

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ М. УЛУГБЕКА**

На правах рукописи

Куртаметов Саид Эскендерович

**Исследование физико-механических свойств
гидромелиоративного бетона на основе барханных песков**

Специальность 5А340501

Производство строительных материалов, изделий и конструкций

**ДИССЕРТАЦИЯ
для получения степени магистра**

Работа рассмотрена и
разрешена к защите на кафедре
«Строительные конструкции,
здания и сооружения»:

Зав. кафедрой
к.т.н., доцент Негматов З. Ю.

« ____ » _____ 2013 г.

Научный руководитель:
к.т.н. Саидмуратов Б.И.

Магистрант Куртаметов С.Э.

Самарканд – 2013 г.

Оглавление

Введение	4
I. Состояние вопроса и задачи исследований.	
1.1. Особенности работы с фибробетонов.	12
1.2. Особенности подбора состава гидромелиоративного бетона.	23
II. Сырьевые материалы и методики проведения экспериментов.	
2.1. Характеристика сырьевых материалов	32
2.2. Методика изучения экспериментов	39
III. Исследование и разработка состава песчанного бетона с фибро волоками	
3.1. Разработка состава бетонный смеси из барханного песка	49
3.2. Влияние фибр (базальтовой волокно) бетона на прочность изгиба при растяжении и на сжатии.	53
3.3. Моделирование определение оптимальной длины сцепления базальтовой волокно с цементным камнем.	59
3.4. Техничко-экономические показатели и сравнение вариантов.	73
Выводы	77
Литература	79
Приложения	

Аннотация

для диссертации магистра Куртаметова С.

на тему: «Исследование физико-механических свойств гидромелиоративного бетона на основе барханных песков»

Диссертационная работа Куртаметова С. посвящена исследованию физико-механических свойств гидромелиоративного бетона на барханных песках. Рассматриваются составы песчаных бетонов используемые при производстве облицовочных канальных плит.

Работа посвящена разработке оптимального состава песчаной бетонной смеси для гидромелиоративных сооружений с использованием базальтовой фибры. Варьируя водоцементное отношение, применение базальтовой фибры в зависимости от процентного содержания цемента и суперпластификатора С-3 изучаются физико-механические свойства рассматриваемых составов бетона.

Теоритический моделировано и определено оптимальный содержание базальтовой волокно и сравнено с экспериментальными результатами:

На основе полученных данных производится расчет армирования канальной плиты арматурными каркасами и сетками. Приводится сравнение вариантов в плитах изготовленных из традиционной и бетонной смеси с добавлением базальтовой фибры.

Проводится сравнение технико-экономических показателей для определения эффективности внедрения при производстве канальных плит.

Введение

Сегодня в мире динамично развивается строительная индустрия.

В нашей стране в результате уделяемого большого внимания на развитию интеграции науки, образования и производства, поддержки интеллектуального потенциала последовательно развивается и это направление.

Постановление Президента Ислама Каримова «О дополнительных мерах по стимулированию внедрения инновационных проектов и технологий в производство» от 15 июля 2008 года способствует дальнейшему расширению масштабов исследований по разработке современных строительных материалов и технологий.

Динамично развивающиеся промышленность и производство строительных материалов невозможно представить без новых качественных строительных материалов, в том числе композиционных.

Для обеспечения потребности в новых строительных материалах требуется всестороннее исследование различных видов местного сырья и техногенных отходов промышленности для получения изделий и конструкции с требуемыми показателями и хорошей качеством.

Комитетом по координации развития науки и технологий при Кабинете Министров Республики Узбекистан совместно с Академией наук, министерствами и ведомствами, с участием ведущих ученых и специалистов страны определены восемь приоритетных направлений развития науки и технологий на 2012-2020 годы.

Они включают следующие сферы:

- духовно-нравственное и культурное развитие демократического правового общества, формирование инновационной экономики;
- энерго- и ресурсосбережение в электроэнергетике;
- расширение использования возобновляемых источников энергии;

- развитие информационно-коммуникационных технологий;
- внедрение современных технологий, экологические аспекты и охрана окружающей среды;
- медицина и фармакология;
- химические технологии и нанотехнологии;
- наука о земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья).

В соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий формируются научно-технические программы в области фундаментальных (рождение научной идеи) и прикладных исследований (конкретные разработки), а также инноваций (первый шаг к промышленному производству).

Задача программ инновационных научно-технических работ заключается в повышении технологического уровня и конкурентоспособности производства, обеспечении выхода инновационной продукции на внутренний и внешние рынки, импортозамещении и формировании экспортоориентированной структуры экономики для решения выдвигаемых ими проблем по схеме "заказ – результат".

Учитывая важность улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель, были приняты: Указ Президента РУ «О мерах по коренному совершенствованию системы мелиоративного улучшения земель» (от 29 октября 2007 г. № УП-3932) и Постановление Президента РУ «Об организации деятельности фонда мелиоративного улучшения орошаемых земель при Министерстве финансов РУ» (от 31 октября 2007 г. № ПП-718.

В целях обеспечения их реализации было принято Постановление Президента РУ «О государственной программе мелиоративного улучшения орошаемых земель на период 2008-2012 годы» (от 19 марта 2008 г. № ПП-817.) выделены бюджетные средства на строительство объектов

(ирригационных каналов, лотков и др)мелиорации, их реконструкцию, на закупку специальной техники.

Одним из основных направлений Программы действий по охране окружающей среды РУ, утвержденной Постановлением Кабинета Министров РУ (от 19 сентября 2008 г. № 212), является улучшение мелиоративного состояния земель, рекультивация земель, нарушенных в результате проведения горных и других работ.

В результате выполнения мероприятий в рамках Республиканской и территориальных программ действий по охране окружающей среды в 2010 г. улучшено мелиоративное состояние земель на площади и реконструкции ирригационных систем 32,98 тыс.га (с начала реализации 91,36 тыс.га) в Бухарской, Кашкадарьинской, Сурхандарьинской, Наманганской и Навоийской областях. Возвращено к использованию 459,8 га (с начала реализации 1456,8 га) рекультивированных земель, нарушенных в результате проведения горных работ, в том числе 415 га в Навоийской обл. и 44,8 га в Самаркандской обл.

Исходя из выше перечисленных направлений намеченный государством нами были поставлены задачи получения долговечного и технологичного гидромелиоративного бетона из барханного песка с фибро волокном используемых для ирригационных систем.

Возрастающий дефицит крупного заполнителя в отдельных регионах нашей Республики, в частности, в пустынных зонах Бухарской, Навоийской, Кашкадарьинских областях и в республике Каракалпакстан, обуславливает использование местного материала- барханного песка, целесообразность применения которого обусловлена, прежде всего, тем, что песчаные бетоны на их основе в отмеченных регионах намного дешевле, чем получаемые на привозных крупных заполнителях.

Но основа применения этих местных материалов заключается прежде всего в долговечности изготавливаемых конструкций и изделий. Разработка качественных песчаных бетонов на основе барханного песка еще недостаточно изучена, особенно в составе конструкций на гидромелиоративных и гидротехнических бетонах, таких как лотки, облицовочные плиты ирригационных каналов и др.

В настоящее время вопрос использования различных добавок (в том числе техногенных отходов и некондиционных местных материалов) в вещественный состав, возник с новой остротой. Предлагаются различные новые подходы к повышению эффективности и экономии цемента, применению химических добавок путем их комбинирования с высокодисперсными минеральными наполнителями с удельной поверхностью 5000 и более. В настоящее время разработана широкая номенклатура химических добавок разного назначения и изучены механизмы действия на процессы гидратации и структурообразования при твердении бетона.

Для конструкций, работающих в агрессивных средах, для предотвращения коррозии стальной арматуры и самого бетона, предлагаются современные подходы вплоть до замены традиционной металлической арматуры на фиброволокна (стекло, базальтовые, органические и др.). Микроармирование матрицы цементного камня обеспечивает долговечность конструкций, работающих в агрессивных средах. Как известно, лотки и облицовочные плиты каналов работают в очень сложных условиях, таких как: попеременное увлажнение и высушивание; замораживание и оттаивание; подвергаются воздействию различных ионов типа хлоридов и сульфатов.

Коренные изменения развития народного хозяйства страны во многом зависят от ускорения научно-технического прогресса.

В области строительства важной задачей является повышение долговечности и коррозионной стойкости бетонов при одновременной экономии материальных ресурсов, разработка и применение новых эффективных добавок.

В настоящее время вопросы добычи и переработки материалов, используемых в качестве заполнителей бетона, имеют первостепенное значение. Дефицит кондиционных заполнителей сдерживает быстрое наращивание темпов строительства, а неравномерное распределение запасов вынуждает перевозить их на значительное расстояние.

Для строительства в пустынных районах Средней Азии, где практически отсутствуют запасы крупного заполнителя, возникает необходимость доставки его из других районов на расстояние 300-600 км, что приводит к удорожанию стоимости строительства на 30-40 %. В то же время эти районы обладают неограниченными запасами некондиционных мелких пылевидных барханных песков.

В последние годы в связи с развитием в этих районах гидромелиоративного строительства повышается интерес к мелкозернистым бетонам, получаемым на местном строительном сырье.

Проблемой получения и применения мелкозернистых бетонов в разное время занимались многие ученые стран СНГ: Ю. М. Баженов, А. В. Волженский, В. Д. Глуховский, И. А. Киреенко, И. В. Михайлов, А. Е. Шейкин, С. В. Шестоперов, А.Ф. Полака и др. Многочисленные исследования, проведенные ими, позволяют сделать вывод о высокой эффективности применения мелкозернистых бетонов.

На сегодняшний день не решена важная задача – повышения срока службы бетона на барханном песке, эксплуатируемого в гидромелиоративном строительстве.

Наряду с прочностью при сжатии для гидромелиоративного бетона, эксплуатационные качества которых определяются работой растянутой зоны, при повышенных требованиях по трещиностойкости нормируются также марки (классы) по прочности на осевое растяжение.

Для гидромелиоративного бетона сборных конструкций отпускная прочность должна быть не менее 70% от проектной. Для монолитных бетонных одежд каналов марка бетона назначается в зависимости от глубины воды в канале, толщины облицовки и технологии производства.

Трещиностойкость гидротехнического бетона массивных конструкций прямо связана с температурными напряжениями, обусловленными тепловыделением при твердении. Максимально допустимое значение тепловыделения бетона назначается в зависимости от нормируемой температуры при его разогреве в блоках.

Водонепроницаемость гидромелиоративного бетона в зависимости от вида сооружений может задаваться как марками так и коэффициентом фильтрации, между которыми как указывалось в гл.2 имеется корреляционная связь. При воздействии агрессивной среды указывается вид бетона по плотности. Показателями плотности бетона являются его водонепроницаемость и водопоглощение. Для зоны переменного уровня воды водопоглощение бетона не должно превышать 5% (от массы высушенных образцов), других зон не более 7%.

Проектирование составов гидромелиоративного бетона с большим количеством нормируемых параметров относится к наиболее сложным задачам многопараметрического проектирования составов бетона.

Предлагаемая автором работа является продолжением исследований кафедры строительных материалов по проблеме получения изделий из бетонов на основе барханных песков для гидромелиоративного строительства.

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, тема которой связана с планами научных работ СамГАСИ им. М. Улугбека на 2012-2013 годы по заданиям _____

Целью диссертационной работы является изучение физико-механических свойств песчаного бетона на барханных песках для гидромелиоративного строительства и влияние добавок на физико-механические свойства бетона.

Для достижения поставленной цели была приобретена базальтовая фибра, добавка для поиска оптимального состава бетона.

Основными задачами диссертационной работы являлись:

- Изучение физико-механических свойств песчаного бетона на барханном песке;

- Исследование влияния базальтовой фибры на повышение физико-механических свойств песчаного бетона на барханном песке;

Практическая значимость работы заключается в том, что:

- Разработаны составы бетонной смеси повышающие долговечность песчаного бетона на барханных песках с помощью базальтовой фибры и химических добавок.

Автор защищает результаты теоретических и экспериментальных исследований физико-механических свойств гидромелиоративного бетона на барханных песках. Основными положениями, выносимыми на защиту, являются:

- Результаты изучения физико-механических свойств песчаного бетона на барханных песках;

- Результаты изучения физико-механических свойств песчаного бетона на барханных песках с применением базальтовой фибры;

- Теоретические расчеты определения оптимальной длины волокон;

- Экономическая эффективность предложенных путей повышения физико-механических свойств в песчаном бетоне на барханных песках.

Лабораторные работы проводились в научно-экспериментальной и испытательной лаборатории № 5 при СамГАСИ им. М. Улугбека (руководитель лаборатории к.т.н. доцент Султанов А. А.).

Автор диссертации выражает благодарность научному руководителю к.т.н. Саидмуратову Б. И., а также сотрудникам научно-экспериментальной и испытательной лаборатории № 5 Назарову А. Н. , Нурматову Г. , Якубову С. и лично руководителю лаборатории к.т.н. Султанову А.А. за помощь, консультации и советы по проведению экспериментов и работ над диссертацией.

1. Состояние вопроса и задачи исследований.

1.1. Особенности работы гидромелиоративного бетона.

Развитие строительного производства и технологии производства бетона уже в первые десятилетия показало, что, наконец, найден материал, который будет долговечным, и срок его службы будет измеряться столетиями.

Фактические сроки службы бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатируемых примерно в одинаковых условиях, различаются в 3–7 и даже более раз. С течением времени на этот вид материала оказывают влияние сложные и комплексные нагрузки, включающие силовые, температурные, влажностные, коррозионные, экологические, радиационные воздействия.

В структуре бетона протекают длительные процессы усадки и ползучести, образования и развития различного рода структурных дефектов. В то же время под влиянием окружающей среды «худшие» факторы деструктурируют свойства материала менее интенсивно, чем исходно «лучшие».

Механизм приспособления бетона к условиям внешней среды связан, прежде всего, с «включением» его внутренних резервов для поддержания очередного уровня технического состояния.

Конец прошлого столетия показал, что функциональное приспособление структуры и свойств цементного бетона далеко не однозначно по качеству и долговечности.

Бетон – материал универсальный по своим свойствам, простой и мало энергоемкий в технологии производства, но сложный по своей капиллярно-пористой гетерогенной структуре. В действительности долговечность и надежность бетона в конструкциях и сооружениях, работающих в экстремальных условиях окружающей среды, во многих случаях можно оценить только на «удовлетворительно».

Согласно статистическому анализу, адаптационная изменчивость таких свойств бетона как трещиностойкость и коррозионная стойкость, связанная с приспособлением структуры и ее функций к условиям внешней среды, отвечает только эпохе классического бетона периода XIX и первой половины XX столетий.

Современные представления о технологических и технических свойствах бетона как композиционного материала разрабатываются с учетом строения и химии поверхности его составляющих компонентов, физико-химии их межфазного взаимодействия. Железобетонные конструкции гидромелиоративных сооружений также отличаются от железобетонных конструкций промышленных и гражданских зданий и сооружений некоторыми специфическими особенностями возведения и эксплуатации.

Основными отличиями являются:

работа в условиях водной среды; часто - массивность и тонкостенной конструкций при относительно малом содержании арматуры; большое влияние температурных воздействий водной и воздушной сред эксплуатации и агрессивность указанных сред.

Эти особенности учитываются при проектировании, расчете и строительстве гидротехнических систем и сооружений.

Прочность и долговечность железобетонных конструкций напрямую зависят не только от качества применяемых материалов, способа уплотнения бетонной смеси и условий выдерживания бетона, но и, главным образом, от рационального подбора состава бетонной смеси, ее подвижности (жесткости) и дозировки материалов.

Выполняя подбор состава гидромелиоративного бетона очень важно учитывать все параметры и компоненты бетона, таких как: состав бетона, правильный расчет состава бетона, баланс и правильные нормы содержания воды в бетонной смеси, оптимальное содержание песка в бетоне, коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя в бетоне, водоцементное отношение и структура бетона; температурные влажностные условия твердения в зависимостях прочности бетона от В/Ц, расчетно-экспериментальное прогнозирование морозостойкости при проектировании составов бетона, морозостойкость, водонепроницаемость, адаптация расчетных составов бетона к производственным условиям, цементы с минеральными добавками и портландцемент, не содержащими минеральных добавок, активные минеральные добавки в бетонах, химические добавки, заполнители бетона. От этих данных в основном зависит качество бетона, поэтому при производстве бетона необходимо учитывать все расчеты. Подбор состава бетона - дело и, можно сказать, искусство профессиональных строителей. Реализация сложных строительных проектов требует тщательного подбора строительных материалов. В этих условиях подбор состава бетона становится отдельной задачей, решение которой зависит от профессионализма строителей. Свойства бетона, достаточно хорошо изученные, зависят от многих

факторов. В их числе, водоцементное отношение, вид вяжущего, качество наполнителей, виброуплотнение и выдерживание готовой смеси.

В современном строительстве все больший интерес проявляется к композитной (FRP) арматуре (базальто-, стеклопластиковой и др.), обладающей рядом существенных преимуществ перед стальной арматурой – низкой плотностью, малой теплопроводностью, высокой прочностью и коррозионной стойкостью. (82)

Сегодня остро стоит вопрос о долговечности и календарном сроке службы неметаллической арматуры, поэтому актуальным является создание методов оценки и прогнозирования сроков службы данного материала. Известно, что на протяжении всего периода эксплуатации арматура находится под воздействием щелочной среды бетона ($\text{pH} = 12-13$), что является одним из основных факторов, ответственных за старение и разрушение данного материала. В работах (3,6,82) изучено влияние высокощелочной жидкой агрессивной среды на физико-механические свойства неметаллической арматуры. В качестве среды, моделирующей воздействие щелочной среды бетона, был выбран насыщенный раствор $\text{Ca}(\text{OH})_2$, при этом pH регулировалось в пределах 12,0-12,8. Получены экспериментальные температурно-временные зависимости изменения физико-механических характеристик арматурных стержней после экспозиции в $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Бетон является одним из самых распространенных строительных материалов. бетон, который при приготовлении армирован дисперсными волокнами (фибрами) именуется – фибробетоном (6).

Фибробетон обладает более высокой ударной прочностью, прочностью на срез и при растяжении, водонепроницаемостью, морозостойкостью, пожаростойкостью и сопротивлением кавитации.

Перечисленные достоинства в совокупности обеспечивают высокую эффективность применения данного материала, поэтому изделия из фибробетона, такие как фибробетонные блоки, панели и плиты используют в строительных конструкциях.

Технология производства фибробетона является обычной смесью песка, цемента, воды и определенного количества дисперсных волокон (фибры). Фибра, в свою очередь, производится из различных материалов.

Таблица1. Характеристики видов волокон, которые используют для изготовления фибробетона (38).

Волокно	Плотность, г/см³	Модуль упругости, МПа	Прочность на растяжение, МПа	Удлинение при разрыве, %
Полипропиленовое	0,9	3500–8000	400–700	10–25
Полиамидное	0,9	1900–2000	720–750	24–25
Полиэтиленовое	0,95	1400–4200	600–720	10–12
Акриловое	1,1	2100–2150	210–420	25–45
Нейлоновое	1,1	4200–4500	770–840	16–20
Вискозное сверхпрочное	1,2	5600–5800	660–700	14–16
Полиэфирное	1,4	8400–8600	730–780	11–13
Хлопковое	1,5	4900–5100	420–700	3–10
Карбоновое	1,63	280 000–380 000	1200–4000	2,0–2,2
Углеродное	2,00	200 000–250 000	2000–3500	1,0–1,6
Стеклоанное	2,60	7000–8000	1800–3850	1,5–3,5
Асбестовое	2,60	68 000–70 000	910–3100	0,6–0,7
Базальтовое	2,60–2,70	7000–11 000	1600–3200	1,4–3,6
Стальное	7,80	190 000–210 000	600–3150	3–4

С точки зрения экономической эффективности стальная арматура является оптимальным материалом для повышения прочности бетона. Свойства фибробетона как композиционного материала определяются свойствами составляющих его компонентов

Для производства фибробетона с наилучшими характеристиками необходимо выполнение следующих условий: добиться технологической совместимости бетона-матрицы и фибры, выбрать наилучшее сочетание вида фибры и бетона матрицы для того, чтобы получить необходимый по эксплуатационным характеристикам материал, для наиболее эффективного использования свойств прочности фибры необходимо максимальное заанкеривание фибры в бетоне. И необходимо учитывать, что при добавлении в бетон фибра должна быть очень тщательно перемешана, так как категорически не допускается попадание фибры комками.

Отмечается повышенная прочность на растяжение, изгиб, высокая трещиностойкость, водонепроницаемость, сопротивляемость ударным и циклическим нагрузкам, более высоким сопротивлением истиранию. Использование фибробетона в изгибаемых элементах повышает в значительных пределах трещиностойкость и вязкость по сравнению с чистым бетоном. При объемном содержании фибр 1-2,3% трещиностойкость бетона повышается в 2-3,3 раза, вязкость - 15-33 раза. При этом значительно снижаются трудозатраты.

В работе (83) установлена экономическая целесообразность сталестеклофибробетонов. Приводятся сравнительных расход на изготовление колец обделки тоннелей с применением традиционного бетона и сталестеклофибробетона Композитная арматура: достойная альтернатива металлическим изделиям.

В работах (76,83,84) рассмотрены ряд направлений в строительной области, в которых применение композитной арматуры предпочтительнее

металлического аналога. Прежде всего, к подобным сферам относятся гибкие связи при возведении многослойных ограждающих, облицовочных и других конструкций. Композитная арматура может быть использована для укрепления дорожного полотна, а также при возведении фундаментов и иных строительных работ. Данный материал нашел применение в восстановительных и реставрационных работах, ремонте. Современная технология производства арматуры позволила значительно снизить эксплуатационные и трудовые затраты на изготовление данного материала. В работе обоснована экономическая целесообразность применения композиционной арматуры вместо традиционной стальной.(84)

В настоящее время промышленность сборного и монолитного бетона все чаще начинает использовать комплексные добавки для одновременного повышения ряда свойств. Недостаточно изученным является вопрос о влиянии каждого компонента в составе комплексной добавки и о порядке введения данных добавок в бетонную смесь.

В работе (70) математическим планированием эксперимента проведена оптимизация новой комплексной добавки и выявлена роль каждого компонента в составе комплексной на физико-механические свойства бетона. Получены математические зависимости, позволяющие определить влияние каждого компонента комплексной добавки на прочность, морозостойкость и водонепроницаемость бетона. Исследовано влияние комплексной добавки и ее компонентов на усадку и кинетику набухания в сульфатных средах.

Грамотный подбор состава бетона позволяет получить водонепроницаемый бетон, морозостойкий бетон. Для достижения повышенных прочностных характеристик тяжелых бетонов в настоящее время разработаны довольно эффективные методы, а именно снижение водопотребности бетонной смеси за счет использования

суперпластификаторов, применение чистых высокопрочных фракционированных заполнителей, высокоактивных вяжущих веществ, микрозаполнителей и т.д. в сочетании со строгим контролем на всех стадиях технологического процесса.

Однако необходимо обратить внимание на возникающую в связи с этим проблему: с повышением прочности бетона растет и его хрупкость, снижаются пластично-деформационные свойства, что влечет за собой практически мгновенное разрушение материала при достижении им предельного состояния. Поэтому сейчас назревают предложения по введению повышенных коэффициентов безопасности и надежности при проектировании конструкций из высокопрочного бетона.

Таким образом, возникает необходимость повышения вязкости разрушения (трещиностойкости) высокопрочного бетона. Наиболее эффективное решение настоящей проблемы лежит в плоскости применения дисперсного армирования, способного обеспечить коренное улучшение механических характеристик бетона (прочности, трещиностойкости, ударопрочности и т.д.).

Повышение эксплуатационной надежности конструкций, в том числе в условиях действия агрессивных сред, возможность сокращения рабочих сечений конструкций, уменьшение расхода стержневой арматуры за счет увеличения несущей способности материала.

В работе (85) рассматриваются вопросы сцепления фибры цементной матрицей, так как создать композит, в котором прочность сцепления на границе раздела фаз «стальная фибра – матрица» преобладала бы над временным сопротивлением на разрыв самого волокна, весьма проблематично, причем в этом нет никакой необходимости для получения вязкого разрушения, то рассматривается случай: $l < l_{кр}$.

Разрушение происходит за счет нарушения границ раздела между волокном и матрицей и вытягивания волокон из матрицы, что в большей степени способствует вязкому разрушению. Таким образом, большее значение имеют касательные напряжения (τ), а не напряжения в самом волокне (σ), и вязкость разрушения, основной вклад в которую вносит энергия, затраченная на вытягивание волокон, зависит от:

- объемной доли волокон V_B ;
- величины касательных напряжений на границе раздела фаз «фибра – матрица»;
- геометрических характеристик волокон (l/d).

При этом важно, что зависимость энергии по вытягиванию от длины волокна является более тесной, так как в выражении (9) имеется показатель степени, поэтому для увеличения энергии по вытягиванию необходимо стремиться к увеличению длины волокна, а в связи с этим – к увеличению отношения (l/d). Исходя из этого установлено, что отношение длины волокна к его диаметру (l/d) в большей степени влияет на трещиностойкость, чем на прочность сталефибробетона.

Таким образом, критериями управления вязкостью разрушения фибробетонах следует считать:

- геометрические характеристики (типоразмер) волокон;
- объемную долю волокон в матрице;
- характеристику сцепления волокон с матрицей.

В данном случае дисперсная арматура, располагаясь в бетонной матрице, создает пространственный каркас, который препятствует образованию, росту и распространению трещин, при этом повышается не только прочность, но и, главное, вязкость разрушения бетона.

Соответствующий подбор состава бетона также требуется, чтобы качественно осуществить ремонт бетона. Как известно, для

гидротехнических сооружений срок твердения (возраст) бетона, отвечающий его классам по прочности на сжатие, на осевое растяжение и марке по водонепроницаемости, принимается, как правило, для конструкций ирригационных канальных и речных гидротехнических сооружений 180 суток, для сборных и монолитных конструкций морских и речных портовых сооружений - 28 суток. Срок твердения (возраст) бетона, отвечающий его проектной марке по морозостойкости, принимается 28 суток, для массивных конструкций, возводимых в теплой опалубке, 60 суток. Если известны сроки фактического нагружения конструкций, способы их возведения, условия твердения бетона, вид и качество применяемого цемента, то допускается устанавливать класс бетона в ином возрасте. Для сборных, в том числе предварительно напряженных конструкций, отпускную прочность бетона на сжатие следует принимать в соответствии с ГОСТ 13015.0-83, но не менее 70 % прочности принятого класса бетона.

Проектирование состава бетона сводится к трем взаимосвязанным задачам:

1. Назначение требований к техническим свойствам бетона и технологическим свойствам бетонной смеси.
2. Выбор материалов для бетона.
3. Собственно проектирование состава бетона, т. е. установление:
 - величины водоцементного отношения В/Ц,
 - оптимального зернового состава смеси заполнителей,
 - минимально необходимого расхода цемента Ц, кг/м³.

Эта система параметров удобна тем, что такие важные свойства бетона, как прочность, морозостойкость и водонепроницаемость, выражаются сравнительно простыми функциями от параметров состава бетона. Комплекс требований, предъявляемых к бетону, должен обеспечить

три основных качества: прочность, долговечность и экономичность бетона. Эти требования назначаются в проекте сооружения. Прочность бетона задается классами по прочности при сжатии и растяжении, с учетом напряженного состояния конструкции.

Долговечность бетона зависит от многих факторов и определяется рядом свойств, таких как морозостойкость, водонепроницаемость, водостойкость и др. Для массивных сооружений большое значение имеет термическая трещиностойкость бетона, которая обеспечивается пониженным тепловыделением, высокой предельной растяжимостью, малым коэффициентом температурного расширения. Параметры бетонной смеси должны обеспечить высокую технологичность ее транспортирования, укладки и уплотнения с учетом применяемых механизмов и методов бетонирования. Эти требования задаются в проекте производства работ в виде: осадки конуса (ОК), либо показателя жесткости (Ж), характеризующих удобоукладываемость; жизнеспособность и т. п.

Экономичность песчаного бетона определяется в основном расходом цемента, как наиболее дорогим компонентом в бетоне (если не принимать во внимание добавок). Здесь следует пояснить, что добавка не является обязательной составляющей в бетоне, а присутствие цемента – обязательно, но количество его для обеспечения требуемых свойств может быть и больше необходимого, что неоправданно увеличивает стоимость бетона. Поэтому общим экономическим принципом проектирования состава бетона является отыскание минимально необходимого расхода цемента.

2. Выбор материалов для бетона:

1. Выбор цемента

При выборе вида цемента учитывают следующие моменты:

- Агрессивность воды-среды. Если вода-среда характеризуется сульфатной агрессивностью, то следует применять сульфатостойкий

портландцемент, пуццолановый портландцемент или сульфатостойкий шлакопортландцемент;

- Положение песчаного бетона в сооружении. В зоне переменного уровня воды нельзя применять пуццолановый и шлаковый портландцементы из-за их низкой морозостойкости;

- Класс бетона по прочности. Высокоактивные цементы нецелесообразно применять для бетона, к которому не предъявляется высоких требований по прочности. Если для бетона низкой прочности использовать высокоактивный цемент, то расход цемента на 1 м³ бетонной смеси окажется по расчету недопустимо низким, и это вызовет ухудшение технологических свойств бетонной смеси и некоторых технических свойств бетона (повышенное водоотделение и пониженная связность бетонной смеси, снижение объемной массы и водонепроницаемости бетона). Активность цемента не должна превышать класс бетона по прочности более чем в 3 раза, если проектный возраст бетона 28 дней, или в 2 раза, если проектный возраст 180 дней.

2. Выбор заполнителей

Выбор заполнителей проводится на основании результатов испытаний отобранных проб, а также после технико-экономических сравнений различных вариантов заполнителей.

3. Выбор добавок

Для приготовления бетона чаще всего применяют поверхностно-активные добавки. Они могут вводиться в бетонную смесь при ее затворении в бетономешалке. Иногда эти добавки уже содержатся в самом цементе.

1.2. Особенности подбора состава гидромелиоративного бетона.

На практике правильно запроектировать состав бетона можно только экспериментальным подбором параметров под заданные свойства, т.е. из выбранных материалов готовят бетонную смесь и бетон произвольного состава и определяют их свойства путем испытаний. Если свойства испытанных образцов не соответствуют заданным, то изготавливают образцы другого состава, снова испытывают, и т. д. Важно, чтобы работа по проектированию свойств бетона была выполнена при минимальных затратах труда и не содержала лишних опытов. В работе (86) разработаны основные принципы нахождения параметров состава бетона.

Рассмотрим для наиболее простого случая – когда заданных свойств всего два:

- 1) прочность бетона при сжатии,
- 2) подвижность бетонной смеси.

Кроме того, пусть заполнители рассеиваются только на две фракции: фракция 0-5 мм - мелкий заполнитель (песок) и фракция более 5 мм – крупный заполнитель. В этом случае зерновой состав заполнителей характеризуется всего одним параметром γ – долей песка от массы заполнителей. Тогда определение параметров состава бетона можно провести по схеме, представленной в таблице.

Проектирование состава гидромелоративного бетона представляет собой несколько более сложную задачу, т.к. в число заданных свойств, помимо прочности и подвижности, обычно входят и другие, например, водонепроницаемость и морозостойкость. Кроме того, для повышения качества бетона смесь заполнителей составляют не из двух, а из большего числа фракций (0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-80 мм и т.д.), и параметр γ должен быть заменен другим, который условно обозначим ЗС. По существу, ЗС подразумевает набор чисел, выражающих процентное содержание каждой фракции в смеси заполнителей. Таким образом,

несколько видоизменяется постановка задачи по проектированию, которая показана в соответствующей колонке таблицы.

№ п.п	Подбор состава бетона		
		Конструкции промышленного и гражданского назначения	Гидротехнические здания и сооружения (ирригационные системы)
1.	Постановка задачи	<p>Задано:</p> <ul style="list-style-type: none"> - прочность бетона в возрасте 28 суток $R_{28} = R_{зад}$ - подвижность (осадка конуса) бетонной смеси $OK = OK_{зад}$ <p>Требуется определить:</p> <ul style="list-style-type: none"> - водоцементное отношение V/C, - оптимальную долю песка в смеси заполнителей g и расход цемента C. 	<p>Задано:</p> <ul style="list-style-type: none"> - прочность бетона в возрасте 180 суток $R_{180} = R_{зад}$, - водонепроницаемость бетона $W = W_{зад}$ - морозостойкость бетона $F = F_{зад}$ - подвижность (осадка конуса) бетонной смеси $OK = OK_{зад}$ <p>Требуется определить:</p> <ul style="list-style-type: none"> - водоцементное отношение V/C, - оптимальный зерновой состав заполнителей ZC и расход цемента C.
2.	Зависимости, используемые при проектировании	<p>Для решения поставленной задачи нужно экспериментально зависимости, связывающие свойства бетонной смеси и бетона с параметрами состава. Таких зависимостей две:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $R_{28} = f(V/C)$, 2. $OK = f(V/C, g, C)$. <p>Три неизвестных (V/C, g, C) из двух уравнений не могут быть найдены, следовательно задача имеет множество решений с различными</p>	

		<p>парами значений γ и C (B/C определяется однозначно из первой зависимости по заданной прочности R_{28}). Чтобы задача имела однозначное решение, добавим условие экономии цемента и запишем третьим номером равенство:</p> <p>3. $C = C_{\min}$.</p> <p>Это означает, что из всех возможных решений нужно найти такое, при котором расход цемента будет наименьшим. Наименьшему расходу цемента соответствует только одно значение параметра γ, которое называют оптимальным значением и обозначают $\gamma_{\text{опт}}$.</p>	
3.	<p>Определение величины водоцементного отношения</p>	<p>Расчетный способ</p> <p>Ориентировочно оценить величину водоцементного отношения, обеспечивающую заданную прочность бетона R_{28} , можно по уравнению:</p> $R_{28} = (A \cdot R_c) \cdot ((C/B) - 0,5),$ <p>где A – коэффициент, зависящий от вида и качества заполнителей Решая это уравнение относительно водоцементного отношения получаем:</p> $(B/C) = (A \cdot R_c) / (R_{28} \cdot 0,5 \cdot (A \cdot R_c))$	<p>Определение v, первую очередь величины B/C удобно уже потому, что свойства затвердевшего бетона (прочность, морозостойкость, водонепроницаемость) при неизменных материалах практически однозначно зависят от этого параметра, и не зависят от двух остальных параметров состава (зернового состава ZC и расхода цемента C). При этом устанавливается необходимое значение B/C для каждого из заданных свойств затвердевшего бетона (прочности, морозостойкости,</p>

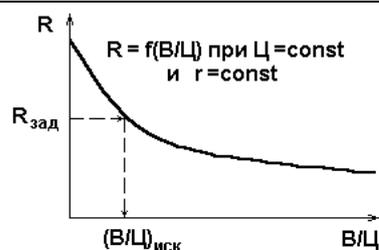
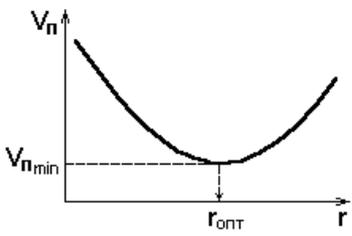
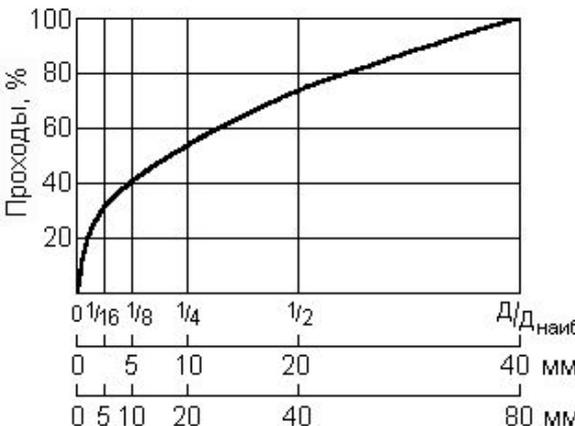


Рис. 1.1 Определение В/Ц по заданной точности

Экспериментальный способ

Значение водоцементного отношения находят по экспериментальным данным. Для этого готовят несколько бетонных смесей с различным В/Ц и с постоянными значениями расхода цемента Ц и доли песка г, взятыми произвольно, но в разумных пределах. Из каждой бетонной смеси изготавливают образцы-кубы, которые хранят в стандартных условиях и испытывают на прочность при сжатии в возрасте 28 суток. По полученным данным можно построить график зависимости и по нему (рис. 1.1), используя значение заданной прочности найти искомое В/Ц.

водонепроницаемости). При определении В/Ц по условиям прочности можно пользоваться не только экспериментальным, но и расчетным методом – методом абсолютных объемов.. Что же касается значений В/Ц, обеспечивающих заданные морозостойкость и водонепроницаемость, то эти значения обычно устанавливаются на основе эксперимента. При экспериментальном определении зависимостей, связывающих прочность, морозостойкость и водонепроницаемость бетона с величиной водоцементного отношения, необходимо приготовить образцы (кубы или цилиндры) из бетонных смесей с четырьмя-пятью различными значениями В/Ц и испытать их в требуемом возрасте. Значения В/Ц устанавливаются в соответствии с заданными марками по прочности, водонепроницаемости и морозостойкости: $R_{зад}$, $W_{зад}$, $F_{зад}$. Результаты испытаний образцов позволяют построить графики зависимостей рассматриваемых свойств от величины В/Ц. Графики имеют сходный характер — с увеличением В/Ц и прочность, и морозостойкость, и водонепроницаемость бетона снижаются. Из полученных трех значений В/Ц следует принять наименьшее, например,

			<p>обеспечивающее заданную прочность. При этом два других свойства бетона (морозостойкость и водонепроницаемость) будут обеспечены с избытком. Было бы совершенно неправильным принимать среднее арифметическое значение В/Ц или промежуточное значение из трех найденных, так как при этом одно из заданных свойств окажется ниже требуемого.</p>
<p>4.</p>	<p>Определение оптимальной доли песка в смеси заполнителей. Определение оптимального зернового состава заполнителей</p>	 <p>Рис. 1.2 Определение $r_{\text{опт}}$ по наименьшему объему пустот в смеси заполнителей.</p> <p>Способ 1. Определение $r_{\text{опт}}$ по наименьшему объему пустот в смеси заполнителей. При этом способе полагают, что минимальный расход цемента в бетоне получится в том случае, если сухая смесь песка и щебня (гравия) будет иметь наименьший объем межзерновых пустот. Тогда потребуется наименьшее количество цементного теста, а, следовательно, и цемента для заполнения этих пустот. Готовят несколько сухих смесей песка и щебня с различным параметром r и определяют для каждой</p>	 <p>Рис. 2.1. Идеальная кривая просеивания</p> <p>В настоящее время существует много различных способов для определения оптимального зернового состава заполнителей. Рассмотрены наиболее простые, но менее точные способы, один из которых рассмотрен ниже.</p> <p>Определение ЗС по идеальной кривой просеивания.</p> <p>На основе обширного экспериментального материала были установлены кривые просеивания смеси заполнителей, обеспечивающие минимальный расход цемента. Такие кривые часто</p>

смеси объем межзерновых пустот $V_{п}$. Строят график зависимости $V_{п} = f(r)$, по которому для наименьшего объема пустот находят $r_{опт}$ (рис. 1.2).

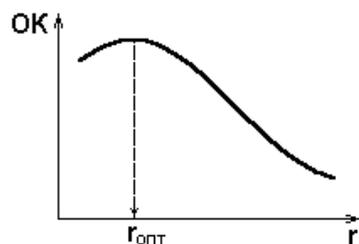


Рис. 1.3. Определение $r_{опт}$ по наибольшей подвижности бетонной смеси

Способ 2. Определение $r_{опт}$ по наибольшей подвижности бетонной смеси Рис. 1.3

Определение $r_{опт}$ по наибольшей подвижности бетонной смеси При этом способе за $r_{опт}$ принимают такое значение r , при котором бетонная смесь имеет наибольшую подвижность. В этом случае цемента в бетоне потребуется в наименьшем количестве. Затворяют несколько бетонных смесей с различным r и постоянными параметрами В/Ц и Ц. Водоцементное отношение берут равным найденному значению, а расход цемента Ц, поскольку он пока еще не установлен, принимают произвольно в разумных

называют идеальными. На рис. 2.1 изображена одна из таких идеальных кривых для песчано-гравийной смеси. По оси абсцисс откладывается безразмерная величина $D/D_{наиб}$, где D —размер зерен данной фракции или, иными словами, размер отверстий сита, через которое эти зерна проходят; $D_{наиб}$ — наибольшая крупность зерен заполнителя. По оси ординат откладываются так называемые проходы, т. е. масса зерен, проходящих через данное сито, в %. Построенная в таких координатных осях кривая может быть использована для установления оптимального зернового состава смеси заполнителей при любом $D_{наиб}$. Для этого необходимо в соответствии с безразмерной шкалой построить шкалу, на которой размеры отверстий сит выражены в мм. На рис. 2.1 построены две такие шкалы—для $D_{наиб} = 40$ мм и для $D_{наиб} = 80$ мм.

Таблица 1. Оптимальный зерновой состав заполнителей

Фракция, мм	Процентное содержание фракций	
	$D_{наиб}=40$ мм.	$D_{наиб}=80$ мм.
0—5	40	32
5—10	14	8
10—20	20	14
20—40	26	20

	<p>пределах. Для каждой бетонной смеси определяют осадку конуса и строят график зависимости $OK=f(r)$. По графику находят r_{opt}. Это значение соответствует наибольшей ОК (рис. 1.3). Следует особо подчеркнуть то обстоятельство, что оптимальную долю песка определяют не по заданной, а по наибольшей подвижности бетонной смеси. Заданная подвижность будет принята во внимание в дальнейшем— по ней устанавливается расход цемента. При этом, чем выше заданная подвижность бетонной смеси, тем больше требуется цемента для ее получения. Поэтому метод определения r_{opt} по наибольшей подвижности бетонной смеси обладает преимуществом перед другими методами, т.к. позволяет контролировать расход цемента непосредственно в бетонной смеси, автоматически учитывая особенности всех входящих в нее материалов. Следует иметь в виду, что при значении r, несколько меньшем r_{opt}, бетонные смеси могут оказаться недостаточно связными.</p>	<table border="1"> <tr> <td>40—80</td> <td>-</td> <td>26</td> </tr> </table>	40—80	-	26
40—80	-	26			
		<table border="1"> <tr> <td>Всего</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> </table>	Всего	100	100
Всего	100	100			
		<p>Пользуясь этой кривой, легко установить содержание отдельных фракций в смеси заполнителей. Так, например, если заполнитель рассеивается на фракции 0—5; 5—10; 10—20; 20—40 и 40—80 мм, то по разности соответствующих ординат получим процентное содержание каждой фракции, приведенное в табл. 1. Определение процентного содержания фракции 0—5 мм (мелкого заполнителя) по идеальной кривой просеивания следует считать предварительным. Крупный заполнитель, образующий жесткий скелет бетона, определяется из условия максимального заполнения объема с поправкой на его раздвижку растворной частью. При использовании пластифицирующих добавок учитывается объем вовлеченного в состав бетонной смеси воздуха.</p>			

		<p>Поэтому рекомендуется назначать долю песка несколько большей, чем $\gamma_{\text{опт}}$ по графику, а именно увеличивать γ на 0,02—0,03. Такое увеличение значения γ приводит лишь к весьма незначительному уменьшению осадки конуса.</p>	
5.	<p>Определение расхода цемента</p>	<div data-bbox="443 667 845 981" data-label="Figure"> </div> <p>Рис. 1.4 Определение расхода цемента по заданной ОК</p> <p>Эта задача решается экспериментально. Затворяют несколько (обычно четыре-пять) бетонных смесей, отличающихся расходом цемента. Смесей должны иметь одинаковые В/Ц и одинаковые γ, найденные ранее. Определяют ОК каждой смеси и по данным опыта строят график $OK=f(C)$. По заданной ОК находят необходимый расход цемента (рис. 20). Этот расход является минимальным, поскольку соотношение мелкого и крупного</p>	<p>Правильность проектирования состава бетона проверяется по фактической подвижности бетонной смеси и путем испытания образцов, приготовленных из бетона запроектированного состава. При этом необходимо, чтобы фактическая подвижность бетонной смеси соответствовала заданной или отличалась от нее не более чем на 1 см:</p> <p>$OK_{\text{факт}} = OK_{\text{зад}} \pm 1 \text{ см.}$</p> <p>Необходимо также, чтобы фактическое значение лимитирующего свойства бетона оказалось не ниже требуемого. В том случае, когда лимитирующим свойством является прочность бетона, для контроля готовят образцы-кубы из бетона запроектированного состава и испытывают их в соответствующем возрасте. Прочность образцов должна быть не ниже заданной, но и не превышать заданную более чем на 15%:</p> <p>$R_{\text{факт}} = (1-1,15)R_{\text{зад.}}$</p>

		<p>заполнителей (параметр r) было установлено так, чтобы гарантировать минимум расхода цемента. Определением минимально необходимого расхода цемента. заканчивается, по существу, решение задачи проектирования состава бетона, так как все три параметра, выражающие состав бетона (В/Ц, r и Ц), оказываются найденными. Остается лишь вычислить расход материалов в кг на 1 м³ бетона по одному из ранее изложенных методов (по методу абсолютных объемов или по методу, при котором объемная масса бетона известна).</p>	<p>Когда лимитирующим свойством является водонепроницаемость или морозостойкость, следует провести соответствующие испытания бетона запроектированного состава и убедиться в том, что значение лимитирующего свойства оказывается не ниже заданного.</p>
--	--	--	--

2. Сырьевые материалы и методики проведения экспериментов.

2.1. Характеристика сырьевых материалов.

При проведении исследований по изучению физико-механических свойств гидромелиоративного бетона из барханных песков применяли следующие виды материалов:

В качестве заполнителя для изучения физико-механических свойств песчаного бетона использовались пески следующих месторождений.

1. Бухарский барханный песок;
2. Самаркандский речной песок.

Характеристика песков различных месторождений приведена в табл. 2.1. Определен по методикам ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытаний.»



Характеристика песков различных месторождений:

Месторождение песка	Истинная плотность г/см ³	Средняя плотность, кг/м ³	Пустотность %	Модуль крупности Мк	Удельная поверхность, см ² /г
1. Бухарский	2.65	1390	48.0	0.44	365
2. Самаркандский	2.66	1430	47.2	0.56	276

Химико-минералогические, гранулометрические характеристики песков приведены в таблице:

Минеральный состав песка:

№	Наименование	Ед. изм.	Месторождение песка	
			Бухарское	Самаркандское
1	Кварц	%	70	
	Полевой шпат		15	
	Слюды: биотит, мусковит		4,5	
	Гранаты		1,5	
2	Пироксены, амфиболы	%	3,2	
	Кальцит		2,1	
	Гематит		0,2	
	Обломки пород		1,5	
	Лимонит		1	
	Опал		1	
3	Размеры фракций	мм		

Примечание: 1. ез – единичные зерна;

2. Количественный минералогический анализ проведен в лаборатории

В качестве вяжущего вещества в исследованиях был использован цемент Кызылкумского цементного завода. Физико-механические свойства применявшегося цемента определена в соответствии с требованиями ГОСТ 310.1.-76 «Цементы. Методы физических и механических испытаний».



Для приготовления бетонной смеси применяли водопроводную воду $pH=7$, удовлетворяющую требованиям ГОСТ 23732-79 «Вода для бетонов и растворов. Технические условия».

В республике запасы неразработанных базальтовых пород составляет 56,1 тыс.т - Гавасайское месторождение (блоки I-B, II-C1) Наманганская область Чустский район (трахи-базальтовые порфириты)

Базальтовая фибра (38) (от лат. fibra — волокно) — короткие отрезки базальтового волокна предназначенные для дисперсного армирования вяжущих смесей, типа бетона, в строительстве. Диаметр волокна от 20 мкм до 500 мкм. Длина волокна от 1 мм до 150 мм. Базальтовая фибра производится из расплава горных пород типа базальта при температуре выше 1400С. Назначение — дисперсное 3D армирование бетонных и других изделий на основе вяжущих.



Свойства: Уникальность материала состоит в том, что базальтовое волокно созданное из природного камня имеет очень хорошие показатели по химической стойкости. Волокна диаметром 16-18 мкм имеют 100 % стойкость к воде, 96 % к щелочи, 94 % к кислоте. Модуль упругости волокна находится в пределах от 7 до 60 ГПа, прочность на растяжение от 600 до 3500 МПа.

Дисперсное армирование базальтовой фиброй повышает следующие показатели изделий:

- Ударную прочность до 500 %. Этот показатель характеризует хрупкость материала и оценивается количеством работы, которую нужно затратить на разрушение материала.
- Сопротивление истираемости до 300 %.
- Прочность на растяжение при изгибе до 300 %, на раскалывание до 200 %, сжатие до 150 %, по осевому растяжению до 150 %.

- Предел трещиностойкости до 250 %. Этот показатель характеризует способность фибры препятствовать возникновению и распространению трещин, за счет трехмерного армирования.

- Морозостойкость до 200 %.

- Коррозионная стойкость до 500 %. Этот показатель достигается за счет отсутствия трещин и оказывает влияние на снижение глубины карбонизации.

- Кавитационная стойкость до 400 %.

- Водонепроницаемость до 150 %.

Преимущества применения. Базальтовая фибра повышает трещиностойкость в три раза, прочность на раскалывание в два раза, ударную прочность в 5 раз, что дает возможность эффективно использовать ее при возведении сейсмостойких сооружений, взрывобезопасных объектов и военных укреплений. Характеристики базальтовой фибры позволяют использовать ее для сооружения радиопрозрачных конструкций сложной формы. Базальтовая фибра позволяет повысить ударную нагрузку более чем в 5 раз. Основные преимущества гидросооружений изготовленных с применением базальтовой фибры это:

- Долговечность;

- Высокое сопротивление истираемости;

- Высокая ударная стойкость;

- Высокая морозостойкость;

- Высокая коррозионная стойкость;

- Повышенная водонепроницаемость.

Отличие базальтовой фибры от металлической состоит в том, что прежде всего базальтовая фибра не имеет в изделиях негативного катодного эффекта, так же она не подвержена какой либо коррозии. По объему одна металлическая фибра диаметром 1 мм соответствует более чем

600 базальтовых фибр, при этом площадь поверхности у базальтовой фибры больше в 25 раз. Удельный вес металлической фибры $7,8 \text{ т/м}^3$, а базальтовой $2,8 \text{ т/м}^3$. Это значит, что по массе фибры требуется в 2,7 раза меньше и изделие на основе базальтового волокна легче. Так же в изделия на основе базальтового волокна радиопрозрачны и не имеют эффекта трансформатора. Металлическую фибру выпускают разной конфигурации волнистую, с расплюснутыми и загнутыми концами для увеличения анкерности, в связи со слабой адгезией металла и цементной матрицы. Базальтовая фибра в изделиях имеет высокую адгезию с цементным камнем и ей не требуется дополнительных изменений конфигурации волокна. Так же, имея одну природу, цементный камень и базальтовая фибра имеют один коэффициент температурного расширения, в отличие от металлической. Дисперсионное армирование базальтовой фиброй повышает пластичность бетонной массы и уменьшает образование усадочных трещин и в отличие от стальной сетки, которая имеет ценность только после того, как бетон треснул, фибра предотвращает появление трещин в бетоне еще на стадии, когда он пребывает в пластическом состоянии.

Пластификатор



Пластификаторы для бетона – это специальные добавки, улучшающие технологические свойства бетонной смеси, а также строительно-технические свойства бетонов. Пластификаторы – самые используемые на сегодняшний день добавки для бетона, среди которых нужно выделить

суперпластификаторы СП-3, СП-1, Реламикс, Megaplast JK-02, JK-08, JK-15 и другие.

Способы применения пластификаторов для бетона:

- Добавление пластификатора для бетона с водой затворения в бетоносмеситель;
- Смешивание с песком и цементом во время приготовления растворной смеси;
- Растворение пластификатора в воде концентрации с последующим его добавлением в бетоносмеситель после введения основной массы воды.

Пластификаторы широко применяются с середины прошлого века. В настоящее время в основном встречается улучшенная версия пластификаторов - суперпластификаторы. Одним из лидеров по производству суперпластификаторов является наша компания.

На сегодняшний день часто применяются комплексные добавки в бетон. Например: на основе нафталин сульфонатных суперпластификаторов, а в дополнение специальные компоненты для ускорения затвердения бетона или улучшения пластифицирующего эффекта.

2.2. Методика проведения экспериментов.

Перед началом экспериментов непосредственно по поиску оптимального состава бетонной смеси согласно работе (5), проводим эксперименты с материалами для определения ряда параметров.

Эксперименты с песком проводим в соответствии с требованиями ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ».

Проводим следующие эксперименты:

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА И МОДУЛЯ КРУПНОСТИ

Зерновой состав определяют путем рассева песка на стандартном наборе сит.

Аппаратура:

Весы по ГОСТ 29329;

Набор сит по ГОСТ 6613 и сита с круглыми отверстиями диаметрами 10; 5 и 2,5 мм.;

Шкаф сушильный.

Подготовка к испытанию:

Аналитическую пробу песка массой не менее 2000 г высушивают до постоянной массы.

Проведение испытания:

Высушенную до постоянной массы пробу песка просеивают через сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм. Из части пробы песка, прошедшего через сито с отверстиями диаметром 5 мм, отбирают навеску массой не менее 1000 г для определения зернового состава песка.

Подготовленную навеску песка просеивают через набор сит с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм и с сетками № 1,25; 063; 0315 и 016.

Просеивание производят ручным способом. При ручном просеивании допускается определять окончание просеивания, интенсивно встряхивая каждое сито над листом бумаги. Просеивание считают законченным, если при этом практически не наблюдается падения зерен песка.

Обработка результатов:

По результатам просеивания вычисляют:

- частный остаток на каждом сите (a_i) в процентах по формуле

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100, \quad (3)$$

где m_i — масса остатка на данном сите, г;

m — масса просеиваемой навески, г;

- полный остаток на каждом сите (A_i) в процентах по формуле

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i, \quad (4)$$

где $a_{2,5}$, $a_{1,25}$, a_i — частные остатки на соответствующих ситах;

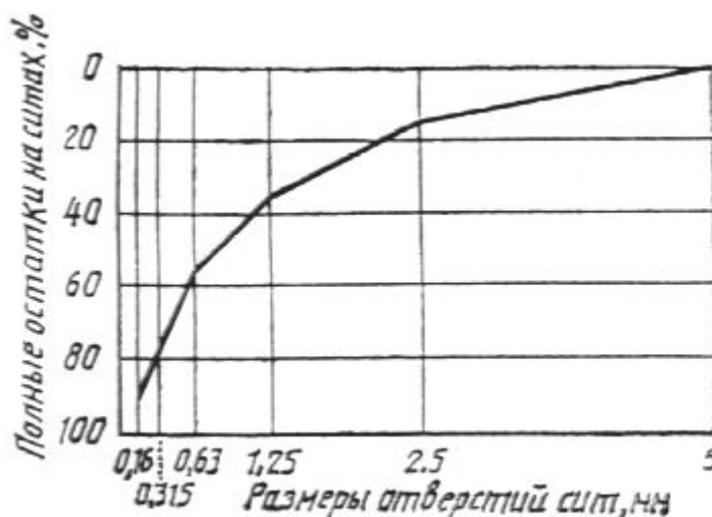
- модуль крупности песка (M_k) без зерен размером крупнее 5 мм по формуле

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100}, \quad (5)$$

где $A_{2,5}$, $A_{1,25}$, $A_{0,63}$, $A_{0,315}$, $A_{0,16}$ — полные остатки на сите с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм и на ситах с сетками № 1,25; 0,63; 0,315, 0,16, %.

Результат определения зернового состава песка оформляют в соответствии с табл. 1 или изображают графически в виде кривой просеивания в соответствии с черт. 1.

Кривая просеивания



Черт. 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИННОЙ ПЛОТНОСТИ

Пикнометрический метод

Сущность метода:

Истинную плотность определяют путем измерения массы единицы объема высушенных зерен песка.

Аппаратура:

Пикнометр вместимостью 100 см³ по ГОСТ 22524.

Весы по ГОСТ 29329 или ГОСТ 24104.

Эксикатор по ГОСТ 25336.

Шкаф сушильный.

Ванна песчаная или водяная баня.

Вода дистиллированная по ГОСТ 6709.

Подготовка к испытанию:

Из аналитической пробы песка берут навеску около 30 г, просеивают ее через сито с отверстиями диаметром 5 мм, высушивают до постоянной массы и охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе над концентрированной серной кислотой или безводным хлоридом кальция. Высушенный песок перемешивают и делят на две части.

Проведение испытания:

Каждую часть навески всыпают в чистый высушенный и предварительно взвешенный пикнометр, после чего взвешивают его вместе с песком. Затем наливают в пикнометр дистиллированную воду в таком количестве, чтобы пикнометр был заполнен примерно на $\frac{2}{3}$ его объема, перемешивают содержимое и ставят его в слегка наклонном положении на песчаную ванну или водяную баню. Содержимое пикнометра кипятят в течение 15—20 мин для удаления пузырьков воздуха; пузырьки воздуха могут быть удалены также путем выдерживания пикнометра под вакуумом в эксикаторе.

После удаления воздуха пикнометр обтирают, охлаждают до температуры помещения, доливают до метки дистиллированной водой и взвешивают. После этого пикнометр освобождают от содержимого,

промывают, наполняют до метки дистиллированной водой и снова взвешивают. Все взвешивания производят с погрешностью до 0,01 г.

Обработка результатов:

Истинную плотность песка (ρ) в г/см³ вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{(m - m_1)\rho_в}{m - m_1 + m_2 - m_3}, \quad (15)$$

где m — масса пикнометра с песком, г;

m_1 — масса пустого пикнометра, г;

m_2 — масса пикнометра с дистиллированной водой, г;

m_3 — масса пикнометра с песком и дистиллированной водой после удаления пузырьков воздуха, г;

$\rho_в$ — плотность воды, равная 1 г/см³.

Расхождение между результатами двух определений истинной плотности не должно быть более 0,02 г/см³. В случаях больших расхождений проводят третье определение и вычисляют среднее арифметическое двух ближайших значений.

$$\rho = \frac{(m - m_1)\rho_в}{V\rho_в + m - m_3}, \quad (16)$$

где V — объем пикнометра, мл.

Остальные обозначения — по формуле (15).

Ускоренное определение истинной плотности

Сущность метода:

Истинную плотность определяют путем измерения массы единицы объема высушенных зерен песка с использованием прибора Ле-Шателье.

Аппаратура:

Прибор Ле-Шателье (черт. 4).

Весы по ГОСТ 29329 или ГОСТ 24104.

Стаканчик для взвешивания или фарфоровая чашка по ГОСТ 9147.

Эксикатор по ГОСТ 25336.

Шкаф сушильный.

Сито с круглыми отверстиями 5 мм.

Прибор Ле-Шателье

Подготовка к испытанию:

Из аналитической пробы берут около 200 г песка, просеивают его через сито с отверстиями диаметром 5 мм, насыпают в стаканчик для взвешивания или в фарфоровую чашку, высушивают до постоянной массы и охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе над концентрированной серной кислотой или над безводным хлоридом кальция. После этого отвешивают две навески массой по 75 г каждая.

Проведение испытания:

Прибор наполняют водой до нижней нулевой риски, причем уровень воды определяют по нижнему мениску. Каждую навеску песка всыпают через воронку прибора небольшими равномерными порциями до тех пор, пока уровень жидкости в приборе, определенный по нижнему мениску, не поднимется до риски с делением 20 см³ (или другим делением в пределах верхней градуированной части прибора).

Для удаления пузырьков воздуха прибор поворачивают несколько раз вокруг его вертикальной оси.

Остаток песка, не вошедший в прибор, взвешивают, все взвешивания производят с погрешностью до 0,01 г.

Обработка результатов:

Истинную плотность песка (ρ) в г/см³ вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m - m_1}{V}, (17)$$

где m — масса навески песка, г;

m_1 — масса остатка песка, г;

V — объем воды, вытесненный песком, см³.

Расхождение между результатами двух определений истинной плотности не должно быть больше 0,02 г/см³. В случаях больших расхождений производят третье определение и вычисляют среднее арифметическое двух ближайших значений.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАСЫПНОЙ ПЛОТНОСТИ И ПУСТОТНОСТИ

Определение насыпной плотности:

Сущность метода:

Насыпную плотность определяют путем взвешивания песка в мерных сосудах.

Аппаратура:

Весы по ГОСТ 29329, ГОСТ 24104 или платформенные весы.

Сосуды мерные цилиндрические металлические вместимостью 1 дм³ (диаметр и высота 108 мм) и вместимостью 10 дм³ (диаметр и высота 234 мм).

Шкаф сушильный.

Линейка металлическая по ГОСТ 427.

Сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм.

Подготовка к испытанию:

При определении насыпной плотности в стандартном неуплотненном состоянии при входном контроле испытания проводят в мерном цилиндрическом сосуде вместимостью 1 дм³, используя около 5 кг песка, высушенного до постоянной массы и просеянного через сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм.

При определении насыпной плотности песка в партии для перевода количества поставляемого песка из единиц массы в объемные единицы при приемочном контроле испытания проводят в мерном цилиндрическом

сосуде вместимостью 10 дм³. Песок испытывают в состоянии естественной влажности без просеивания через сито с отверстиями диаметром 5 мм.

Проведение испытания:

При определении насыпной плотности песка в стандартном неуплотненном состоянии песок насыпают совком в предварительно взвешенный мерный цилиндр с высоты 10 см от верхнего края до образования над верхом цилиндра конуса. Конус без уплотнения песка снимают вровень с краями сосуда металлической линейкой, после чего сосуд с песком взвешивают.

При определении насыпной плотности песка в партии для перевода количества поставляемого песка из единиц массы в объемные единицы песок насыпают совком в предварительно взвешенный мерный цилиндр с высоты 10 см от верхнего края цилиндра до образования над верхом цилиндра конуса. Конус без уплотнения песка снимают вровень с краями сосуда металлической линейкой, после чего сосуд с песком взвешивают.

Обработка результатов:

Насыпную плотность песка (ρ_n) в кг/м³ вычисляют по формуле

$$\rho_n = \frac{m_1 - m}{V}, (18)$$

где m — масса мерного сосуда, кг;

m_1 — масса мерного сосуда с песком, кг;

V — объем сосуда, м³.

Определение насыпной плотности песка производят два раза, при этом каждый раз берут новую порцию песка.

Примечание. Насыпную плотность песчано-гравийной смеси определяют по ГОСТ 8269.0.

Определение пустотности

Пустотность (объем межзерновых пустот) песка в стандартном неуплотненном состоянии определяют на основании значений истинной

плотности и насыпной плотности песка, предварительно установленных по разд. 8 и п. 9.1.

Пустотность песка ($V_{м.п.}$) в процентах по объему вычисляют по формуле

$$V_{м.п.} = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho \cdot 1000}\right) \cdot 100, (19)$$

где ρ — истинная плотность песка, г/см³;

ρ_n — насыпная плотность песка, кг/м³.

Результаты испытаний:

Месторождение	Истинная плотность г/см ³	Средняя плотность, кг/м ³	Пустотность %	Модуль крупности Мк	Удельная поверхность, см ² /г
Бухарское	2,65	1390	48	1.72	365,0



Цемент для проведения экспериментов испытываем по ГОСТ 310.2-76 «Цементы. Методы определения тонкости помола», ГОСТ 310.3-76 «Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема», ГОСТ 310.4-81 с изм. «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии».

Результаты испытаний

№	Вид испытаний	Метод испытаний, пункт НД	Значение требований по НД	Фактическое значение	Выводы
1	2	3	4	5	6
1	Тонкость помола по остатку на сите, %	ГОСТ 310.2-76	Не более 15	8,0	соответствует
2	Водопотребность для получение цементного теста нормальной густоты, %	ГОСТ 310.3-76	Не нормируется	22	соответствует
3	Наличие признаков ложного схватывания	ГОСТ 310.3-76	Признаков ложного схватывания не должно быть	Признаки ложного схватывания отсутствуют	соответствует
4	Равномерность изменения объема при твердении	ГОСТ 310.3-76	Должны выдержать испытание на равномерность изменения в объеме при твердении	Выдержали испытание все 6 образцов	соответствует
5	Сроки схватывания, h-min: - начало - конец	ГОСТ 310.3-76	Не ранее 0-45 Не позднее 10-00	1-20 1-50	соответствует
6	Предел прочности, МПа, пропаренных	ГОСТ 310.4-81 с изм.	Не менее 24 для 2-ой группы по		соответствует

	образцов по режиму 3+6+3 часа при 85...95 С при: - сжатии - изгибе		эффективности пропаривания	29 4,5	
7	Предполагаемая (100 % -ная) прочность на 28 сутки твердения при: - сжатии - изгибе Марка	ГОСТ 310.4-81 с изм.	Не менее 39,2 Не менее 5,4 Не менее 400	$29 \cdot 100 / 70 =$ 41,4 $4,5 \cdot 100 / 70 = 6,$ 43 400	соответствует

3. Исследование и разработка состава песчанного бетона с фибро волокнами

3.1. Разработка состава бетонный смеси из барханного песка

В проведенном исследовании были использованы барханные пески с модулем крупности 1,72 с насыпной плотностью 1,21 т/м³. В качестве вяжущего использовался сульфатостойкий цемент М400 Навоийского цементного завода.

Производство бетонных изделий и конструкций – наиболее материало-, энерго- и трудоемкая область строительной индустрии. Важнейшей задачей современного строительного материаловедения является разработка высокоэффективных способов улучшения структуры, физико-механических и функциональных свойств бетонов и изделий, а также снижение удельных расходов вяжущего и дорогостоящих модифицирующих добавок. Одним из основных направлений в

совершенствовании структуры и свойств бетона, экономии цемента является применение функциональных химических добавок (72, 75). Однако только с помощью химических добавок изменить свойства бетона с учётом уровня современных требований весьма сложно. Кроме того, большой расход добавок, улучшая одни свойства бетона, ухудшает другие. Другим путём направленного изменения структуры и свойств бетона и бетонной смеси является активация их компонентов. Совместная механическая активация цемента с волокном сможет не только улучшить прочностные свойства получаемого бетона, но и на порядок снизить количество вводимых в бетон химических добавок. В связи с этим применение механической активации компонентов бетонной смеси в производстве мелкозернистого бетона представляется актуальным.

Было рассмотрено 6 различных состава с водоцементным отношением 0,4 и 0,5. Для улучшения трещиностойкости и увеличения физико-механических свойств бетона в составах 3, 4, 5 и 6 применялось базальтовое фиброволокно в количестве 5 % от массы цемента. В составах 5, 6 кроме этого для улучшения технологических свойств бетона вводился химическая добавка С-3.



Композиционный состав для получения качественного бетона для ирригационных систем на основе минерального вяжущего включает: сульфатостойкий цемент М400; молотый песок и микроволокно базальтовое. Образцы бетона размером 4x4x16 см указанных составов после двухчасовой выдержки проходили тепловлажностную обработку (ТВО) при изотермической температуре 85 °С по режиму 2+8+2 ч. Полученные результаты испытаний прочности образцов приведены в табл.1

Таблица 1

№ составов	R изгиб, МПа				R сжатие, МПа			
	после ТВО	7 сут	14 сут	28 сут	после ТВО	7 сут	14 сут	28 сут
1	3,2	3,7	4,8	7,2	7,1	8,2	10,6	16,9
2	2,4	2,8	3,8	5,4	4,7	6,1	11,0	15,4
3	4,7	5,3	8,5	11,1	21,7	24,4	26,0	28,5
4	4,0	4,5	6,7	9,0	11,8	14,2	16,3	22,8



3.2 Влияние фибр (базальтовой волокно) бетона на прочность изгиба при растяжении и на сжатии.

Анализ результатов табл.1 показал, что прочность образцов с составом № 3 при водоцементном отношении В/Ц=0,5 (относительно прочности образцов контрольного состава № 1) увеличил на 123% по показателю растяжение на изгиб; прочность на сжатие увеличивался на 305 %. Состав № 4 при водоцементном отношении В/Ц=0,4 (относительно прочности образцов контрольного состава № 2) увеличил на 166% по показателю растяжение на изгиб.

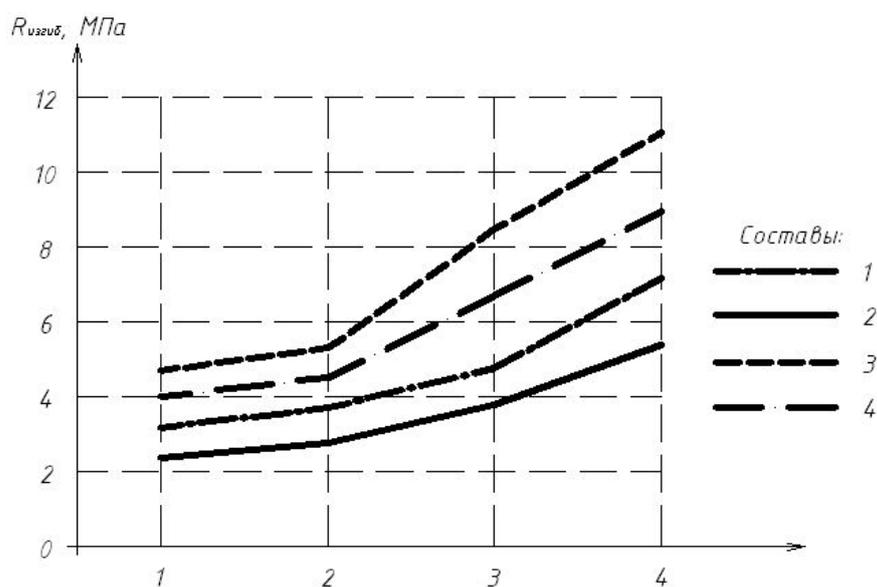


Рис. 1. Результаты испытаний образцов на изгиб

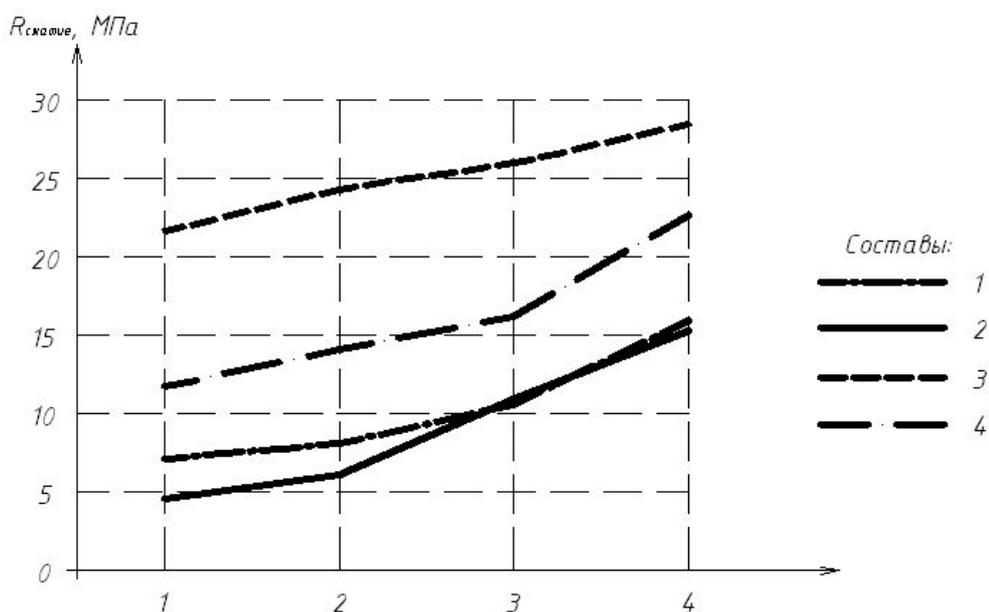


Рис. 2. Результаты испытаний образцов на сжатие

Полученные результаты объясняются следующим.

Структурообразование сопровождается процессом образования кристаллогидратов, срастанием микроволокна с матрицей цементного камня и уплотнением структуры бетона. Наполнители в виде измельченного песка, входящие в состав, способствуют уплотнению искусственного камня за счет блокирования и заполнения пор сопоставимого размера. Микроволокно, срастаясь с частицами цементного камня, увеличивает прочность контактной зоны. Механическая активация способствует увеличению удельной поверхности цемента, что, в свою очередь, способствует уплотнению структуры бетона. При помоле цементных минералов активизируется. У домолотого цемента частицы реагируют с водой более активно. При уменьшении размера частиц, происходит увеличение доли поверхностных несвязанных атомов, что увеличивает активность частиц и ведет к уменьшению содержания внутренних дефектов.

Определенным недостатком технологии композиции является скопление фибр в кучу. Для устранения этого недостатка волокно дробили до определенной величины при совместном помоле с цементом. Это дало возможность устранить отмеченный недостаток. Комплексы глубокой активации на основе совмещения методов тонкого помола цемента с последующей вибро и гидроактивацией.

Для комплексной активации характерно наибольшее увеличение вяжущих свойств цемента. Соответственно, марочная прочность бетонных изделий на основе активированных материалов будет значительно выше, а экономия цемента на производстве будет максимальной. Комплексная активация цемента включает в себя как работы по увеличению удельной

поверхности цемента, либо иного вяжущего компонента, так и последующую гидроактивацию материала в смесителе-активаторе. Полученный активированный водоцементный раствор может быть использован для производства различных бетонных изделий и конструкций. Особенно актуально использование комплексов активации материалов в производстве мелкозернистого бетона с фиброволокном. При производстве мелкозернистого бетона на барханных песках применение комплексной активации цемента и смешивание фибри позволяет получать материал увеличенной прочности (до + 85% от прочности контрольных образцов), значительно сократить сроки выдержки материала в формах, тем самым резко увеличить оборот формующей оснастки на производстве, сократить процент повреждения изделий при распалубке (кассетные формы) либо резке (резательные комплексы). И, наконец, применение комплексной активации цемента позволяет значительно сократить расход высокомарочного цемента. Использование комплексной активации компонентов делает возможным применение для выпуска превратив его в материал с отличными эксплуатационными характеристиками, и выпуская на его основе водонепроницаемые облицовочные строительные материалы, полностью отвечающие требованию ГОСТа.

Анализ результатов показывает, что для всех составов, где присутствует базальтовое волокно, характерны тенденции к увеличению прочностных показателей на сжатие, особенно на растяжение и изгиб.

При испытании образцов с добавками базальтового волокна на изгиб, при растяжении наблюдался вяло текущий разрыв, что отличается от тенденции разрушения образцов с контрольным составом, которые разрушались практически со взрывом. Т.е. после начала хрупкого разрушения для образцов с добавками волокна требуются дополнительные усилия для полного их разрушения. Исходя из этого можно сделать вывод

о том, что микроволокна, сцепляясь с матрицей цементного камня, до определенного времени не дают быстрого хрупкого разрушения конструкций, что является немаловажным фактором эксплуатации таких конструкций в сейсмоопасных районах.

После выбора оптимального составов за основу дальнейших исследованиях приняты составы № 3 и 4.

С целью изучения влияние химической добавки, улучшения физико-механических и технологических свойств мелкозернистого бетона барханном песке добавляли суперпластификатор С-3 в 1,5% от массы цемента с водой затворения. В/Ц отношения остался безизменения, способ приготовления и режимы выдерживания бетонной смеси соответствовал к прежнем условиям.

Таблица 1

№ составов	R изгиб, МПа				R сжатие, МПа			
	после ТВО	7 сут	14 сут	28 сут	после ТВО	7 сут	14 сут	28 сут
3	4,7	5,3	8,5	11,1	21,7	24,4	26,0	28,5
4	4,0	4,5	6,7	9,0	11,8	14,2	16,3	22,8
5	5,1	5,6	8,7	11,7	20,9	24,8	28,4	30,2
6	4,2	4,7	6,6	9,4	12,6	15,9	17,4	24,7

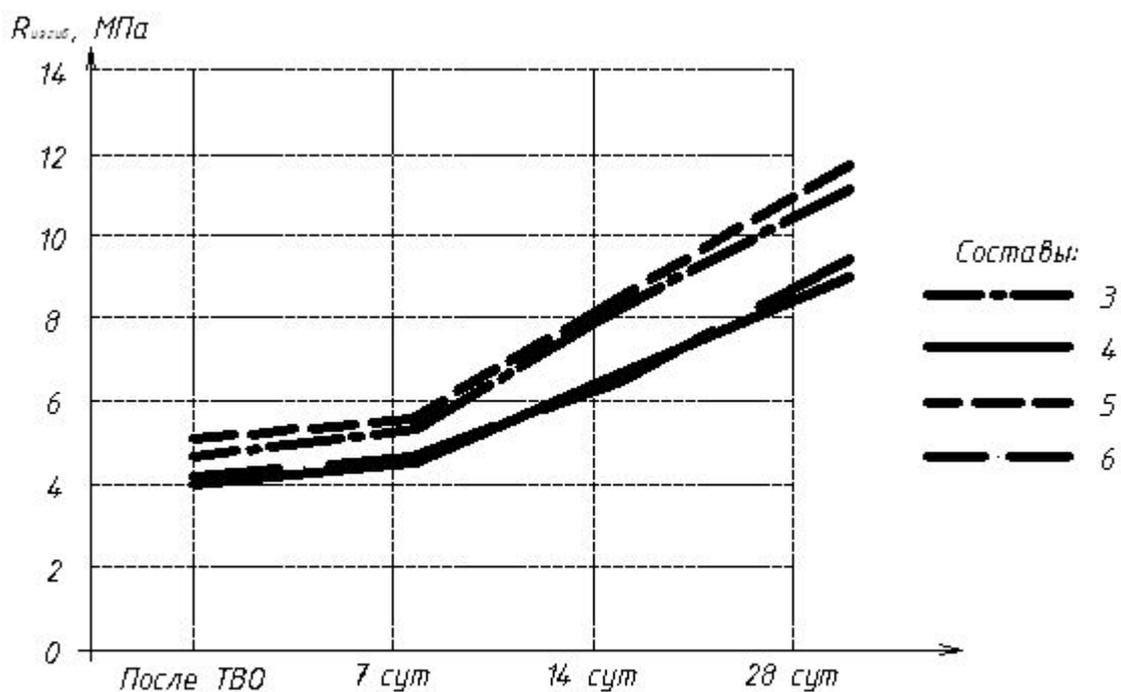


График испытания образцов на изгиб

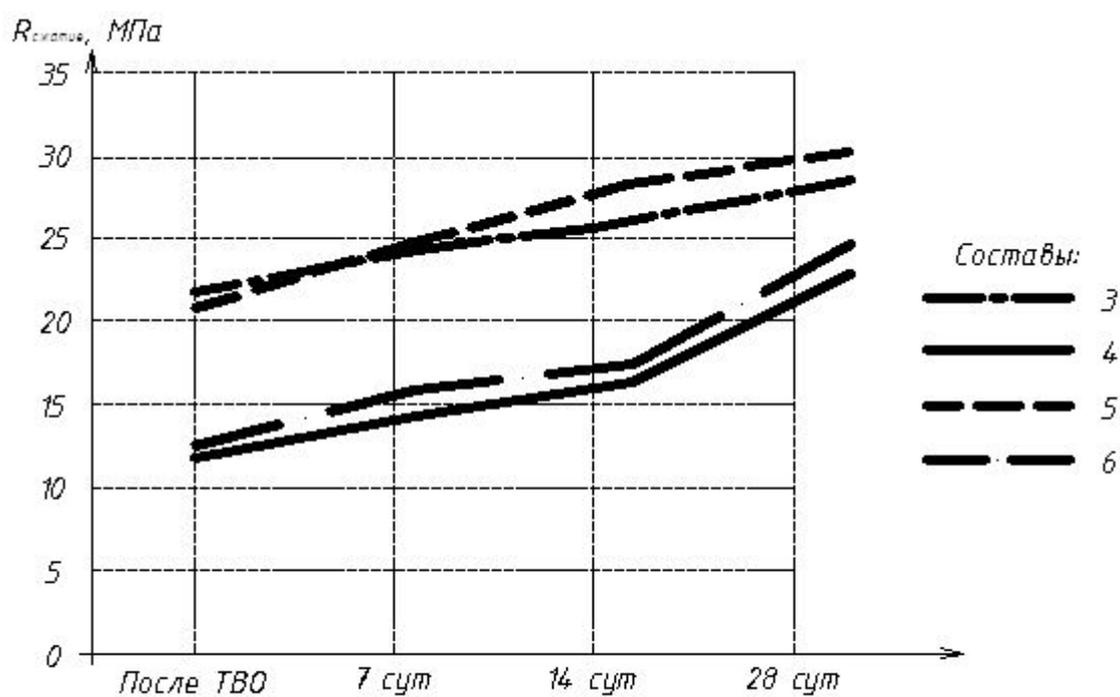


График испытания образцов на сжатие

Как показывает полученные результаты применение суперпластификатора С-3 дало возможность увеличения пластичности

смеси улучшая удобоукладываемость и формуемость и увеличил прочностные характеристики на 5-10%.

Базальтовая волокно (арматура) отличается от остальных составляющих в бетонной смеси своей формой. Частицы цемента и барханного песка имеет приближенным к шарообразным формам. Длина не мене 1000 раз больше чем диаметра волокна. И именно эта особенности улучшает конструкционных свойств песчаного бетона.

Анализируя результаты испытаний прочности на сжатие и изгиб выше приведенных составов(табл.1 и табл.2), можно сделать вывод, что фибробетонах наблюдается рост прочности на изгиб и на сжатии. Согласно вышеизложенному , это объясняется армирующей способностью фибры.

Улучшение структуры твердеющей системы происходит на основе реакционного взаимодействия базальтовой фибры с цементной матрицей.

Базальтовое волокно, обладая рыхлой веретено образной структурой хемосорбционно взаимодействует с цементной системой, вызывая в зоне контакта рост новообразований. Что упрочняет структуры матрицы за счет сцепления, а точнее срастания волокон базальта с новообразованиями твердеющей цементной матрицы. Уплотняя структуру межпорового пространства песчаного бетона.

Исходя из изложенного и анализируя данные, полученные при проведении эксперимента можно сделать следующие выводы:

1. Применение базальтового волокна в количестве 5 % от массы цемента увеличило прочность песчаного бетона на изгиб при растяжении на 123 % и 166 %, а на сжатие на 168,64 % и 148,14.

2. Применение суперпластификатора С-3 улучшает удобоукладываемость и формуемость бетонной смеси что важно при производстве тонкостенных конструкций для ирригационных каналов и увеличивает прочностные характеристики на 5-10 % затвердившего бетона.

3. Применение в исследуемых составах мелкозернистых бетонов с микроволокном при облицовке каналов снижает вес конструкции ;
4. Изменяется система армирования, снижается расход арматуры и трудозатраты на укладку бетона;
5. Увеличивается трещиностойкость бетона, что повышает сейсмостойкость сооружения.

3.3 Моделирование определение оптимальной длины сцепления базальтовой волокно с цементным камнем.

Несмотря на значительные успехи в создании композиционных материалов армированных дискретными волокнами до настоящего времени нет единой методики определения основных параметров армирующих компонентов.

К таким параметрам следует отнести длину волокон и их количественное содержание. В основном содержание волокон определяется на основании правила аддитивности, позволяющего определить количество непрерывных волокон, и только затем, введя коэффициенты ориентации волокон, определяют содержание дискретных волокон.

В работе (87) рассматривая армирование микрообъема, имеющего длину l , сделав допущение: сцепление между волокном и матрицей является идеальным и сохраняется в процессе работы, тогда согласно правилу аддитивности, нагрузка воспринимаемая микрокомпозитом при осевом растяжении составит:

$$P_k = P_v + P_m (1)$$

где P_k , P_v , P_m - соответственно, нагрузка на композит, волокно и матрицу, Н, кгс;

Выполнив определенные преобразования, определяют содержание волокон:

$$\sigma_K F_K = \sigma_B F_B + \sigma_M F_M \quad (2)$$

$$\text{или } \sigma_K = \sigma_B v_B + \sigma_M v_M = \sigma_B (1 - v_M) + \sigma_M v_M \quad (3)$$

$$\sigma_K = E_M \varepsilon_M v_M + E_B \varepsilon_B v_B, \quad v_M + v_B = 1, \quad \sigma_K = E_M \varepsilon_M v_M + E_B \varepsilon_B (1 - v_M), \quad (4)$$

где $\sigma_K, \sigma_B, \sigma_M$ - напряжения композита, волокна и матрицы, МПа, кгс/см²;

F_K, F_B, F_M - площадь поперечного сечения композита, волокна и матрицы, см²;

v_M, v_B - объемные доли матрицы и армирующих волокон;

E_K, E_B, E_M - модули упругости, МПа.

Рассматривая работу армированных композиционных материалов и характер их разрушения, можно отметить, что для получения упрочняющего эффекта следует применять волокна, модуль упругости и прочность которых выше соответствующих характеристик матрицы. На особенности композиционного материала значительное влияние оказывает соотношение между предельными деформациями волокон ε_B и матрицы ε_M , которые может изменяться в широких пределах: 1 –

$$\varepsilon_B = \varepsilon_M; \quad 2 - \varepsilon_B < \varepsilon_M; \quad 3 - \varepsilon_B > \varepsilon_M.$$

Упрочнение дискретными волокнами отличается от армирования непрерывными волокнами тем, что упрочняются отдельные микрообъемы, а не весь объем, следовательно, волокна должны быть расположены в объеме материала равномерно, чтобы передача усилий происходила непрерывно. Таким образом, следует рассматривать не только вопросы, связанные с упрочнением микрообъема, но и взаимосвязь (передачу усилий между микроблоками).

В исследовании (87) предлагается несколько иной подход для определения содержания волокон, исходя из соображений равенства нагрузок, которые выдерживают единичные объемы волокна и матрицы

$$P_M = P_B, \quad (5)$$

Для микрообъема композиционного материала, армированного волокном, матрица должна выдерживать нагрузку, которую выдерживает волокно диаметром d . Превышение прочности матрицы позволяет сделать вывод, что количество волокон недостаточно в микрообъеме композита и, наоборот, пониженная прочность матрицы по сравнению с волокном говорит о повышенном содержании волокон, следовательно, в ситуации, когда матрица и волокно сечением F_B и F_M , выдержав одинаковую нагрузку, является оптимальным.

Следовательно, нагрузки, которые выдерживают волокно и матрица должны быть одинаковы. Их можно определить исходя из максимальных напряжений, которые могут выдержать волокно и матрица:

$$P_B = \sigma_B F_B; P_M = \sigma_M F_M, (6)$$

Тогда равенство (5) примет вид:

$$F_M \sigma_M = F_B \sigma_B, (7)$$

Площадь поперечного сечения матрицы единичного объема составит:

$$F_M = F_B \sigma_B / \sigma_M = \pi d^2 / 4 \times (\sigma_B / \sigma_M), (8)$$

где d - диаметр волокон.

Умножив на критическую длину волокон ($l_{кр}$), определим единичные объемы волокна и матрицы:

$$V_B = \pi d^2 l_{кр} / 4, V_M = \pi d^2 l_{кр} / 4 \times (\sigma_B / \sigma_M); (9)$$

где $l_{кр}$ - критическая длина волокон, см.

Тогда, содержание волокон в матрице можно определить из соотношения единичных объемов волокна и матрицы:

$$\mu = V_B / V_M \times 100\%, \mu = \sigma_M / \sigma_B \times 100\%, (10)$$

где μ - содержание волокон, %

При хаотичном армировании волокна ориентируются в трех плоскостях, следовательно, количество волокон необходимо увеличить на коэффициент, зависящий от технологии укладки, равный от 1 до 3. Тогда

количество волокон, необходимое для армирования определим из выражения:

$$\mu^1 = n \times \mu, \quad (11)$$

где μ^1 - количество дисперсных волокон;

n - коэффициент, зависящий от технологии укладки.

Исходя выше указанной принципа определения оптимального содержания армирования определяем для нашего случая.

Волокно	Плотность, г/см ³	Модуль упругости, МПа	Прочность на растяжение, МПа	Удлинение при разрыве, %
Базальтовое	2,60–2,70	7000–11 000	160–320	1,4–3,6

Диаметр волокон (6-21) мкм

Для песчаного бетона проектной марки 200 определяем оптимальное содержание и длину базальтовой волокна.

Необходимо определить оптимальное содержание волокон прочностью на растяжении $(1600-3200)/2 = 240$ МПа среднее значение, для получения композита на основе матрицы, прочностью 3 МПа.

Из соотношения пределов прочности, при равномерной укладке, находим: $\mu = \sigma_M / \sigma_B \times 100\% = 3/240 \times 100\% = 1,3\%$

Принимая во внимание что волокно армирует матрицу по трем направлениям

$$\mu = 3 \mu = 3 \times 1,3 = 4 \%$$

Теоритические расчеты показывает процент армирования 4% что близко установленный нами экспериментальными данными 5% .

Экспериментальная проверка влияния содержания волокон на механическую прочность была проведена на образцах, изготовленных из цементно-песчаного бетона размером 4x4x16 см.

В результате исследования были определены прочности при растяжении, сжатии, изгибе. Результаты экспериментов близость

предложенной гипотезы и возможность вычисления количественного содержания волокон с помощью формул 10-11.

Особое влияние на эксплуатационные свойства материалов оказывают быстровозрастающие или динамические нагрузки. В связи с этим было определено влияние процентного содержания волокон на ударную вязкость. Как показали испытания, оптимальное содержание волокон несколько выше, чем при работе композита на сжатие и растяжение.

При разработке композиционных материалов возникает также необходимость определения оптимальной длины волокон.

В связи с огромным количеством факторов, влияющих на эти параметры, задача их определения довольно сложная, поэтому приходится делать некоторые допущения: твердое тело является однородным, прочность контактного слоя равна прочности матрицы.

При приложении растягивающей нагрузки N по оси X (рис. 2), в контактной зоне волокно - матрица возникнут касательные напряжения τ , которые удерживают волокно в матрице.

$$MN/Mx = \pi d \tau \quad (12)$$



Рис. 2. Схема испытания волокон при определении критической длины

Проинтегрировав выражение (12) получим:

$$N = \pi d \tau x. \quad (13)$$

Напряжения, действующие в поперечном сечении волокна равны:

$$\sigma_b = \pi d \tau x / \pi d^2 / 4 = 4 \tau x / d, \quad (14)$$

Из выражения 14 можно определить глубину заделки волокна $x = l_{кр}$, при которой волокно не будет выдергиваться из матрицы, а разрушаться:

$$l_{кр} = \bar{\sigma}_в d/4\tau, (15)$$

где $\bar{\sigma}_в$ - растягивающие напряжения в волокне, МПа;

d - диаметр волокна, см; τ - касательные напряжения, МПа.

В случае, когда $\tau = \bar{\sigma}_м$:

$$l_{кр} = 4\bar{\sigma}_в d/4 \bar{\sigma}_м, (16)$$

$$\text{и } \tau = \bar{\sigma}_в, l_{кр} = d (17)$$

При дискретном армировании волокно может вытягиваться в обе стороны, следовательно, минимальная длина для эффективной работы должна быть не менее:

$$l_{мин} = 2 l_{кр}, l_{мин} = \bar{\sigma}_кр d/2\tau. (18)$$

Рассматривая формулу 18, можно отметить, что значительное влияние на длину волокна оказывает прочность контактного слоя, которая может изменяться в пределах от 0 до $\bar{\sigma}_м$, так как касательные напряжения τ не могут быть больше $\bar{\sigma}_м$, в противном случае разрушение будет идти по приграничному слою матрицы.

Длина волокон в зависимости от упаковки и размеров зерен заполнителя по всей вероятности будет изменяться. При плотной (гексагональной) упаковке заполнителя волокна располагаются в пространстве, заполненном вяжущим, и как бы окружая заполнитель (рис. 3).

Выделим элемент композита, рис. 3. Расстояние L_r между центрами заполнителя по горизонтали с учетом раздвижки зерен h :

$$L_r = 2AB + h = 2D + h (19)$$

где D - диаметр зерен заполнителя; h - величина раздвижки зерен заполнителя.

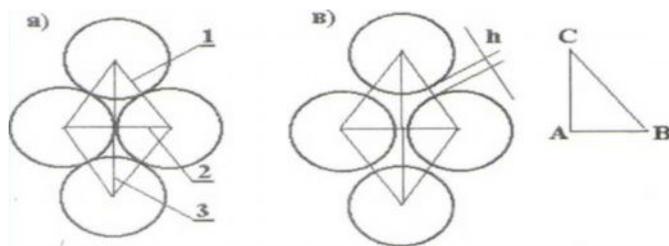


Рис. 3. Схемы плотной упаковки заполнителя:

а — длина сторон; б — диагональ короткая; с — диагональ длинная.

Расстояние L_B между зернами заполнителя вертикальных рядов

$$L_B = 2AC = \sqrt{(D+h^2)+[(D+h^2)/4]} = 1,732(D + h) \quad (20)$$

Максимальная длина дисперсных волокон составит:

$$l_{\text{макс}} = L_M - D = 0,732D + 1,732h \quad (21)$$

Анализ формулы 21 показывает, что длина дискретных волокон зависит от размеров пустот в заполнителе и коэффициента раздвижки зерен. При большой длине волокон эффективность их работы снижается, так как в волокнах появляются предварительные изгибающие напряжения, которые особенно опасны для хрупких волокон. При наличии гетерогенной структуры, в состав которой входит крупный заполнитель, армирующие волокна упрочняют цементно-песчаную матрицу. Нельзя однозначно указать на то, что длина волокон не будет оказывать положительное влияние на механические свойства материала, но эффективность армирования, несомненно, будет ниже в несколько раз.

Проверка оптимальной длины дискретных волокон проводилась на образцах, изготовленных на основе минеральных вяжущих. В матрицу добавляли волокна различной длины и затем определяли основные свойства: предел прочности при растяжении. Данные исследования проводили с различным количественным содержанием волокон.

Длина волокон, при которых они разрушаются и выдергиваются примерно в равной степени, (то есть по 50%), и принята для расчета прочности контактного слоя и оптимальной длины.

Глубина заделки волокон составила: - 6,2 мм; при этом прочность контактного слоя равнялась соответственно - 0,4; МПа. При армировании матрицы, используя полученные данные, теоретически определили критическую длину волокон

$$l_{кр} = \sigma_B d / 2\tau \quad (22)$$

Критическая длина волокон

Таблица

Волокна	Диаметр, мм	Прочность, σ_B , МПа	Прочность КС, τ , МПа	Критическая длина, мм
Базальтовый	20	200	0,40	15,0

Существующие противоречия поставили задачу создания модели композиционного типа, в которой бы учитывались характер внешнего воздействия, внутреннего строения и свойств компонентов.

Реальные объекты характеризуются большим количеством параметров, которые могут изменяться под воздействием внешних и внутренних факторов. Заманчивой перспективой всегда представлялось создание модели композиционного материала, изменяющей свои свойства в условиях воздействия эксплуатационной среды. Значительное количество факторов, воздействующих на материал, и сложности внутреннего строения вынуждают исследователей делать ряд ограничений или выделять наиболее значительные факторы. Но чем меньше ограничений или допущений, тем к более высокому порядку относится модель.

Предлагаемая модель твердого тела базируется на гипотезе физической природы материала, а стойкость и долговечность в условиях эксплуатации зависят от количества и типа связей, определяющих прочностные и деформативные свойства.

Воздействие внешних и внутренних факторов во время эксплуатации на материал приводит к изменению структуры, количества, а иногда и типов связей, что в свою очередь вызывает изменение прочностных характеристик и деформативных свойств.

По мнению исследователей, в большинстве случаев снижение стойкости и долговечности материала обуславливается уменьшением прочностных и увеличением деформационных свойств, изменяющихся под действием различных факторов. То есть прочность материала является функцией параметров структуры, тепловых, влажностных, агрессивных, механических и других факторов:

$$R_m = f(m, \phi, t, w, x, n, \tau), \quad (23)$$

где R_m — прочность материал;

$m, \phi, t, w, x, n, \tau$ — факторы, влияющие на прочность материала соответственно: макро- и микроструктура, количество и тип связей, температура, влажность, химические и механические воздействия, время.

С одной стороны, модель должна позволять вести расчет изменения прочностных и деформационных свойств материала в зависимости от вида и времени воздействия ряда факторов. С другой — определять исходные прочностные и деформативные свойства по условиям эксплуатации. Предлагаемая модель автора (87) (рис. 4) представляет собой составной цилиндр 1, изменяющий объем в 3-х осях, 'заполненный шарообразными телами функционального назначения 2, часть из которых соединена пружинами различной жесткости и поршнями (т. е. представляют собой модель Максвелла 3, имитирующую упруго-пластичную связь). Моделирование влияния влаги на свойства твердого тела достигается заполнением пустот между шарами материалом требуемой прочности и пористости 4. А моделирование влияния агрессивной среды с помощью части мелких шаров 5, разделенных на три части, каждая из которых

подвержена влиянию отдельного вида коррозии. Шары 6, отображают наполнитель.

За условия прочности примем некоторое неравенство, ограничивающее значение функции инвариантов тензора напряжений каким-то критическим значением (87).

$$S(\sigma', \sigma'', \sigma''') < S_{кр}, (24)$$

где σ' , σ'' , σ''' - значения инвариантов напряжений в рассматриваемой точке.

Используя также вторую феноменологическую теорию прочности (теорию максимальных линейных деформаций), базирующуюся на гипотезе, что причиной разрушения материала являются наибольшие линейные деформации в наиболее опасной точке, условие прочности можно записать в виде (допуская, что материал следует закону Гука вплоть до разрушения):

$$\varepsilon_{(макс)} = \varepsilon_1 < \varepsilon_0, (25)$$

где ε_1 - расчетная наибольшая линейная деформация;

ε_0 - предельное относительное удлинение.

Также учтем положение физической теории прочности цементного камня. Работа от внешней нагрузки накапливается в материале в форме энергии, вызывающей искажение межатомных связей, разрыв или разрыв и образование новых межкристаллических связей. Если только происходит искажение связей, которые восстанавливаются после снятия нагрузки, то деформация будет упругой, если происходит разрыв и образование новых связей - деформация будет пластичной. И при полном разрыве связей материал разрушается. Рассмотрим поведение модели на растяжение - сжатие. При приложении растягивающихся усилий создаются растягивающие напряжения в горизонтальных пружинах различной жесткости, имитирующие силы взаимодействия между

кристаллогидратными образованиями. Растягивающие напряжения в любом сечении будут равны:

$$\sum \sigma_p = P/F, (26)$$

где: P - растягивающие усилия, Н, кг;

F - площадь сечения образца, см².

Напряжение в отдельной связи (пружине) σ_1 будут:

$$\sigma_1 = \sum \sigma_p / n, (27)$$

где n - количество связей в данном сечении.

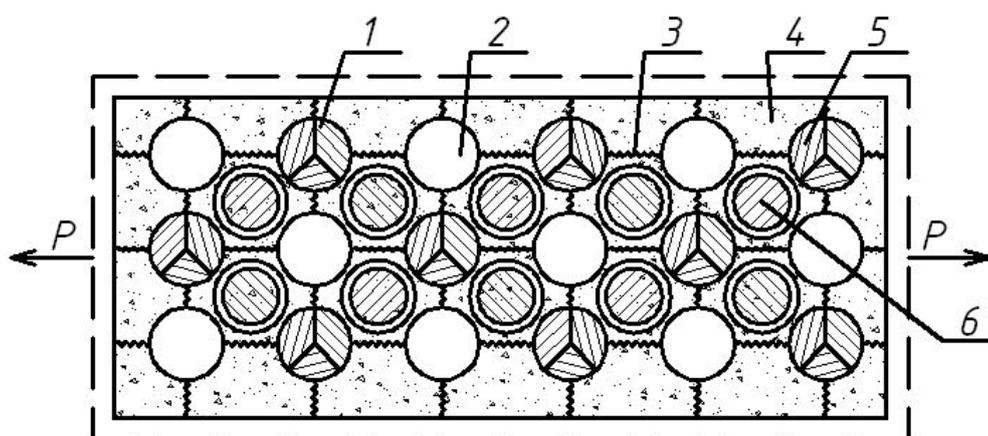


Рис. 4. Структурно-функциональная модель твердого тела: 1 — составной цилиндр; 2 — мелкие шары; 3 — связи (модель Максвелла); 4 — материал с определенной пористостью; 5 — шары, разделенные на три части, каждая из которых подвергается определенному виду коррозии по В.М. Москвину; 6 - шары, отображающие наполнитель

Если разрушение связей (пружин) не происходит, то модель работает в упругой области. Увеличение растягивающих усилий приводит к развитию напряжений превышающих прочность отдельных связей, тогда модель перейдет в область упруго-пластичных деформаций

Модель учитывает также изменение поперечного сечения. Внутренние напряжения увеличивают длину цилиндра и расстояние между крупными шарами. Под воздействием поперечных пружин происходит уменьшение

расстояния между мелкими шарами и соответственно уменьшение поперечного сечения модели. Относительная поперечная деформация и коэффициент Пуассона составляют:

$$\varepsilon' = \Delta v/v; \mu = \varepsilon'/\varepsilon. (28)$$

Если к модели приложить сжимающую нагрузку, то система начнет уплотняться, между шарами возникнет трение, большие шары начнут раздвигать мелкие и вызовут увеличение напряжений в поперечных пружинах (связях). Следовательно, в сечении по оси модели возникнут сжимающие напряжения, в поперечном сечении -растягивающие, а между шарами сила трения. Следовательно, усилие на сжатие будет значительно превышать усилие на растяжение.

$$\sigma_{сж} = P / (F \times f_{в.тр}); \sigma_p^n = P \times \operatorname{tg}\beta \times f_{в.тр} / F_1, (29)$$

где: $\sigma_{сж}$ - напряжения сжатия, МПа, кгс/см²;

F_1 - площадь продольного сечения см² (м²);

$f_{в.тр}$ - коэффициент внутреннего трения между шарами;

σ_p^n - растягивающие напряжения в поперечном сечении, МПа, кгс/см²

P - усилие сжатия, кгс;

F - площадь поперечного сечения, см² (м²);

β - угол между осью действия сжимающей нагрузки и осью передачи усилия с шаров связи на шары заполнителя:

$$\beta = \arcsin (R_1 + (L/2) / (R_1 + R_2+L/2)), (30)$$

где: R_1, R_2 - радиусы шаров и заполнителя, см(м);

L - расстояние раздвижки зерен, см(м).

Создание усилий, вызывающих внутреннее напряжение и деформации больше допустимых, приведет к разрушению модели. Следовательно, для создания модели покрытия, тождественно отражающей поведение твердого тела при растяжении-сжатии, необходимо учесть количество и вид связей, крупность, активность и форму заполнителя.

Температурные воздействия на материал вызывают изменения линейных и объемных размеров, соответствующих коэффициенту линейного (объемного) теплового расширения:

$$\Delta l = K_1 \times l_0 \times \Delta t; \Delta V = K_v \times V_0 \times \Delta t, \quad (31)$$

где: Δl , ΔV - линейные и объемные деформация твердого тела при изменениях температуры, см(м), см³(м³);

Δt - разность температур, °С;

l_0 , V_0 - первоначальная длина и объем, см, см³;

K_1 , K_v - коэффициент линейного и объемного теплового расширения.

Как правило, при одностороннем нагреве-охлаждении или изменении влажности в твердом теле в сечении, перпендикулярном данной плоскости, возникают напряжения различного знака. В верхней части сечения, например, при нагреве возникают сжимающие, а в нижней части растягивающие напряжения. Предлагаемая модель тождественно отражает поведение твердых тел при действии указанных факторов. Односторонний нагрев приводит к расширению верхнего ряда шаров, что должно повлечь изменение длины верхней части модели при неизменной длине нижней. Следовательно, в нижней части слоя возникнут растягивающие, а в верхней - сжимающие напряжения.

Влияние влажностных колебаний на изменения деформационных свойств и напряжений твердого тела (бетона, раствора) можно учесть с помощью данной модели. Если пустоты между шарами в цилиндре заполнить материалом определенной пористости и прочности (в бетоне подобно гелевой составляющей), тогда влажностные изменения данного материала вызовут изменение внутренних напряжений, а также линейные и объемные деформации:

$$\Delta l = \beta_1 \times l_0 \times \Delta U; \Delta V = \beta_v \times V_0 \times \Delta U, \quad (32)$$

где: Δl , ΔV - линейная и объемная деформация, см, см³;

β_l, β_v - коэффициент линейной и объемной влажностной деформации;

l_0, V_0 - начальный линейный и объемный размер модели см, см³;

ΔU - разность влажностного состояния модели.

Результирующие напряжения в каждой точке поперечного сечения будут зависеть от сумм напряжений, возникающих при разности температур и влажности по данному сечению.

Значительное влияние на прочность материалов оказывает влажность при снижении температуры ниже 0°C, в связи с образованием в порах льда, объем которого примерно на 9% больше объема не замерзшей воды. В результате появляются силы в виде гидравлического давления жидкой незамерзающей фазы, отжимаемой образующимся льдом, на кристаллический каркас.

Циклические заморозания и оттаивания приводят к постепенному разрушению структуры материала и его разрушению, в особенности это относится к пористым (барханных песках) материалам. Трещины, образующиеся в каждом цикле, снижают прочность материала. При слиянии трещин уменьшается прочность в данном сечении.

Если свести все зависимости к их влиянию на внутренние напряжения и деформации, то тем самым можно получить модель тождественно, отражающую поведение структуры материала в различных условиях, а задав необходимые условия эксплуатации - определить требуемые свойства материала, состав и свойства исходных компонентов, в том числе, и параметры армирующих волокон.

Выводы по теоретическому определению содержания базальтовых волокон в составе песчаного бетона:

Использованная концепция авторов работ (87) определения содержания волокон позволяет значительно уменьшить количество предварительных испытаний. Погрешности расчетов с помощью формул

по определению процентного содержания армирующих компонентов составляет 20-25% по сравнению с результатами экспериментальных исследований.

При испытании армированных покрытий на вязкость оптимальная длина указанных волокон возрастает до 13-15 мм. Очевидно, здесь следует исходить из принципа работы волокон. Как указывалось ранее, оптимальная длина дискретных волокон, при сжатии композиционных материалов меньше чем при растяжении, в связи с тем, что короткие волокна более устойчивы.

Кроме того, на длину волокон влияет прочность контактного слоя и их диаметр, при прочности зоны контакта 0,4 МПа длина базальтовых волокон составляет 15,0 мм,

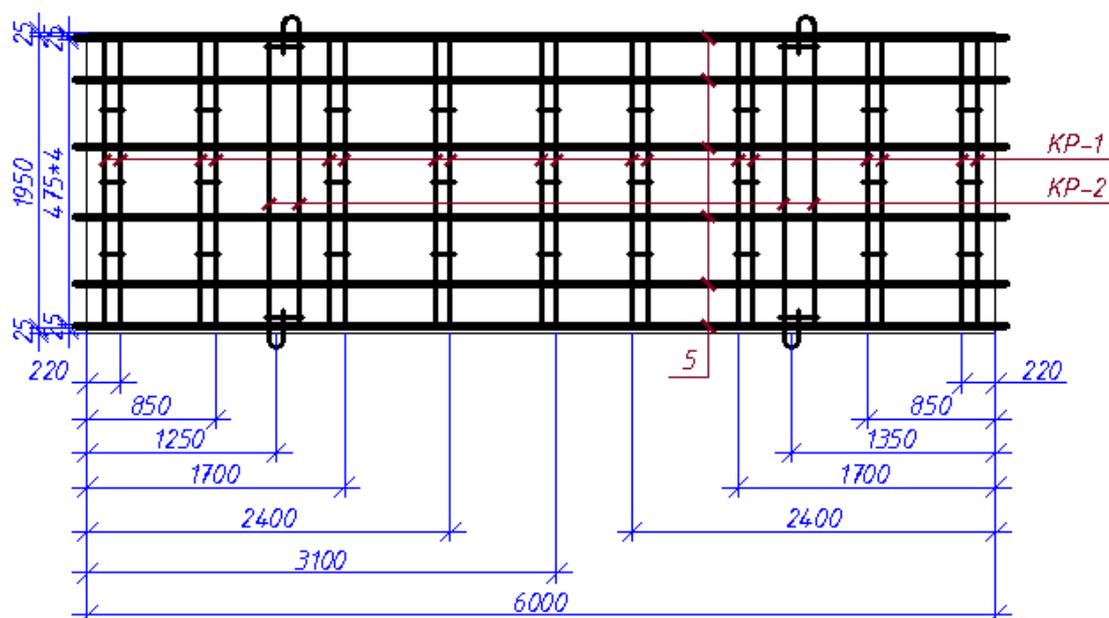
3.4. Техничко-экономические показатели и сравнение вариантов.

Техничко - экономическое сопоставление вариантов.

На основании данных проведенных экспериментов можно сделать вывод, что улучшение физико-механических свойств бетона получаемое путем введения базальтовой фибры позволяет частично отказаться от конструктивной арматуры.

В соответствии с ГОСТ 22930-87 для производства стандартной плиты ПКН 60.20 требуется 0,72 м³ бетона и 41,7 кг арматурной стали. Плита ПКН 60.20 армируется по следующей схеме:

Армирование ПКН 60.20 по традиционной схеме



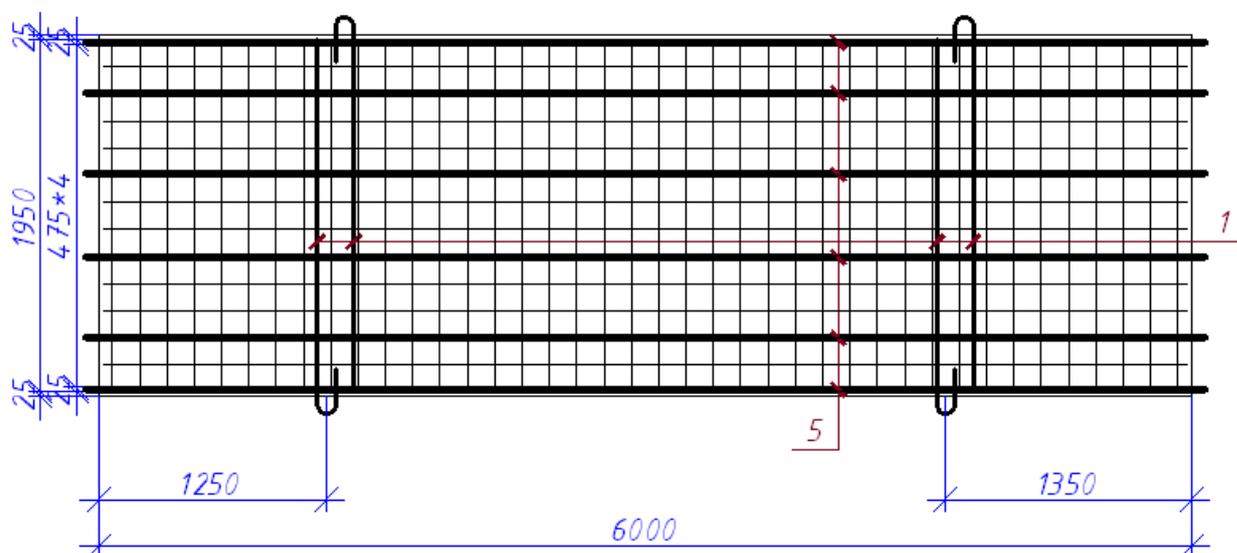
Для армирования плиты ПКН 60.20 применяется 9 каркасов КР-1, 2 каркаса КР-2 и 13 напрягаемых элементов Ø5 Вр II

Спецификация материалов

Поз.	Обозначение	Наименование	Длина	Кол.	Масса, ед., кг	Примечание
		Плита ПКН 60.20			4,74	
		Детали:				
		КР-1		9	2,57	23,16
1	ГОСТ 5781-82*	10 А I	1950	2	1,2	2,41
2	ГОСТ 5781-82*	6 А I	150	5	0,03	0,17
		КР-2		2	3,05	6,1
3	ГОСТ 5781-82*	10 А I	2380	2	1,47	2,94
4	ГОСТ 5781-82*	6 А I	250	2	0,06	0,11
		Напрягаемый элемент				
5		φ 5 Вр II	6140	13	1,2	15,64
		Бетон кл. В15			0,72	0,72

При использовании бетона с базальтовой фиброй можно армировать плиту ПКН 60.20 по следующей схеме:

Армирование ПКН 60.20 по предлагаемой схеме



Вместо использования каркасов КР-1 предлагается использовать сетку из проволоки $\varnothing 3$ Вр I ячейкой 150*150 мм.

Спецификация материалов

Поз.	Обозначение	Наименование	Длина	Кол.	Масса, ед., кг	Примечание
		Плита ПКН 60.20			24,55	
		Детали:				
		Выпуски				
1	ГОСТ 5781-82*	10 А I	2380	4	1,47	5,87
		Напрягаемый элемент				
2		$\varnothing 5$ Вр II	6140	6	1,2	7,22
		Сетка С1		1	11,45	11,45
3		$\varnothing 3$ Вр I	5950	14	0,42	5,91
4		$\varnothing 3$ Вр I	1950	40	0,14	5,54
		Бетон кл. В15			0,72	0,72

При сравнении таблиц спецификации материалов видно что, при одинаковом количестве бетона ($0,72 \text{ м}^3$) применение базальтовой фибры позволяет сэкономить $47,74 - 24,55 = 23,19$ кг.

Состав песчанного бетона (традиционный Размер плиты- 6х2х0,06м)

Ед.изм	Цемент (кг)	Песок (кг)	Вода (л)	Фибра (кг)	Арматура (кг)	Итого на 1 м3 (сум)	Итого на 1 плиту (сум)
V	500	1390	250	-	41,74	1	0,72
сум	327000	11954	50	-	131063,6	470067,6	338448,672

Состав песчанного бетона (предлагаемый, размер плиты-6х2х0,05м)

Ед.изм	Цемент (кг)	Песок (кг)	Вода (л)	Фибра (кг)	Арматура (кг)	Итого на 1 м3 (сум)	Итого на 1 плиту (сум)
V	500	1390	250	25	24,6	1	0,6
сум	327000	11954	50	208000	77244	624248	374548,8

Калькуляция затрат на облицовочную плиту ПКН 60.20

№	Наименование затрат	Виды бетонов	
		Традиционный	Фибробетон
1	Себестоимость бетона	338449	374549
2	Изготовление арматурных и закладных деталей	67690	37455
3	Укладка арматуры и закладных деталей в форму	4687,5	3125
4	Формование	1562,5	937,5
5	Затраты на содержание форм	6769	7491
6	Себестоимость пара	3312	3312
	Итого:	422469	426869

При мощности производства канальных облицовочных плит 10000 куб метр экономия составит :

1. Традиционный бетон, при расходе бетона на 1 плиту 0,72 м³ бетонной смеси

$$10\,000\text{ м}^3 / 0,72\text{ м}^3 = 13\,888\text{ штук}$$

2. Предлагаемый состав, при расходе бетона на 1 плиту $0,54\text{ м}^3$ бетонной смеси

$$10\,000\text{ м}^3 / 0,6\text{ м}^3 = 16\,666\text{ штук}$$

В результате из предлагаемого $10\,000\text{ м}^3$ бетона можно получить:

$$18\,518 - 16\,666 = 1\,852\text{ штук плит больше, чем традиционному.}$$

Что в денежном эквиваленте составляет:

$$1\,852 \times 426,9\text{ тыс. сум} = 790\,618\text{ тыс. сум.}$$

Ожидаемый эффект в денежном эквиваленте с $10\,000\text{ м}^3$ бетонной смеси составляет $790\,618\,000$ сум.

Кроме этого упрощается процесс производства канальных облицовочных плит.

Экономический эффект от увеличения срока эксплуатации канальных плит не приводится, так как исследование коррозионной стойкости в агрессивных средах конструкций не проводилось и эта задача не ставилась нами.

Выводы:

1. Применение базальтового волокна в количестве до 5 % от массы цемента увеличило прочность песчаного бетона на изгиб при растяжении до 1,5 раза, а на сжатие не менее 1,3 раза.

2. Применение суперпластификатора С-3 улучшает удобоукладываемость и формуемость бетонной смеси что важно при производстве тонкостенных конструкций для ирригационных каналов и увеличивает прочностные характеристики на 5-10 % затвердившего бетона.

3. Применение в исследуемых составах мелкозернистых бетонов с микроволокном при облицовке каналов снижает вес конструкции ;

4. Изменяется система армирования, снижается расход арматуры и трудозатраты на укладку бетона;

5. Увеличивается трещиностойкость бетона, что повышает сейсмостойкость сооружения.

6. Моделирование « определения содержания волокон» позволяет значительно уменьшить количество предварительных испытаний. Погрешности теоритечиских расчетов и эскпериментальных исследований по определению процентного содержания армирующих компонентов составляет не более 20-25%.

7. При испытании армированных покрытий оптимальная длина базальтовых волокон составляет до-15 мм. Очевидно, здесь следует исходить из принципа работы волокон. Как указывалось ранее, оптимальная длина дискретных волокон, при сжатии композиционных материалов меньше чем при растяжении, в связи с тем, что короткие волокна более устойчивы.

8. Кроме того, на длину волокон влияет прочность контактного слоя и их диаметр, при прочности зоны контакта 0,4 МПа длина базальтовых волокон составляет до 15,0 мм,

9. Сравнение вариантов показал что ожидаемый эффект в денежном эквиваленте с 10 000 м³ бетонной смеси составляет 790 618 000 сум.

Список использованной литературы:

1. Каримов И.А. Бунёдкорлик йўлидан.-Тошкент: Ўзбекистон, 1996.- 349 б.
- 2.Каримов И.А. По пути модернизации страны и устойчивого развития экономики.- Ташкент: Узбекистан, 2008. -280 с.
3. Пашенко А. А. Армирование неорганических вяжущих веществ минеральными волокнами. Наука строительному производству. — М.: Стройиздат, 1988.
4. Стеклофибробетон в строительстве : материалы семинара. — М.: центральный Российский Дом знаний, 1992.
5. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П.Адлер, Е.В.Маркова, Ю.В.Грановский. — М.: Наука, 1976. - 280с.
6. Баженов, Ю.М. Технология бетона / Ю.М.Баженов. - М.: АСВ, 2002. - 500с: ил.
7. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны / В.Г.Батраков. - М.: Технопроект, 1998.
8. Богомолов Б.Д. Побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства / Б.Д.Богомолов, А.А.Соколова. — М.: Гослесбумиздат, 1962. - 436с.
9. Болдырев, А.С. Добавки в бетон. Справочное пособие / Под ред. А.С.Болдырева. -М.: Стройиздат, 1988. - 527с.
10. Бочаров, Д.Н. Физико-химические явления при гидратации и формировании прочности модифицированного неавтоклавного пенобетона /
11. Буров, И.С. Технология строительных материалов и изделий. Учебник для вузов / И.С.Буров. - М.: Высш.шк., 1972. — 464с: ил.
12. Бутт, Ю.М. Твердение вяжущих при повышенных температурах /Ю.М.Бутт, Л.Н.Рашкович. - М.: Стройиздат, 1965. - 231с.

13. Бутт, Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов /М.М.Сычев, В.В.Тимашев. - М.: Высшая школа, 1980. - 472с.
14. Бутт, Ю.М. Практикум по химической технологии вяжущих материалов / Ю.М.Бутт, В.В.Тимашов. - М.: Высшая школа, 1973. - 504с.
15. Горачаков, Г.И. Влияние пористости на морозостойкость бетона Г.И.Горачаков, А.А. Алимов / Строительные материалы. - 1972. - №12.
16. Зиновьев, А.А. Математическое моделирование в строительнотехнологических задачах: Метод, указания / А.А.Зиновьев, О.П.Бороздин, А.В.Алексеев. - Братск: БГТУ, 2003.
17. Зиновьев, А.А. Рецепттура и технология получения комплексной органоминеральной добавки для цементных систем / А.А.Зиновьев, А.И.Кудяков, А.Ю.Атрохова // Труды БрГТУ. - 2002. - Том 2. - С.69-71.
18. Карнаухов, Ю.П. Цементные системы, модифицированные продуктами сульфатно-целлюлозного производства: Учебное пособие /Ю.П.Карнаухов. - Иркутск, 1992. - 105с.
19. Книгина, Г.И. Современные физико-химические методы исследования строительных материалов: Учебное пособие / Г.И.Книгина, Л.Н.Тацки, Э.А.Кучерова. - Н.: НИСИ им. В.В. Куйбышева, 1981. - 81с.
20. Комар, А.Г. Технология производства строительных материалов /А.Г.Комар, Ю.М.Баженов, Л.М.Сулеменко. - М.: Высшая школа, 1990. - 446с.
21. Литвинов, О.О. Технология строительного производства /О.О.Литвинов, Ю.И.Беляков. - К.: Вища шк., 1984. - 479с: ил.
22. Попов, К.Н. Строительные материалы и изделия: Учебник /К.Н.Попов, М.Б.Каддо. - М.: Высш. шк., 2002. - 367с: ил.
23. Рамачандран, В.С. Наука о бетоне: Физико-химическое бетонирование. Пер, с англ. Т.И.Резенберг, Ю.Б.Ратиновой / В.С.Рамачандран, Р.С.Фельдман, Дж.Бодуэн. - М.: Стройиздат, 1986.

24. СНиП 3.04.03-85. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии.

25. С. Н. Алексеев, Ф. М. Иванов, С. Модры, П. Шисль «Долговечность железобетона в агрессивной среде» М. Стройиздат 1990 310 с.

26. СНиП 82-02-95 Федеральные (типовые) элементные нормы расхода цемента при изготовлении бетонных и железобетонных изделий и конструкций. М. 1996

27. Кучеров Д. И. Автореферат «Композиционные вяжущие с минеральными добавками различного генезиса и бетоны на их основе». Белгород 2011.

28. Активация цемента в производстве строительных материалов - новый взгляд на экономию <http://www.tpribor.ru/aktiv2.html>

29. База данных производственных предприятий РУз <http://www.google.ru>

30. Постановление Кабинета Министров РУз 25.06.2008 г. N 142 «О мерах по дальнейшему привлечению инвестиций на проведение геологоразведочных работ и разработку месторождений твёрдых полезных ископаемых».

31. ГОСТ 12730.5-84 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.

32. ГОСТ 24640-91 (СТ СЭВ 6824-89) Добавки для цементов классификация.

33. ГОСТ 26633-91 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.

34. Первый проект с использованием арматурных стержней “Rockbar” из волокнистого полимера <http://www.google.ru>
35. Методическое пособие по приготовлению бетонных смесей. www.tdmonolit.ru
36. Опустынивание – не приговор <http://www.google.ru>
37. Ф. Н. Рабинович «Дисперсные армированные бетоны» М. Стройиздат 1989.
38. Стеклофибробетон <http://www.google.ru>
39. А. И. Конопленко «Технология бетона. Расчеты и задачи» Киев, Будивельник 1975.
40. В. Н. Юнг «Основы технологии вяжущих веществ» М Стройиздат 1951.
41. Бучкин А. В. Автореферат «Мелкозернистый бетон высокой коррозионной стойкости, армированный тонким базальтовым волокном» М 2011.
42. Баженов Ю. М. Бетоны повышенной долговечности. Строительные материалы. 1999 № 7-8. С. 21-22.
43. Баженов Ю. М. Высококачественный тонкозернистый бетон. Строительные материалы. 2000 - № 4 – С. 24-25.
44. Бамбура А. Н. Скибинская А. А. Конструкции и изделия из базальтофибробетона. Материалы 23 Международной конференции в области бетона и железобетона (16-23 мая 1991) М., - С. 15-23.
45. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Изд. 2-е, переработанное и дополненное М., 1998
46. Батраков В. Г., Каприелов С. С., Шейнфельд А. В., Силина Е. С. Модифицированные бетоны в практике современного строительства. Промышленное и гражданское строительство. – 2002. - №9. – С.23-25.

47. Бирюкович К. Л. Влияние физико-химических процессов в поверхностях раздела на свойства стекловолокнистых композиционных материалов с матрицами из неорганических вяжущих веществ. – Дисс.канд.техн. наук. – Киев – 1984.-280с.
48. Боровских И. В. Высокопрочный тонкозернистый базальтофибробетон. Автореферат дисс. канд.техн. наук. Мі, 2009
49. Василик П. Г., Голубев И. В. Применение волокон в сухих строительных смесях. Строительные материалы. 2002. - № 9. – С. 26-27
50. Ветров Ю. А., Новицкий А. Н. Базальтовые вариации. Капстроительство – 2002. № 3 – С. 40-42
51. Волков И. В. Проблемы применения фибробетона в отечественном строительстве. Строительные материалы. – 2004 - №6 – С.12-13.
52. Волков И.В. Фибробетон: Состояние и перспективы применения. Промышленное и гражданское строительство. – 2002. - №9. –С.37-38
53. Петраков Б.И., Самодуров В. Н, Татаренко В. Н., Романенко М. А. сборные конструктивные изделия инженерных сетей из базальтофибробетона. Строительные материалы. – 1996 - №6 – С.15.
54. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. М., 2004. С.559.
55. Рабинович Ф.Н. О механических свойствах цементного камня, дисперсно армированных бетонов. Бетон и железобетон. – 1999. №6 – С. 19-23.
56. Рабинович Ф.Н. О некоторых особенностях работы композитов на основе дисперсно-армированных бетонов. Бетон и железобетон. – 1999. № 6 – С. 19-23
57. Рабинович Ф.Н. О рациональном выборе диаметров стеклянных волокон для стеклоармированных конструкций. Стекло и керамика. 1980. - №9.- С. 26-28

58. Рабинович Ф.Н. Оптимальные параметры дисперсного армирования фибробетонных конструкций. Транспортное строительство. – 1998. №8.
59. Рабинович Ф.Н. Прогнозирование изменений во времени прочности стеклофибробетонных композитов. Стекло и керамика. – 2003 №2. – С.24-27.
60. Рабинович Ф.Н. Устойчивость базальтовых волокон в среде гидратирующихся цементов. Стекло и керамика. 2001 - № 12. – С.29-32.
61. Рабинович Ф.Н., Зуева В.Н., Макеева Л. В. Устойчивость базальтовых волокон в среде гидратирующихся цементов. Стекло и керамика. 2001 - №12 – С.12-14.
62. Казарян А. В. Технология производства тонкостенных стеклофибробетонных изделий. Диссертация на соискание ученой степени, канд.техн.наук. – М., 1999 Г.
63. Колбаско Э. Б. Прочность, трещиностойкость и деформативность изгибаемых базальтофибробетонных и комбинировано армированных элементов.
64. Комлон К. Удобоукладываемость бетонных смесей, армированных волокном. – М. Стройиздат, 1988.
65. Королев К. М. Применение смесителей для приготовления фибробетона. Фибробетон его применение в строительстве. Сборник научных трудов под ред. Б. А. Крылова, К. М. Королева НИИЖБ. М., 1979.
66. Крылов Б. Н. Фибробетон и его свойства. Обзор: Вып. 4. М. ЦИНИС, 1979.
67. Куртаев А. С., Сулейманов С. Т., Естемесов З. А. и др. Композиционные материалы на основе вяжущих. Киев, АН УССР ИПМ, 1991. С21.

68. Махова М. Ф., Гребенюк Н. П. Армирование портландцемента базальтовыми волокнами. Фибробетон его применение в строительстве. Сборник научных трудов под ред. Б. А. Крылова, К. М. Королева НИИЖБ – М. 1979
69. Махова М. Ф., Гребенюк Н. П. Дисперсное армирование портландцемента базальтовыми волокнами. Цемент. 1980 - №2 – С. 6-19.
70. Моргун Л. В. Анализ закономерностей формирования оптимальных структур дисперсно-армированных бетонов. Известия вузов. Строительство. – 2003 - №8.
71. Патент 1Ш 2351562 С1. Бетонная смесь для приготовления тонкостенных изделий. В. М. Александровский РФ. – 2009.
72. Волков И.В., Разин Э.М. Фибровая арматура для бетонов // Труды 1-й Всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона. — М.,2001. С. 1171-1179.
73. Волчек И.З., Халдей Т.В., Иванова В.В., Чумадунова Л.И. Фиброцементные материалы на основе стеклянного волокна // Строительные материалы. — 1992. №8 — С.25-26.
74. Далинкевич' А.А., Суханов А.В., Асеев А.В. Базальтоволокнистые композиты в армировании бетона часть 1 // Технологии бетонов — 2005., — №3.
75. Далинкевич А.А., Суханов А.В., Асеев А.В. Базальтоволокнистые композиты в армировании бетона часть 2 // Технологии бетонов 2005., -№4.
76. Железобетон в XXI веке: Состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России //Госстрой России, НИРШБ. М., 2001. - С. 123- 133.
77. Звездов А.И., Михайлов К.В., Волков Ю.С. 21 век век бетона и железобетона //Бетон и железобетон. — 2001. — №1. — С.2-6.

78. Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость цементных бетонов низкой и особо низкой проницаемости // М.:ФГУП Ц1111, 2006.

79. Скибинская А.А., Бамбура А.Н., Ватагин С.С., Костиков В.С., Катруца Ю.А. // Инструкция по технологии изготовления строительных конструкций из дисперсно-армированного базальтофибробетона. — НИИСК.-Киев. -1992.- 38с.

80. Степанова В.Ф., Булгакова М.Г. Решение проблем долговечности строительных конструкций// Бетон и железобетон. — 2002. №3*- С.2-3.

81. Фаликман В.Р. Бетоны высоких технологий // Промышленное и гражданское строительство 20021;—№9 С.20-22.106: Фибробетон и его применение в строительстве / Под. ред. Б.А. Крылова. НИИЖБ М., 1979. - 173с.

82.1. С.Н. Фомин, А.М. Сулейманов. «Влияние высокощелочных жидких агрессивных сред на физико-механические свойства композитной арматуры».

83.2. И.Р. Бадертдинов. «Сопrotивляемость и деформативность сталестеклофибробетонов».

84.3. Д.И. Лендел, А.В. Жаров, Я.О. Решетилова (гр. 9МТ-301, н. рук. Д.С. Смирнов). «Композитная арматура и способы ее применения».

85.4. В. Ю. Голубев «Высокопрочный бетон повышенной вязкости разрушения». Автореферат кандидата технических наук Санкт-Петербург – 2009

86. С. Джехад «Особенности подбора состава бетона гидротехнических сооружений» статья <http://hydroteh.ru>

87. Моделирование композиционных материалов. Деревянко В.Н. д.т. н., проф., *Кондратьева Н.В. к.т.н., доц., Потийко Л.А. асп.