

УДК 666.972.162

**МОДИФИЦИРОВАННЫЙ БЕТОН
ДЛЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА***Ю.С. Филимонова, Е.В. Ткач, Т.В. Сусанина**Московский государственный строительный университет (г. Москва)*© Филимонова Ю.С., Ткач Е.В.,
Сусанина Т.В., 2023

Аннотация. В рамках исследований рассмотрены вопросы, связанные с модификацией состава тяжелого бетона на основе полидисперсного вяжущего с комплексным модификатором и его влиянием на формирование структуры и свойства цементного камня, а также затвердевшего бетона. Обоснована возможность получения эффективного тяжелого бетона для гидромелиоративного строительства с улучшенными показателями эксплуатационных свойств по прочности и гидрофизическим характеристикам. Исследовано влияние трехуровневого дисперсного состава клинкерного компонента цементных частиц на снижение межчастичной пустотности и повышение прочности цементного камня. Отмечено, что полученные эксплуатационные показатели дают возможность рекомендовать модифицированный бетон для производства строительных изделий и конструкций, работающих в суровых условиях эксплуатации, в частности для лотков оросительных систем. Указано, что перспективы дальнейшей разработки научных исследований заключаются в совершенствовании состава модифицированного тяжелого бетона на основе полидисперсного вяжущего с комплексным модификатором путем поиска новых видов модификаторов и микроармирующих наполнителей для снижения себестоимости продукции и исследования возможностей его применения в гидротехнических сооружениях зоны переменного уровня воды.

Ключевые слова: модифицированный бетон, дисперсный состав клинкерного компонента, комплексный модификатор, долговечность.

DOI: 10.46573/2658-7459-2023-4-34-44**ВВЕДЕНИЕ**

К бетонам, применяемым в гидромелиоративном строительстве, предъявляются высокие требования по долговечности, которая оценивается в первую очередь их прочностью и водонепроницаемостью [1]. Основным направлением решения задач данного типа является создание высокой плотности структуры бетона, рационально сочетающего необходимые технологические и эксплуатационные характеристики, путем использования вяжущих веществ высокого качества и комплексных модификаторов [2, 3]. В частности, для этого требуется применение полидисперсных минеральных компонентов, обеспечивающих высокую плотность упаковки исходных частиц в каждом микрообъеме материала, а также пластификаторов и полимерных модификаторов, модифицирующих структуру и свойства материала [4, 5].

Перспективным является направление разработки и реализации эффективных мер по усилению и защите железобетона материалами с повышенной степенью сопро-

тивляемости агрессивным факторам окружающей среды, например полимерными композициями [6–8]. Полимербетоны еще не нашли широкого распространения из-за их дефицитности и высокой стоимости. Основным строительным материалом при возведении мелиоративных сооружений остаются бетон и железобетон.

Таким образом, решение задач получения бетонов, в частности для гидро-мелиоративного строительства, с высокими эксплуатационными свойствами путем модифицирования их структуры и свойств комплексными добавками [9–12] с каждым годом становится все более актуальным.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Свойства и структура модифицированного бетона изучались с использованием следующих материалов. В качестве вяжущего применяли портландцемент класса ЦЕМ I 42,5Н, производитель ООО «Холсим (Рус) Строительные Материалы» (ГОСТ 31108-2016); мелкого заполнителя – природный песок с модулем крупности 2,5 (поставщик ОАО «Хромцовский Карьер»; ГОСТ 8736-2014); крупного заполнителя – гранитный щебень. Для регулирования свойств бетонной смеси и полученного на его основе бетона вводили комплексную химическую добавку: суперпластификатор Melflux 5581 F на основе эфира поликарбоксилата (ООО «НПО СИНТЕЗ»; ГОСТ 24211-2008) и водорастворимой полимерной добавки «Полидон-А» (ООО «Орг-полимерсинтез»; ТУ 9365-002-46270704-2001) и дисперсно-армирующую добавку – рубленое базальтовое волокно (ООО «ИнРес»; ТУ 5952-002-13307094-08). Был проведен подбор предварительного состава тяжелой бетонной смеси с целью определения оптимального расхода исходных материалов на 1 м³ бетонной смеси, при котором выдерживаются заданные физико-механические, гидрофизические характеристики и эксплуатационные свойства проектируемого бетона. Работа выполнена с применением системно-структурного подхода на основе методологии строительного материаловедения в системе «состав – структура – свойства». Высокая степень достоверности обеспечивается проведением экспериментальных работ с использованием исследовательского и испытательного оборудования с достаточной воспроизводимостью результатов исследований; обоснованным использованием комплекса современных методов исследования: лазерной гранулометрии, рентгенофазового, электронно-микроскопического и химического анализов; применением стандартных методик, обеспечивающих достаточную точность полученных результатов с вероятностью 0,95; использованием математических и статистических методов обработки данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе исследовалась упорядоченная структура разнодисперсного вяжущего, образующаяся за счет выбора оптимальной дисперсности. Было предусмотрено определение различных фракций клинкерного компонента, обеспечивающих максимальную плотность упаковки используемых цементных частиц. Исследование проводилось с тремя фракциями: (грубая – средний диаметр частиц $d_{cp} = 12$ мкм с удельной поверхностью $S_{уд} = 150$ м²/кг; средняя – $d_{cp} = 6,6$ мкм, $S_{уд} = 300$ м²/кг; тонкодисперсная – $d_{cp} = 4,9$ мкм, $S_{уд} = 450$ м²/кг).

В целях получения оптимального состава полидисперсного вяжущего (ПВ) исследовались топологические (геометрия) характеристики получаемых цементных композиций с применением программно-расчетного комплекса, основанного на использовании алгоритма Drop and Roll.

Анализ научных литературных источников показал, что для уменьшения влияния «пристенного эффекта» отношение диаметра частицы к размеру упаковки должно быть больше 20. В связи с тем, что расчет упаковки в 20 диаметров наибольшей сферы займет очень продолжительное время, было принято решение изучать единичную ячейку с отношением большего диаметра сферы к стороне 1:14. В нашем случае наибольший диаметр равен 12, следовательно, размер ячейки будет $168 \times 168 \times 168$. Исходные данные для расчета топологических характеристик и графическое изображение изменения плотности упаковки вяжущего представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета топологических характеристик

№	Дисперсные составы цементных частиц						Прочность цементного камня на сжатие		Плотность упаковки
							МПа, в возрасте, сут		
	Удельная поверхность фракции, $\text{м}^2/\text{кг}$		Состав, %		7	28			
1	ЦЕМ 42,5 Н контр.						28,4	43,5	0,542 214
2	150	0	0	100	0	0	20,3	25,2	0,563 098
3	0	300	0	0	100	0	26,2	39,4	0,545 223
4	0	0	450	0	0	100	38,6	49,7	0,539 342
5	150	300	0	20	80	0	24,1	39,6	0,578 784
6	150	300	0	25	75	0	20,7	31,3	0,580 167
7	150	300	0	30	70	0	19,0	28,6	0,583 709
8	0	300	450	0	80	20	41,2	58,5	0,569 484
9	0	300	450	0	75	25	47,4	60,7	0,570 658
10	0	300	450	0	70	30	50,6	63,2	0,572 362
11	150	300	450	15	80	5	40,2	52,0	0,587 762
12	150	300	450	15	75	10	44,6	56,4	0,590 834
13	150	300	450	15	70	15	48,5	57,8	0,592 656

Анализ данных (рис. 1) показал снижение плотности упаковки в предлагаемом составе на 0,5 % (рис. 1а, точка А) в сравнении с максимальным расчетным значением (рис. 1б, точка Б). Учитывая факт повышения энергозатрат при получении цементных частиц фракции $450 \text{ м}^2/\text{кг}$, было принято решение взять за оптимальную упаковку состав 12 (см. табл. 1) с соотношением цементных частиц в %: 15 – со средним диаметром $d_{\text{ср}} = 12 \text{ мкм}$ и удельной поверхностью $S_{\text{уд}} = 150 \text{ м}^2/\text{кг}$; 75 – $d_{\text{ср}} = 6,6 \text{ мкм}$, $S_{\text{уд}} = 300 \text{ м}^2/\text{кг}$; 10 – $d_{\text{ср}} = 4,9 \text{ мкм}$, $S_{\text{уд}} = 450 \text{ м}^2/\text{кг}$ (график на рис 1а, точка А).

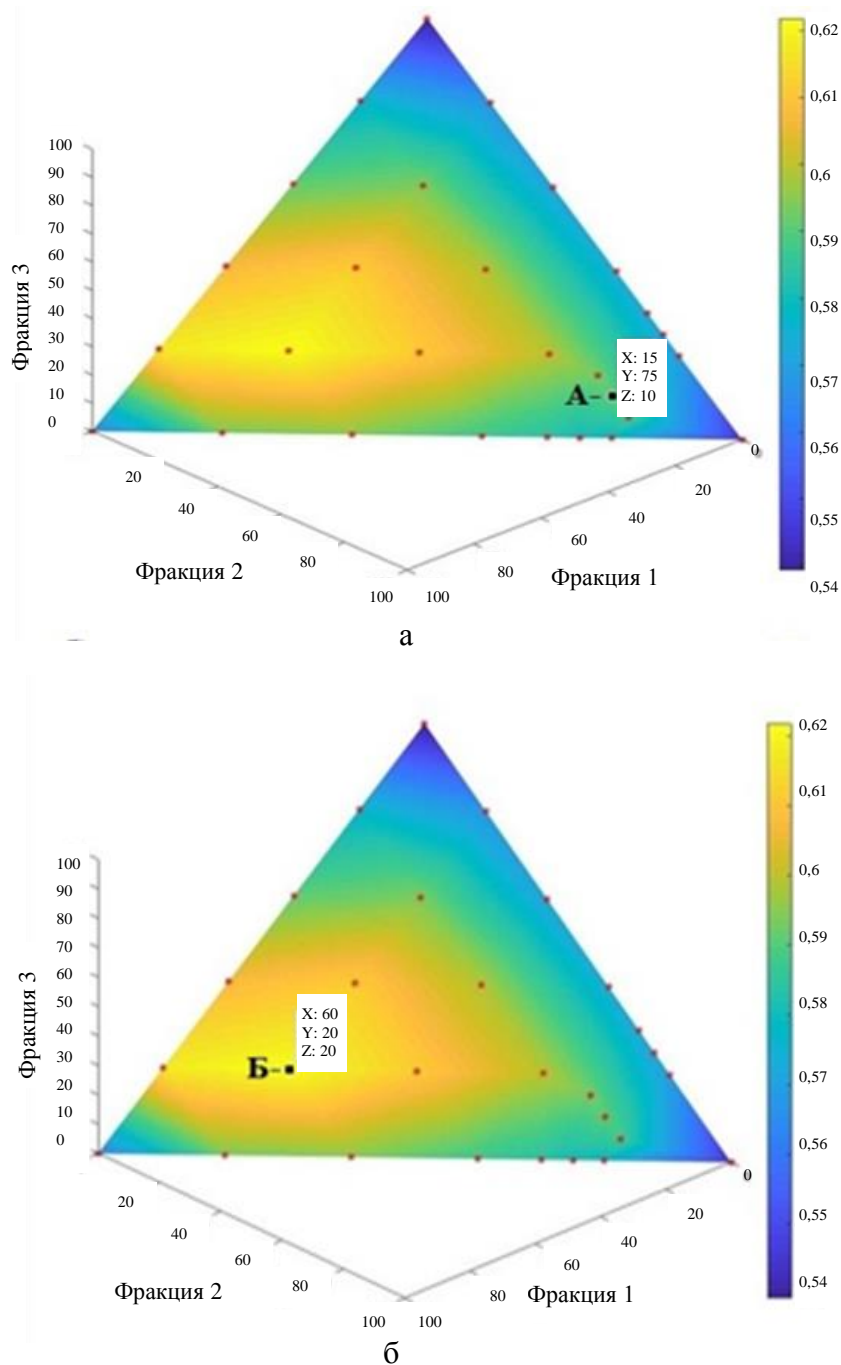
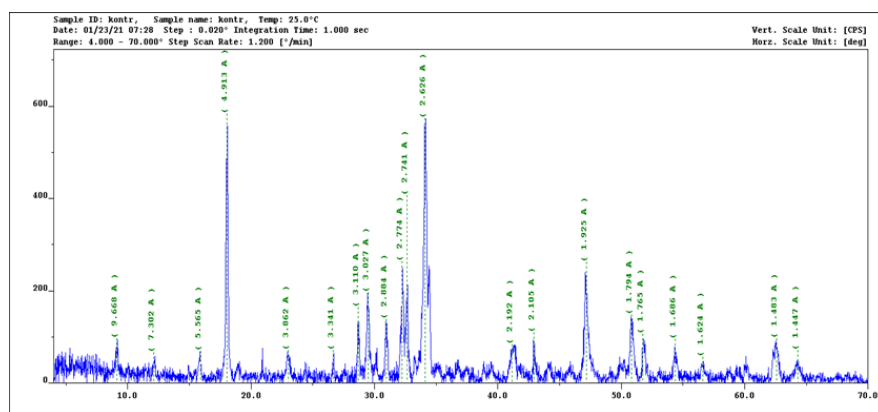


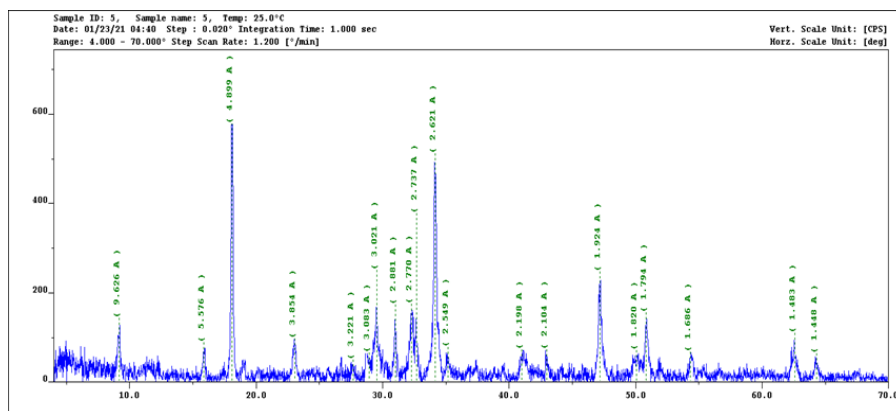
Рис. 1. Изменение плотности упаковки вяжущего в зависимости от состава композиции фракций цементных частиц различной дисперсности: максимальное расчетное значение упаковки в точке А (а); фактическое значение упаковки в точке Б (б)

Отмечалась положительная динамика зависимости прочности от плотности упаковки цементных частиц; оптимальный состав 12 показал прирост прочности в возрасте 7 и 28 суток на 57 и 29 % в сравнении с контрольным составом 1, что составляет 44,6 и 56,4 МПа соответственно.

Фазовый состав образцов цементного камня, рассчитанный на основе полученных данных рентгенофазового анализа (РФА), представлен на рис. 2 и в табл. 2. Результаты РФА показали, что в составе 2 (ПВ) увеличилось содержание C_3S и C_2S в сравнении с составом 1, а степень гидратации снизилась с 70 до 52 % соответственно. Уменьшение степени гидратации объясняется наличием в составе двух крупных непрогидратированных зерен вяжущего (фракция $150 \text{ м}^2/\text{кг}$), которые образуют запас клинкерного фонда. При добавлении к ПВ отдельно Melflux и «Полидон-А» (составы 3 и 4) наблюдалось незначительное снижение C_3S и C_2S на 1–2 % в сравнении с контрольным составом (состав 2). Совместное их введение в ПВ (состав 5) показало незначительное снижение основных клинкерных минералов, при этом степень гидратации увеличилась до 57 % в сравнении с 3-м и 4-м составами. Для повышения стойкости цементного камня против коррозии выщелачивания в состав 6 добавили 15 % МКУ-95. При этом содержание остаточных клинкерных минералов снизилось незначительно, а количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ уменьшилось более чем на 26 % в сравнении с контрольным составом. Этот факт является свидетельством протекания пуццолановой реакции, сопровождающейся связыванием $\text{Ca}(\text{OH})_2$ микрокремнеземом в менее растворимые и более химически стойкие низкоосновные гидросиликаты кальция.



а



б

Рис. 2. Рентгенофазовый анализ гидратированных образцов цементного камня в возрасте 28 суток твердения: 1-й состав – ЦЕМ I 42,5Н (а); ПВ + $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + Melflux + Полидон-А + МК (б)

Таблица 2

Фазовый состав цементного камня в возрасте 28 суток нормального твердения

№	Цементный камень	Фазовый состав цементного камня, %				
		C_3S	C_2S	Эттрингит	Портландит $Ca(OH)_2$	Степень гидратации
0	ЦЕМ I 42,5Н	60,92	11,8	–	–	–
1	ЦЕМ I 42,5Н (гидратированный цементный камень)	24	20	2-3	20,5	70
2	ПВ с фракцией, m^2/kg : 150 (15 %) + 300 (75 %) + + 450 (10 %) + 3 % гипсовый камень	30	22	2	18,4	52
3	ПВ + 0,3 % Melflux	28	21	2	19,3	54
4	ПВ + 0,2 % «Полидон-А»	27	22	До 2	18,5	51
5	ПВ + 0,3 % Melflux + + 0,2 % «Полидон-А»	26	20	До 2	17,2	57
6	ПВ + 0,3 % Melflux + + 0,2 % «Полидон-А» + + 15 % МК	25/15*	21/10*	1/1*	13,5/10,4*	62/82*

Примечание. * – через 6 месяцев нормального твердения

Для подтверждения гипотезы о сохранности клинкерного фонда и его постепенного вовлечения в процесс структурообразования на длительных сроках твердения состав 6 дополнительно исследовали через 6 месяцев. При этом установлено снижение C_3S и C_2S на 10 и 11 %, портландита – до 10,4 и увеличение степени гидратации с 62 до 82 % соответственно в сравнении с составом 6 (28 суток твердения). Полученные результаты свидетельствуют о положительной роли клинкерного фонда в цементном камне (запас грубодисперсных частиц – фракция 150 m^2/kg), что в дальнейшем должно повысить долговечность бетона, выполненного на его основе.

Исследования микроструктуры цементного камня показали, что наличие в составе комплексного модификатора (рис. 3в) позволило получить плотный цементный камень упорядоченной структуры с равномерно распределенными порами по всему объему при скоплении игольчатых кристаллов эттрингита в зоне образования микропор. Установлено, что в составе 5 (см. табл. 2) уменьшаются размеры кристаллов – от 70 до 90 нм (рис. 3б), и составе 6 (см. табл. 2) – от 60 до 75 нм (рис. 3в), что значительно ниже, чем в контрольном составе 2 (см. табл. 2) – от 100 до 120 нм (рис. 3а).

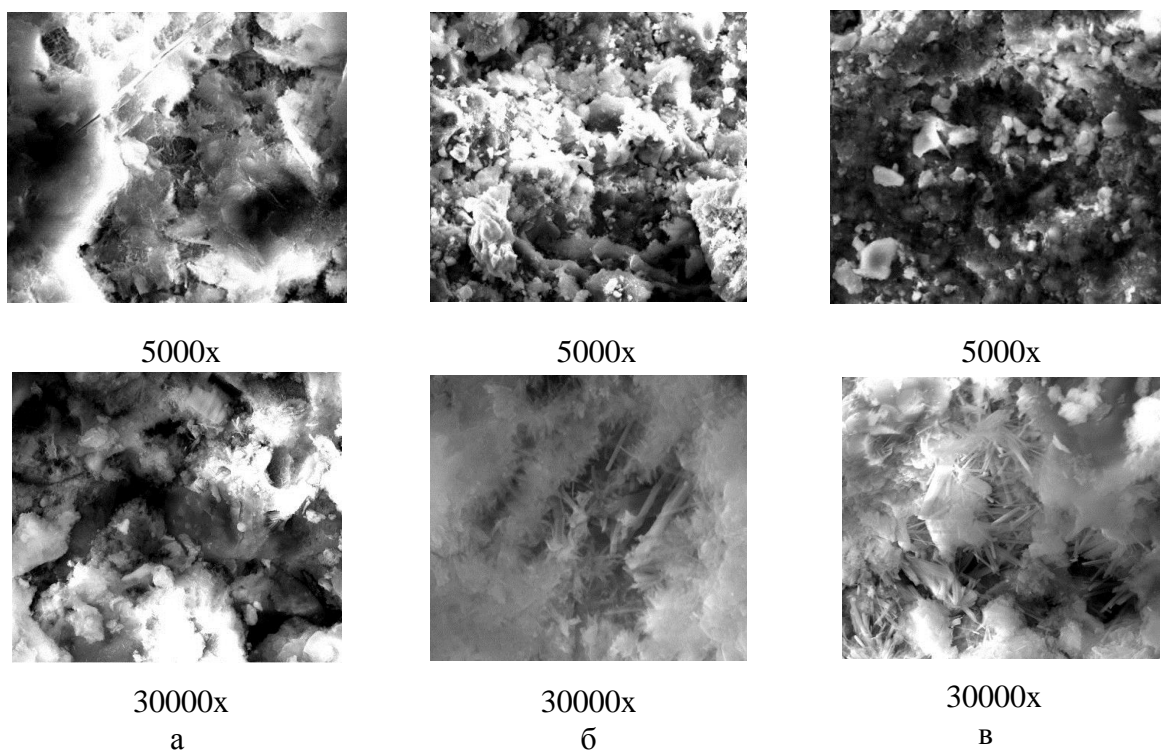


Рис. 3. Микроструктура цементного камня в возрасте 28 суток нормального твердения: ПВ (контрольный) (а); ПВ + 0,3 % Melflux + 0,2 % «Полидон-А» (б); ПВ + 0,3 % Melflux + 0,2 % «Полидон-А» + 15 % МК (в)

Модифицированный цементный камень состава 6 имеет более плотную и однородную мелкопористую структуру с размером микропор от 0,1 до 0,6 мкм (см. рис. 3в); в составе 5 основной диапазон – от 0,5 до 2 мкм (см. рис. 3б); в контрольном образце состава 2 – от 1 до 5 мкм (см. рис. 3а) с присутствием пор до 50 мкм.

Результаты исследований модифицированного цементного камня легли в основу разработки состава тяжелого бетона с заданным комплексом эксплуатационных свойств. В табл. 3 приведены составы тяжелого бетона, на основе которых проводились исследования.

Таблица 3

Исследуемые составы модифицированного тяжелого бетона

Материалы	Расход на 1 м ³ бетонной смеси, кг/м ³					
	Состав					
	1 – контрольный	2	3	4	5	6
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7
ЦЕМ I 42,5Н	362	–	–	–	–	–
ПВ	–	362	362	362	308	308
МК (15 %)	–	–	–	–	54	54
Вода	180	180	180	180	180	180

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
Щебень	962	962	962	962	962	962
Песок	895	895	895	895	895	895
Melflux 5581F (0,3 %)	1,09	1,09	–	1,09	1,09	1,09
«Полидон-А» (0,2 %)	–	–	0,72	0,72	0,72	0,72
Базальтовое волокно (0,7 %)	–	–	–	–	–	2,16

Анализ результатов исследований (табл. 4) свойств бетонных смесей показал, что предлагаемый состав 6 существенно снизил в 2,5 и 2,2 раза показатели водоотделения и раствооротделения в сравнении с контрольным составом 1. Данный факт играет положительную роль при снижении негативных последствий (это расслоение бетонной смеси, оседание крупного заполнителя и снижение неоднородности бетона). Анализ результатов свойств модифицированных бетонов показал повышение показателей: на сжатие в составе ПВ + 0,3 % Melflux + 0,2 % «Полидон-А» + 15 % МК на 47,9 % относительно контрольного ПЦ (портландцемент) + 0,3 % Melflux и на 19,5 % относительно состава ПВ + 0,3 % Melflux, что составляет в абсолютном выражении на 24 и 12,1 МПа соответственно.

Таблица 4

Результаты исследований бетонных смесей и бетонов

Показатель	Составы					
	1	2	3	4	5	6
	Контрольный ПЦ + 0,3 % Melflux	ПВ + 0,3 % Melflux	ПВ + 0,2 % «Полидон-А»	ПВ + 0,3 % Melflux + 0,2 % «Полидон-А»	ПВ + 0,3 % Melflux + 0,2 % «Полидон-А» + 15 % МК	ПВ + 0,3 % Melflux + 0,2 % «Полидон-А» + 15 % МК + 0,7 % БВ
Удобоукладываемость: марка / осадка конуса, см	П2/5	П2/6	П2/5	П2/6	П2/7	П2/6
$\rho_{\text{ср}}$ смеси, кг/м ³	2 400	2 400	2 400	2 401	2 401	2 403
Водоотделение смеси, %	0,45	0,31	0,22	0,20	0,19	0,18
Показатель раствооротделения, P_r , %	2,8	1,44	1,37	1,34	1,32	1,28
$R_{\text{сж}}$, МПа,	50,1	62,0	59,8	72,1	74,1	77,3
$R_{\text{тб}}$, МПа	5,78	6,54	6,27	6,93	7,73	8,62
Условный коэффициент интенсивности напряжений, МПа·м ^{0,5} , K_c	0,052 638	0,055 393	0,055 620	0,058 872	0,061 458	0,074 169
Пористость, %	14,52	11,67	10,54	10,12	9,2	8,6
Модуль упругости, МПа, E_{σ}	25 587	31 235	32 119	36 879	39 876	42 259
$\rho_{\text{ср}}$, кг/м ³	2 401	2 408	2 406	2 411	2 420	2 417

Максимальный прирост прочности на растяжение при изгибе R_{tb} показал бетон с микроармирующим базальтовым волокном (состав 6). Показатель R_{tb} повысился на 49,1 % в сравнении с контрольным и на 11,5 % в сравнении с составом 5 (без фибры). Повысились показатели максимальной нагрузки на 40,92 % и условного коэффициента интенсивности напряжений на 40,60 %, напряжение при изгибе – на 35,1 % в сравнении с контрольным составом. По результатам гидрофизических испытаний модифицированного бетона (см. табл. 4, состав 6) было установлено, что показатель водопоглощения снизился на 57,8 %, а марка по водонепроницаемости повысилась на 4 ступени нагружения в сравнении с контрольным составом 1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обосновано и экспериментально доказано технологическое решение получения тяжелого модифицированного бетона на основе цементного вяжущего оптимального состава различной дисперсности (15 % – средний диаметр частиц $d_{cp} = 12$ мкм с удельной поверхностью $S_{уд} = 150$ м²/кг; 75 % – $d_{cp} = 6,6$ мкм, $S_{уд} = 300$ м²/кг; 10 % – $d_{cp} = 4,9$ мкм, $S_{уд} = 450$ м²/кг) с высокой плотностью упаковки совместно с комплексным модификатором (0,3 % Melflux + 0,2 % «Полидон-А» + 15 % МК) и базальтовым волокном (0,7 %). В результате образуется плотный упрочненный цементный камень упорядоченной мелкокристаллической структуры с кристаллами от 60 до 75 нм и равномерно распределенными по всему объему микропорами от 0,1 до 0,6 мкм. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наличие тонкой фракции (450 м²/кг) позволяет обеспечить высокие темпы роста прочности в ранние сроки твердения, а крупная фракция (150 м²/кг) увеличивает запас клинкерного фонда в цементном камне: количество низкоосновных гидросиликатов кальция увеличивается на 17 % по сравнению с контрольным составом, а степень гидратации достигает 82 % (в возрасте 6 мес.). Полученный модифицированный тяжелый бетон обладает повышенными прочностными, гидрофизическими свойствами и высокой стойкостью к коррозии, что положительно влияет на его долговечность. Полученные результаты согласуются с научными работами [9–15].

Было обосновано и экспериментально доказано создание структуры тяжелого бетона высокой плотности, рационально сочетающего необходимые технологические и эксплуатационные характеристики путем оптимизации состава цементного вяжущего различной дисперсности с комплексным модификатором (гиперпластификатор + полимер + микрокремнезем) + базальтовое волокно. Полученный модифицированный бетон имеет следующие показатели: предел прочности на сжатие – 77,3 МПа; предел прочности на растяжение при изгибе – 8,62 МПа; условный коэффициент интенсивности напряжений – 0,074 169 МПа·м^{0,5}, водопоглощение – 1,9 %; марка по водонепроницаемости – W14; морозостойкость $F_1 = 600$, повышенная стойкость к агрессивным средам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов. 2006. 368 с.
2. Исследование пористости цементного камня, модифицированного комплексными органоминеральными модификаторами / В.И. Соловьев [и др.] // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 8-3. С. 590–595.

3. Самченко С.В., Абрамов М.А., Егоров Е.С. Особенности протекания гидратации и твердения цементных паст с добавкой гидратированного цемента // *Техника и технология силикатов*. 2020. Т. 27. № 1. С. 24–28.
4. Энтин З.Б., Юдович Б.Э. Многокомпонентные цементы. Научн. тр. // *НИИцемент*. 1994. Вып 107. С. 3–76.
5. Величко Е.Г., Шумилина Ю.С. К проблеме формирования дисперсного состава и свойств высокопрочного бетона // *Вестник МГСУ*. 2020. Т. 15. Вып. 2. С. 235–243.
6. Сравнительный анализ способов модифицирования шлакопортландцемента ультрадисперсным компонентом / С.В. Самченко [и др.] // *Техника и технология силикатов*. 2020. Т. 27. № 4. С. 113–120.
7. Калашников В.И. Промышленность нерудных строительных материалов и будущее бетонов // *Строительные материалы*. 2008. № 3. С. 20–23.
8. Суздальцев О.В. Новые высокоэффективные бетоны // *New university. Technical sciences*. 2014. № 7-8 (29-30). С. 44–47.
9. Самченко С.В., Егоров Е.С. Управление свойствами цементной пасты при ее модифицировании предварительно гидратированной цементной суспензией // *Техника и технология силикатов*. 2021. Т. 28. № 2. С. 54–58.
10. Ткач Е.В., Темирканов Р.И. Улучшение физико-механических свойств модифицированного бетона на основе применения химически активированного микрокремнезема с микроармирующим волокном // *Строительство и реконструкция*. 2020. № 2 (88). С. 123–135.
11. Филимонова Ю.С., Величко Е.Г. Исследование комплексной модификации тяжелого бетона // *Строительство и реконструкция*. 2021. № 4 (96). С. 107–109.
12. Ткач Е.В., Филимонова Ю.С., Корнеев А.И. Тяжелый бетон на основе полидисперсного вяжущего с комплексным полимерным модификатором с повышенными эксплуатационными показателями // *Строительство и реконструкция*. 2022. № 2. С. 112–119.
13. Королев Е.В., Иноземцев А.С. Экономические предпосылки применения высокопрочных легких бетонов // *Научно-технический вестник Поволжья*. № 5. 2012. С. 198–206.
14. Иноземцев А.С., Королев Е.В., Зыонг Т.К. Реологические особенности цементно-минеральных систем, пластифицированных поликарбоксилатным пластификатором // *Региональная архитектура и строительство*. 2019. № 3 (40). С. 24–34.
15. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М.: Технопроект. 1998. 768 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФИЛИМОНОВА Юлия Сергеевна – преподаватель кафедры строительного материаловедения, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Россия, г. Москва, Ярославское ш., д. 26. E-mail: JuliaS06@mail.ru

ТКАЧ Евгения Владимировна – доктор технических наук, профессор кафедры градостроительства, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Россия, г. Москва, Ярославское ш., д. 26. E-mail: ev_tkach@mail.ru

СУСАНИНА Татьяна Васильевна – студентка, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Россия, г. Москва, Ярославское ш., д. 26. E-mail: tanyu.susanina.02@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Филимонова Ю.С., Ткач Е.В., Сусанина Т.В. Модифицированный бетон для гидромелиоративного строительства // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2023. № 4 (20). С. 34–44.

MODIFIED CONCRETE FOR WATER RECLAMATION CONSTRUCTION

Yu.S. Filimonova, E.V. Tkach, T.V. Susanina
Moscow State University of Civil Engineering (Moscow)

Abstract. Within the framework of research the questions related to modification of heavy concrete composition on the basis of polydisperse binder with complex modifier and its influence on the formation of structure and properties of cement stone, as well as hardened concrete are considered. The possibility of obtaining effective heavy concrete for hydromeliorative construction with improved performance properties in terms of strength and hydrophysical characteristics has been substantiated. The influence of three-level disperse composition of clinker component of cement particles on the reduction of inter-particle emptiness and increase of cement stone strength has been investigated. It is noted that the obtained performance indicators make it possible to recommend the modified concrete for the production of building products and structures operating under severe operating conditions, in particular for irrigation system flumes. It is indicated that the prospects for further development of scientific research lie in improving the composition of modified heavy concrete on the basis of polydisperse binder with complex modifier by searching for new types of modifiers and micro reinforcing fillers to reduce the cost of production and study the possibilities of its application in hydraulic structures of the zone of variable water level.

Keywords: modified concrete, dispersed composition of the clinker component, complex modifier, durability.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

FILIMONOVA Yulia Sergeevna – Lecturer at the Department of Building Materials Science, National Research Moscow State University of Civil Engineering, 26, Yaroslavskoye Shosse, Moscow, 129337, Russia. E-mail: JuliaS06@mail.ru

TKACH Evgeniya Vladimirovna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Urban Planning, National Research Moscow State University of Civil Engineering, 26, Yaroslavskoye Shosse, Moscow, 129337, Russia. E-mail: ev_tkach@mail.ru

SUSANINA Tatiana Vasilyevna – Bachelor, National Research Moscow State University of Civil Engineering, 26, Yaroslavskoye Shosse, Moscow, 129337, Russia. E-mail: tanya.susanina.02 @ mail.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Filimonova Yu.S., Tkach E.V., Susanina T.V. Modified concrete for water reclamation construction // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2023. No. 4 (20), pp. 34–44.