удобоукладываемой, хуже уплотняется, а ее плотность снижается. При более высоких значениях водоцементного отношения ($B/C \geq 0,4$) максимальный показатель прочности бетона достигается при оптимальном соотношении между цементом и песком, что влечет за собой увеличение плотности бетона.

В развитии технологии мелкозернистого бетона актуальным является снижение расхода цемента и получение однородной структуры материала за счет применения композиционных вяжущих, на основе техногенного сырья. Одним из таких решений является применение активных минеральных добавок, например, частичная замена части портландцемента в вяжущем золой-уносом ТЭС. Однако, при замещении части цемента золой снижается прочность бетона в раннем возрасте по сравнению с бетонами без золы. С течением времени разница в прочности бетонов с золой и без золы постепенно сокращается, а в поздние сроки твердения (180-360 суток) бетоны с умеренным содержанием золы приобретают прочность, равную прочности бетона без золы и даже превышающую ее. Это можно объяснить тем, что зола проявляет пуццолановую активность в более поздние сроки твердения.

Также одним из способов повышения прочности мелкозернистого бетона является применение современных суперпластификаторов на поликарбоксилатной основе. Эфиры поликарбоксилатов точно прикрепляются к поверхности цементного зерна, вследствие чего, свободной поверхности флоккулы цемента достаточно для доступа воды и протекания реакции гидратации. Пластифицирующее действие поликарбоксилатных пластификаторов заключается в совокупности электростатического и стерического (пространственного) эффектов. Последний достигается с помощью боковых гидрофобных полиэфирных цепей молекулы поликарбоксилатного эфира.

Для увеличения плотности, а в последствии и прочности, мелкозернистого бетона может быть применено внешнее механическое воздействие на систему (вибрационное уплотнение), направленное на создание плотной структуры дисперсной системы, за счёт изменения расстояния между ее структурными элементами. Механическое воздействие на систему приводит к разрушению ее первоначальной структуры, к сближению структурных элементов различного размера и к доведению их до минимальных значений.

Научное электронное издание

**«ЭЛЕКТРОПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ
СТРУКТУРЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ»
(ПОСВЯЩЕНА 65-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ ТСКИИМ И
70-ЛЕТИЮ Д.Т.Н., ПРОФ. МАТВИЕНКО В.А.)**

**СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

25 декабря 2020 года

г. Макеевка

Ответственный за выпуск:

Мущанов В.Ф.

Составитель:

Петрик И.Ю.