РЕЦЕПТУРЫ НАПОЛНЕННЫХ ВЯЖУЩИХ С МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ФРАКЦИЕЙ ПРОДУКТОВ ДРОБЛЕНИЯ БЕТОННОГО ЛОМА И КИРПИЧНОГО БОЯ

© М. С. Сайдумов, Т. С-А. Муртазаева, А. Х. Аласханов

ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

В работе представлены результаты исследования составов высокоактивных наполненных вяжущих с тонкомолотым наполнителем техногенного происхождения, предназначенных для получения высокоактивных монолитных бетонов. Предложены рецептуры оптимальных составов наполненных вяжущих. Исследованы пористость и микроструктура цементного камня на основе разработанных вяжущих. Изучено влияние времени помола и степени наполнения на величину удельной поверхности предлагаемых наполненных вяжущих. Разработана технологическая схема производства наполненного вяжущего с использованием наполнителей техногенной природы.

Работа выполнена в рамках исследований по реализации научного проекта № 18-48-200001 «Высококачественные бетоны с повышенными эксплуатационными свойствами на основе местного природного и техногенного сырья», получившего поддержку Российского фонда фундаментальных исследований» (РФФИ).

Ключевые слова: наполненные вяжущие, тонкомолотый наполнитель, техногенное сырье, активность вяжущего, высокопрочные бетоны, плотная структура, цементный камень, эффективность, экология.

В настоящее время в условиях развития высотного строительства и возрастающих требований к материалам для их возведения современные бетоны становятся многокомпонентными композитами [1, 2]. Так, последние рецептуры высококачественных бетонов для высотного монолитного строительства включают 6-8 сырьевых компонентов – это, как правило, высокоактивные композиционные вяжущие, высококачественные заполнители, ультрадисперсные наполнители различной природы, химические модификаторы и т.д. При необходимости могут быть использованы дополнительные компоненты – различные микроармирующие вещества – фибры, красители – пигменты и другие добавки [3, 11, 12].

Строительная практика в нашей стране свидетельствует о внедрении таких монолитных составов бетонов на композиционных вяжущих, относящихся по их основным характеристикам к вяжущим низкой водопотребности, отличающихся от обычных цементов заметно низкой-нормальной густотой ($НГ \leq 20\%$).

Также широко используют комплексные модификаторы структуры и свойств на различной химической и (или) минеральной основе, обеспечивающие получение экономичных и долговечных бетонов; интенсивную технологию, обеспечивающую высокую однородность (гомогенизацию) состава с созданием в процессе образования структуры материала высокоплотной упаковки заполнителя и ее дальнейшего упрочнения [4, 13-15].

В связи с этим авторами работы поставлена задача разработать эффективные рецептуры наполненных вяжущих с использованием в качестве гидравлически активного наполнителя мелкодисперсной фракции продукта дробления бетонного лома и кирпичного боя для получения на их основе высококачественных (высокопрочных) бетонов для высотного монолитного строительства, с максимальным использованием при этом местного сырья, в том числе и техногенного происхождения.

В настоящее время различными учеными разработаны множество видов комплексных

вяжущих с самыми разнообразными свойствами – от высокоактивных и быстротвердеющих до безусадочных и расширяющих видов. Наиболее распространенными среди них являются: вяжущие низкой водопотребности (ВНВ), тонкомолотый многокомпонентный цемент (ТМЦ), впервые разработанные и исследованные профессором Ю.М. Баженовым и его учениками [3, 4, 9, 10]. Однако требования к строительным материалам, отражающие действительность динамично развивающегося современного строительства, диктуют постоянные корректировки имеющихся составов и разработки новых видов вяжущих. Так, в работе нами поставлена задача разработать наполненные вяжущие с использованием местного природного и техногенного сырья Чеченской Республики для получения высококачественных бетонов с высокими технологическими, физико-механическими и эксплуатационными показателями.

На основании сравнительных результатов исследования активности тонкомолотых минеральных наполнителей техногенной природы (МНТП), представленных в работе [5, 6], в качестве наполнителя для получения наполненных вяжущих нами использованы два вида наполнителя: МНТП из бетонного лома и керамического кирпичного боя (ККБ) соотношением 70:30%. Использование МНТП из бетонного лома обосновано тем, что он при дополнительном помоле проявляет свойства вяжущего низкой активности за счет имеющихся в его составе не полностью прогидратировавших зерен цементного клинкера [5], а МНТП из кирпичного боя улучшает водоудерживающую способность бетонных смесей [7, 16].

В качестве химического активатора в наполненных вяжущих использовалась высокоэффективная комплексная полифункциональная добавка Д-5, выпускаемая ООО «ТОКАР» (г. Владикавказ) в виде сухого порошка, которая способствует образованию в структуре бетона сети мелких замкнутых капиллярных пор с высокой непроницаемостью.

Технологический процесс получения наполненных вяжущих (рис. 1) включает следующие операции: подготовка и дозирование

сырьевых компонентов, их механо-химическая активация совместным помолом, упаковка, хранение (при необходимости) и выдача готовой продукции потребителю.

В качестве вяжущего в экспериментальных исследованиях использовались бездобавочные портландцементы марки ПЦ 500 Д0 производства ГУП «Чеченцемент» (Чеченская Республика, с. Чири-Юрт) и «Новоросцемент» марки ПЦ 500 Д0 производства ОАО «Верхнебаканский цементный завод» (г. Новороссийск, п. Верхнебаканский).

Анализ результатов исследований по разработке вяжущих низкой водопотребности (ВНВ), полученных проф. Ю.М. Баженовым (таблица 1), показывает, что их водопотребность в бетонных смесях снижается до 30%, что заметно повышает его эффективность.

Как утверждает Ю.М. Баженов [8], транспортировка и хранение таких высокоактивных вяжущих приводит к быстрой потере их активности. Известно, что даже обычный портландцемент М500 уже через 2-3 месяца хранения теряет свою активность на 20% и выше. Поэтому на практике цементы выше М600 массово не производятся ни в одной стране.

На практике использование высокоактивных ВНВ с существенно низкой водопотребностью способствует значительному снижению расхода клинкерной части при получении бетона заданной прочности. Так, бетонные смеси на ВНВ можно получать как умеренно подвижные, так и высокоподвижные (литые), что существенно упрощает технологию формования. Наконец, бетоны на ВНВ характеризуются достаточно быстрым набором прочности в ранние сроки твердения.

На основании анализа литературных данных и опыта получения и использования высокоактивных комплексных вяжущих нами была разработана рецептура наполненных вяжущих с использованием местного техногенного сырья (таблица 2).

Наполненные вяжущие (НВ) на основе продуктов дробления бетонного лома, портландцемента и комплексной полифункциональной добавки Д-5 указанных составов были получены путем их совместного помола до удельной поверхности 550-580 м²/кг.

Рис. 1. – Схема производства наполненного вяжущего с использованием наполнителей техногенной природы

Объем и характер пор цементного камня, образованного из портландцемента и полученных составов НВ, во многом определяющие физико-механические показатели цементных композиций, включая его прочность, морозо- и коррозионную стойкость, проницаемость и др., исследовались нами методом ртутной порометрии (таблица 3).

Анализ данных таблицы 3 показывает, что пористость цементного камня, образованного из обычного портландцемента, резко отличается от цементного камня на основе НВ. Так, в 2 раза снижается количество пор с диаметром более 2,0 мкм, в 4 раза уменьшается содержание капиллярных пор диаметром 2,0-0,2 мкм, происходит сдвиг эф-

Таблица 1 – Составы и свойства ВНВ [8]

Наименование вяжущего	Наименование минерального наполнителя	Нормальная густота, %	Активность в 28 суток, МПа $R_{изг} / R_{сж}$
ПЦ М500Д0	-	26	6/53
То же с добавкой С-3 в количестве 1,0%	-	22	8/64
ВНВ100	-	15	10/88
ВНВ50	Песок строительный	16	7/61
ВНВ30	То же	18	6/42
ВНВ50	Шлак доменный гранулированный	17	7/60
ВНВ30	Зола-унос	18	6/53

Таблица 2 – Рецептура наполненных вяжущих (НВ) с тонкомолотым минеральным наполнителем техногенной природы (МНТП)

Вид вяжущего	Состав НВ, % по массе			
	ПЦ М500 Д0 «Чеченцемент»	МНТП		Добавка Д-5
		из бетонного лома	из ККБ	
Наполненное вяжущее марки НВ-75:25	75	16	7	2
То же, НВ-60:40	60	27	11	2

Таблица 3 – Характеристики порового пространства цементного камня в зависимости от вида вяжущего

Наименование вяжущего	Пористость, %	Диаметр пор, мкм, и их содержание, %			
		Более 2	2-0,2	0,2-0,02	0,02-0,004
Чеченцемент	14,04	1,14	9,04	2,58	1,28
Новоросцемент	12,37	1,05	8,01	2,05	1,26
НВ-75:25	8,93	0,48	2,04	5,17	1,44
НВ-60:40	9,22	0,55	2,54	4,75	1,38

фективного диаметра пор в сторону тонких капилляров.

Это хорошо видно на кривых распределения пор по размерам в цементном камне, в зависимости от вида используемого вяжущего (рис. 2).

Также установлено, суммарная пористость бетона на НВ практически в 1,4-1,6 раза меньше микропористости цементного камня на обычном портландцементе.

Кроме того, электронно-микроскопические данные позволили констатировать, что цементный камень на основе НВ имеет более плотную в сравнении с обычным цементным камнем структуру, которая представлена высокоплотной упаковкой частиц клинкерных минералов (рис. 3).

При этом отмечается точечное (избирательное) распределение поверхностно-актив-

Рис. 2. – Кривые распределения пор по размерам в цементном камне в зависимости от вида вяжущего

ных веществ (ПАВ) на зернах клинкерной части, а не эффект «припудривания». Именно поэтому для НВ в начальный период твердения характерно замедление процесса гидратации на 2-3 часа, а иногда и более. Такое явление у НВ наблюдается как следствие сопротивления «пленки» на поверхности зерен вяжущего, образованной частицами ПАВ, диффузионному проникновению жидкой фазы к микротрещинам цементного зерна. В течение данного периода диспергированные частицы цемента, защищенные ПАВ, практически не реагируют с водой затворения, но когда за счет дефлокулирования частиц ПАВ устанавливается контакт воды с поверхностью цементного зерна, скорость гидратации последнего резко возрастает, что приводит к быстрому набору прочности бетонного композита. Такое описание данного процесса подтверждается полученными кривыми изменения температуры цементного теста во времени (рис. 4).

Температуру замеряли через каждые 20 мин до достижения максимального значения термометром, опущенным в сосуд Дьюара, заполненный бетонной смесью и закрытый пробкой.

По результатам измерений получен график зависимости «температура – время» (см. рис. 4).

На кривых изменения температуры цементного теста во времени хорошо видны периоды достаточно резкого повышения тепловыделения клинкерной части, которые считаются концом схватывания вяжущего. У НВ и ПЦ эти периоды отличаются друг от друга (см. рис. 4, кривые 1 и 2). При этом экзотермия НВ на 20% ниже тепловыделения цементного теста, полученного с использованием ПЦ, и наступает заметно позже (примерно через 2,5-3 часа после затворения). Получается, что период протекания экзотермических реакций гидратации цемента у НВ заметно растянут во времени за счет действия ПАВ, создающего «эффект вязкофазного микрокапсулирования» зерен вяжущего, предотвращающего его контакт с водой. А конец действия ПАВ, когда уже отдельными участками начинается дефлокулирование «оболочки» вокруг цементного зерна, наступает не одновременно для всех зерен цемента, как в бездобавочной бетонной смеси на ПЦ, а как бы носит стадийный или «много-

Рис. 3. – Микрофотографии для сравнительного анализа структур цементного камня из НВ-75:25 (а), НВ-60:40 (б) и ПЦ (в): стрелками на микрофотографиях указаны участки с пористой структурой

Рис. 4. – Изменение температуры цементного теста из НВ-60:40 (кривая 1) и ПЦ марки М500 Д0 (кривая 2) от времени твердения

Рис. 5. – Влияние времени помола и степени наполнения на величину удельной поверхности НВ

ступенчатый» характер. При этом для контакта с водой на первой стадии открывается не вся поверхность зерна, а лишь частично – «коридорами», площадь которых увеличивается со временем.

Данные свойства НВ показывают, что этот тип вяжущих резко отличается от известных ранее традиционных вяжущих, и делают его наиболее эффективным видом вяжущего для монолитного бетонирования массивных конструкций, где требуется применять способы и механизмы по управлению температурными параметрами бетонной смеси и бетона в конструкции в процессе ее выдерживания.

Механохимическая обработка сырьевой смеси для НВ способствует интенсивному измельчению ПАВ, частицы которого распределяются на поверхности зерен МНТП и вяжущего за счет адгезионных сил. При этом в условиях контактных взаимодействий указанных зерен между собой и с мелющими телами интенсифицируется процесс «размазывания» прилипших частиц ПАВ и МНТП по поверхности цемента, что свидетельствует об эффективности совместного помола сырьевых

компонентов НВ. Это хорошо видно на полученных кривых зависимостей свойств НВ от его удельной поверхности, времени помола и степени наполнения (рис. 5).

С увеличением времени помола кривая удельной поверхности вяжущего возрастает и носит нелинейный характер (см. рис. 5). Заметный рост данного показателя, как видно на графике, установлен при времени помола в течение 5 минут. Дальнейшее увеличение времени измельчения не приводит к резкому увеличению тонкости помола вяжущего и было экономически нецелесообразно.

Кроме того, установлена эффективность совместного помола вяжущего в присутствии наполнителя из бетонного лома и ПАВ. Так, совместное измельчение частиц вяжущего на момент его 5-го помола на 5-10% эффективнее раздельного, что гораздо больше упрощает технологию получения НВ, снижает энерго- и трудозатраты и сокращает время помола материала. При этом эффект тем больше, чем выше содержание наполнителя в НВ.

Исследования физико-механических характеристик наполненного вяжущего с МНТП

Таблица 4 – Состав и свойства НВ с минеральным наполнителем техногенной природы (МНТП)

Наименование вяжущего	НГ, %	$S_{уд}$ вяжущего, м ² /кг	Истинная плотность, кг/м ³	Водоотделение, %	Сроки схватывания, час. – мин.		Активность, МПа
					начало	конец	
НВ-75:25	17	558	2986	15,5	3-40	5-30	71,3
НВ-60:40	19	577	2905	14,7	3-55	5-35	60,7
ПЦ М500 Д0 ГУП «Чеченцемент» (для сравнения)	26	325	3115	18,0	2-15	3-40	52,6

из бетонного лома и ККБ позволили установить, что активность таких вяжущих после помола в сравнении с активностью традиционно применяемого ПЦ М500 Д0 возрастает в 1,5-1,8 раза (таблица 4).

С увеличением доли наполнителя снижается плотность НВ с 3,12 г/см³ до 2,91-2,99 г/см³. Улучшаются показатели водопотребности и водоотделения вяжущего. Так, процент НГ наполненных вяжущих марок НВ-75:25 и НВ-60:40 снижается с 26% для обычного ПЦ до 17 и 19% соответственно (снижение водопотребности более чем на 30%). Заметно снижается и водоотделение цементного теста, полученного из НВ (на 15-20%), что существенно улучшает показатели стабильности цементных суспензий в высокоподвижных бетонных смесях.

Таким образом, разработаны и исследованы рецептуры наполненных вяжущих (НВ) с активностью 60-71 МПа с тонкодисперсными МНТП из бетонного лома и кирпичного боя с соотношением 70:30% соответственно, при этом доля смеси наполнителя в НВ составила

25 и 40% от массы вяжущего. Использование МНТП из бетонного лома обусловлено ее гидравлической активностью благодаря негидратировавшим зернам цемента в составе бетонного лома в количестве до 20-25% от вяжущего, использованного при приготовлении утилизируемого бетона, которые, располагаясь между частицами НВ, заметно упрочняет цементный камень путем снижения дифференциальной пустотности исходной водоцементной пасты в сторону более меньших по размеру пор и пустот, что обуславливает формирование цементной матрицы с меньшими размерами капиллярных пор.

Использование в технологии высокопрочных бетонов разработанных НВ будет способствовать повышению степени утилизации техногенного сырья, применяемого в их составах как тонкомолотый минеральный наполнитель, улучшит качество цементного камня в таких бетонах за счет его низкой пористости и пустотности, а также даст значительный экономический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю. М. Технология бетона: учеб. пособие для технологических специальностей строит. вузов. 3-е изд. М.: АСВ, 2011. 500 с.
2. Чумаков Л. Д. Технология заполнителей бетона [Электронный ресурс]. 2-е изд., исправленное и дополненное. М.: Издательство АСВ, 2011. 264 с.
3. Технология бетона, строительных изделий и конструкций / Ю. М. Баженов, Л. А. Алимов, В. В. Воронин и др. М.: Изд-во АСВ, 2008. 350 с.
4. Баженов Ю. М. Бетоны XXI века // Ресурсо- и энергосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций: сб. науч. тр. Междунар. конф. Белгород, 1995. С. 3-5.

5. *Муртазаева Т. С.-А.* Высокопрочные бетоны на основе вторичного сырья: дисс. ... канд. техн. наук 05.23.05. Грозный, 2018. С. 68-80.
6. Сайдумов М. С. Отсевы дробления бетонного лома и горных пород для получения бетонных композитов: дисс. ... канд. техн. наук 05.23.05. Белгород, 2012. 216 с.
7. *Хаджиев, М. Р.* Керамобетон на основе вторичных заполнителей из кирпичного боя для мелкоштучных стеновых изделий: дисс. ... канд. техн. Наук 05.23.05. Махачкала, 2015. 158 с.
8. *Баженов, Ю. М.* Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2007. 526 с.
9. *Муртазаев С.-А. Ю. Саламанова М. Ш.* Высокопрочные бетоны с использованием фракционированных заполнителей из отходов переработки горных пород // Журнал «Устойчивое развитие горных территорий». 2015. № 1 (23). С. 23-28.
10. Self-consolidating concretes with materials of the Chechen Republic and neighboring regions/ *Salamanova M., Khubaev M., Saidumov M., Murtazayeva T.* // International Journal of Environmental and Science Education. 2016. Т. 11. № 18. С. 12719-12724.
11. Повышение морозостойкости асфальтобетонов за счет использования пористого минерального порошка / *А. А. Солдатов, Д. П. Швачев, Д. А. Воробьев, М. А. Жуковская* // Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности: материалы III-ей ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета. Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. С. 185-188.
12. Высококачественные бетоны на основе местных сырьевых материалов, модифицированные нанотрубками / *Н. С. Гончарова, В. Т. Перцев, В. В. Власов и др.* // Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. Воронеж: 2012. № 2 (26). С. 46-54.
13. *Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T.* On effect of super plasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete // Matec Webof conferences 27. Sep. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018". 2018. С. 4018.
14. Recycled Technogenic Raw Materials as an Effective Filler for Modern Construction Composites / *S.-A. U. Murtazayev, M. Sh. Mintsayev, A. Kh. Alaskhanov, M. S. Saidumov, M. Z. Duskayev* // International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2018). Advances in Engineering Research. 22.12.2018. Vol. 177. P. 271-274. doi:10.2991/isees-18.2018.52.
15. *Galkin Yu. Yu., Udodov S. A., Vasileva L. V.* The phase composition and properties of aluminate cements after early loading // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 7 (75). С. 114-122.
16. Influence of Plasticizer Introduction Method on the Efficiency of Cement Suspensions / *M. S. Saidumov, T. S.-A. Murtazayeva, A. Kh. Alaskhanov, M. S.-M. Khubaev, R. S.-A. Murtazayeva* // International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2018). Advances in Engineering Research. 22.12.2018. Vol. 177. P. 267-270. doi:10.2991/isees-18.2018.51.

THE RECIPES FOR FILLED INSULATING PRODUCTS OF CONCRETE SCRAP AND BRICKED PRODUCTS CRUSHING WITH A FINE FRACTURE

© M. S. Saidumov, T. S.-A. Murtazaeva, A. Kh. Alaskhanov

GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

The paper presents the results of a study of the compositions of highly active filled binders with fine-ground filler of technogenic origin, intended for the production of highly active monolithic concrete. The proposed formulation of the optimal compositions filled with binders. The porosity and microstructure of the cement stone based on the developed binders are investigated. The effect of grinding time and degree of filling on the specific surface area of the proposed filled binders has been studied. A flow chart has been developed for the production of a filled binder using technogenic fillers.

The work was performed as part of research on the implementation of the research project № 18-48-200001 "High-quality concretes with enhanced performance properties based on local natural and technogenic raw materials" received support from the Russian Foundation for Basic Research (RFBR).

Keywords: filled binders, finely ground filler, technogenic raw materials, binders activity, high-strength concrete, dense structure, cement stone, efficiency, ecology.

REFERENCES

1. Bazhenov, Ju. M. (2011) *Tehnologiya betona [Concrete technology] Ucheb. Posobie dlja tehnologicheskikh special'nostej stroit. Vuzov [Study guide for technology specialties of Civil Engineering Universities]*. 3 ded. Moscow: ACV. 500 p.
2. Chumakov, L. D. (2011) *Tekhnologiya zapolnitelei betona, 2-e izd., ispravlennoe i dopolnennoe [Concrete Aggregate Technology, 2nd ed., revised and supplemented]*. Moscow: Publishing House ACV. 264 p.
3. Bazhenov Yu. M, Alimov L.A. and Voronin V.V. (2008) *Tekhnologiya betona, stroitel'nykh izdelii i konstruksii [Technology of concrete, building products and structures]*. Moscow: Publishing House ACV. 350 p.
4. Bazhenov, Yu. M. (1995) 'Betony XXI veka 'Resurso- i energosberegayushchie tekhnologii stroitel'nykh materialov, izdelii i konstruksii: sb. nauch. tr. Mezhdunar. konf.' [Concretes of the XXI century. Resource- and energy-saving technologies of building materials, products and structures: collection of int. conf. scientific papers]. Belgorod, pp. 3-5.
5. Murtazaeva, T.S. A. (2018) *Vysokoprochnye betony na osnove vtorichnogo syr'ya: diss. ... kand. tekhn. nauk. [High-strength concrete based on recycled materials]: diss....05.23.05 kand. oftech. sciences. Grozny, pp. 68-80.*
6. Saidumov, M. S. (2018) *Otsevy drobleniya betonnoogo loma i gornykh porod dlya polucheniya betonnykh kompozitov: diss.: ... 05.23.05 kand. tekhn. nauk. [Screenings for crushing concrete scrap and rocks to obtain concrete composites]*. Belgorod, 216 p.
7. Khadzhiyev, M. R. (2015) *Keramobeton na osnove vtorichnykh zapolnitelei iz kirpichnogo boya dlya melkoshtuchnykh stenovykh izdelii: diss....05.23.05 kand. tekhn. nauk. [Ceramic concrete based on secondary aggregates of brick battle for small-piece wall products diss.:... cand. tech. sciences. Makhachkala, 158 p.*
8. Bazhenov, Yu. M. (2007) *Tekhnologiya betona [Concrete technology]*. M.: Publishing House ACV, 526 p.
9. Murtazaev, S-A. Yu. and Salamanova, M. Sh. (2015) 'Vysokoprochnye betony s ispol'zovaniem fraktsionirovannykh zapolnitelei iz otkhodov pererabotki gornykh porod' [High-strength concrete using fractionated aggregates from rock waste]. *Ustoichivoe razvitie gornykh territorii // Journal "Sustainable Development of Mountain Territories" № 1 (23). Pp. 23-28.*

10. Salamanova, M., Khubaev, M., Saidumov M. and Murtazaeva, T. (2016) Self-consolidating concretes with materials of the chechen republic and neighboring regions // *International Journal of Environmental and Science Education*. V. 11. № 18. Pp. 12719-12724.
11. Soldatov, A. A., Shvachev, D. P., Vorob'ev, D. A. and Zhukovskaya, M. A. (2015) 'Povyshenie morozostoikosti asfal'tobetonov za schet ispol'zovaniya poristogo mineral'nogo poroshka' // Aktual'nye problem stroitel'stva, transporta, mashinostroeniya i tekhnosfernoi bezopasnosti: materialy III-ei ezhegodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta. [Increased frost resistance of asphalt concrete through the use of porous mineral powder] Severo-Kavkazskii federal'nyi universitet. Pp. 185-188.
12. Pertsev, V. T., Goncharova, N. S., Pertsev, V. T. and Vlasov, V. V. (2012) 'Vysokokachestvennye betony na osnove mestnykh syr'evykh materialov, modifitsirovannye nanotrubkami' [High-quality concrete based on local raw materials, modified with nanotubes]. *Voronezhskii gosudarstvennyi arkhitekturno-stroitel'nyi universitet*. Voronezh. № 2 (26). Pp. 46-54.
13. Nesvetaev, G., Koryanova, Y. and Zhilnikova, T. (2018) 'On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete' In collection: *Mat. Web of Conferences 27. Ser. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018"*. Pp. 4018.
14. Murtazayev, S-A. U., Mintshev, M. Sh., Alaskhanov, A. Kh., Saidumov, M. S. and Duskayev, M. Z. (2018) 'Recycled Technogenic Raw Materials as an Effective Filler for Modern Construction Composites' *International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2018). Advances in Engineering Research*. Vol. 177. Pp. 271-274. doi:10.2991/isees-18.2018.52.
15. Udodov, S. A., Galkin, Yu. Yu., Udodov, S. A. and Vasil'eva L. V. (2017) 'The phase composition and properties of aluminate cements after early loading' *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. № 7 (75). Pp. 114-122.
16. Saidumov M.S., Murtazaeva T. S-A., Alaskhanov A.Kh., Khubaev M. S-M. and Murtazaeva R. S-A. (2018) 'Influence of Plasticizer Introduction Method on the Efficiency of Cement Suspensions' *International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2018). Advances in Engineering Research*. Vol. 177. Pp. 267-270. doi:10.2991/isees-18.2018.51.