

СОСТАВ И СВОЙСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ



Корончик Алексей Владимирович

*Младший научный сотрудник
Центра научных исследований и испытаний дорожно-
строительных и гидроизоляционных материалов (ЦНИИ ДСГМ)*

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Минск 2024

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования является изучение возможности применения в составе цементобетонной смеси отходов химической водоподготовки, образующихся на теплоэлектростанциях, в частности осадков очистки (шлама), в качестве заполнителя.

Необходимо рассмотреть условия и технические возможности применения шлама при проектировании различных составов дорожных бетонных строительных смесей для устройства новых покрытий и оснований дорог, а также капитального ремонта типовых остановочных пунктов при устройстве новых цементобетонных покрытий в результате повышенного образования дефектов на асфальтобетонном покрытии.

РЕШАЕМАЯ ПРОБЛЕМА

Ежегодно на территории Республики Беларусь образуются отходы в результате процесса водоподготовки в системе химводоочистки на теплоэлектростанциях (побочный продукт, далее — шлам).

На теплоэлектростанциях Республики Беларусь в шламонакопителях по данным статистической отчетности в 2023 году образовалось 203540 тонн осадков водоподготовки котельно-теплового хозяйства. При этом практически все отходы были размещены на объектах хранения и лишь 5% было отправлено на объекты для последующего захоронения.

Рабочая карта накопления продувочной воды



Закрытая карта в процессе естественного осушения



Карта, находящаяся в процессе разработки



РЕШАЕМАЯ ПРОБЛЕМА

Шлам получается химическим осаждением (коагуляция, известкование и магниальное обескремнивание) при использовании коагулянтов, вводящихся в воду, а после, уносится системой продувки бункера накопителя в шламонакопители (далее — карты) в виде суспензии.

Многотоннажные отходы водоподготовки образуются в процессе работы химического цеха на теплоэлектроцентралях. Для умягчения воды добавляют известковое молоко, которое переводит растворимые бикарбонаты кальция и магния в нерастворимые карбонаты. Укрупнившиеся частицы оседают на дно шламонакопителей.

Исследуемый материал представляет собой пыль оранжево-желтого цвета.

АНАЛИЗ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА

Удельная поверхность была определена по Блейну в соответствии с СТБ EN 196-6-2012 «Методы испытаний цемента. Часть 6. Определение тонкости помола», согласно которому можно определить тонкость помола цемента.

Удельная поверхность шлама, определенная в ходе испытаний, составила 31 130 см²/г. На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что **удельная поверхность шлама по сравнению с цементом в среднем больше в 5,5 раз**, что указывает на высокую дисперсность исследуемого материала.

Истинная плотность шлама составляет 2,78 г/см³ при насыпной плотности 1,49 г/см³.
Таким образом, показатель пористости составляет 46 %.

Гидрофобность шлама определялась в соответствии с п. 7.9 ГОСТ 16557-2005 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органо-минеральных смесей. Технические условия». Осадка на дно стакана 2 граммов шлама происходила в течение первых 10 минут. Следовательно, можно сделать вывод, что **материал не гидрофобный**.

АНАЛИЗ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА

Зерновой состав шлама определялся на комплекте стандартных сит по ГОСТ 16557-2005. Результаты представлены в таблице.

Размер сита, мм	Остаток, % на сите
1,25	1,8
0,63	0
0,315	1,4
0,14	0,6
0,071	1,2
<0,071	95,0

Анализ данных таблицы показывает, что **шлам является тонкодисперсным материалом**, поскольку полный просев через сито 0,071 составляет 95 %. При детальном рассмотрении материала на ситах выше 0,071 было определено, что там преобладают частицы примесей мусора и камней, которые попадали в исходный материал за счет внесения в открытые «карты» накопления шлама.

АНАЛИЗ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА

Активность шлама определялась в соответствии с ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии» с использованием прибора ИАП-2. Для этого, 15 граммов цемента, шлама и смеси с различным содержанием шлама и цемента растворялись в 400 мл воды, после чего производилось определение активности по дисплею прибора. Результаты определения активности представлены в таблице.

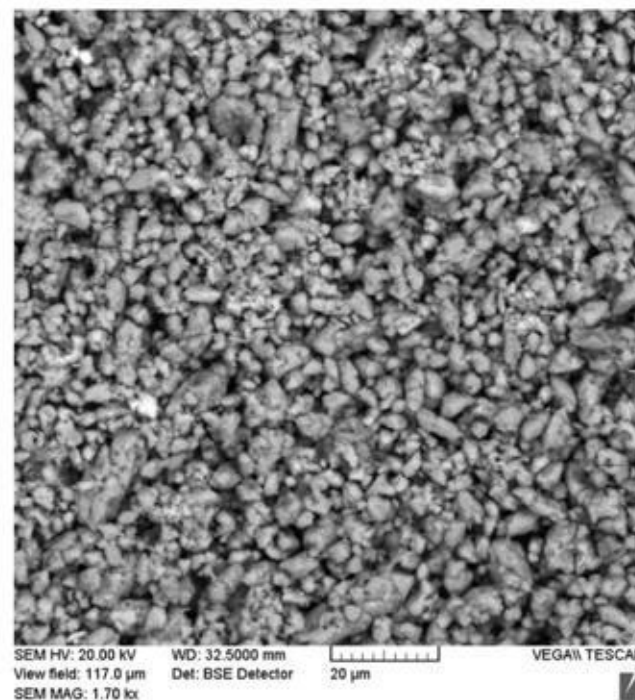
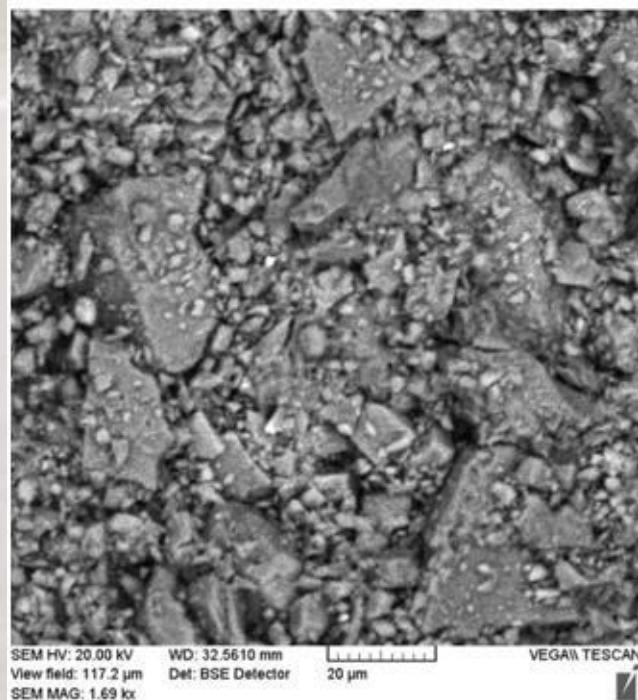
Установлено, что шлам не имеет пуццолановой активности.

Содержание цемента, г	Содержание шлама, г	Номер замера			Среднее значение
		1	2	3	
15	0	667	671	680	672,67
13	2	652	662	672	662,00
10	5	581	591	597	589,67
5	10	432	440	451	441,00
0	15	150	162	158	156,67

АНАЛИЗ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА

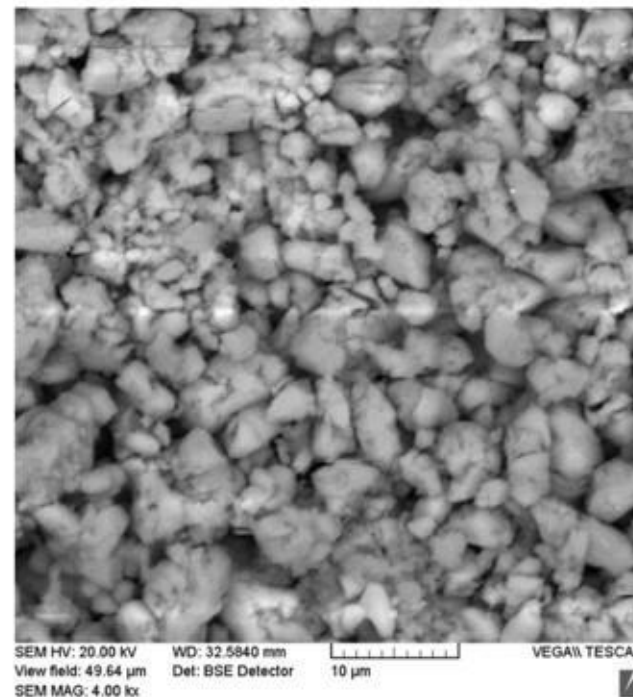
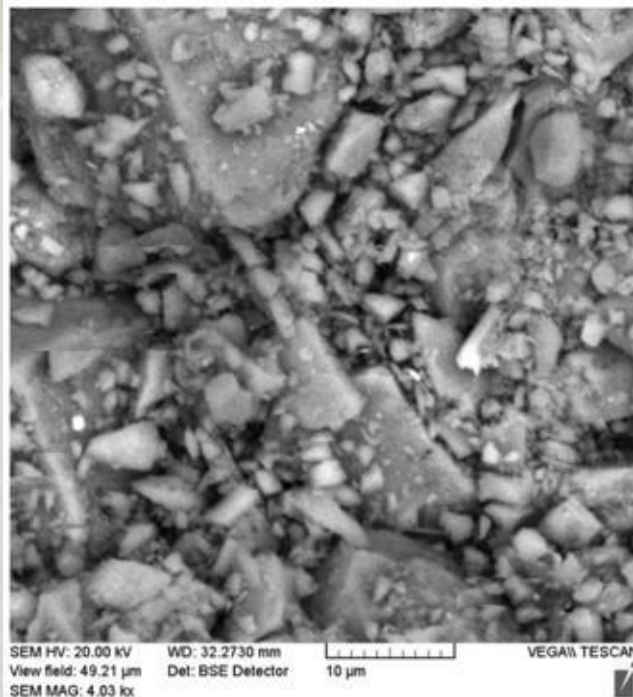
Для детального изучения шлама был использован электронный микроскоп VEGA Tescan. В результате были получены увеличенные изображения шлама в сравнении с цементом. На рисунке представлены изображения с увеличением в 1700 раз и размерной шкалой в 20 микрон.

При изучении полученного изображения видно, что частицы цемента представлены не окатанными частицами различной величины, а шлама – окатанными, распределенными равномерно по всему объему.



АНАЛИЗ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА

На изображении представлены изображения с увеличением в 4000 раз и размерной шкалой в 10 микрон. Видно, что частицы цемента имеют большие различия в размерах и сохраняется хаотичность обломочного помола, а шлам имеет равномерное распределение по диаметрам зерен и, как правило, не достигает размера более чем в 5 микрон. Это говорит о том, что частицы шлама способны заполнять пустоты в цементном растворе в составе бетонной смеси, а также **за счет окатанной формы зерен улучшать пластичность смеси.**



АНАЛИЗ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА

На основании приведенных ранее исследований, стоит отметить, что шлам обладает высокой дисперсностью, следовательно, возможно его применение в качестве мелкого заполнителя для цементобетонных смесей, а также для улучшения таких свойств как **удобоукладываемость, пластичность и сплошность цементобетонной смеси.**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки влияния шлама на свойства цементобетонных смесей и цементобетона были использованы смеси бездобавочного типа, так как применение добавок, например, пластификаторов, ускорителей набора прочности и противоморозных добавок, может исказить результаты эксперимента.

В связи с этим перед использованием таких добавок необходимо удостовериться в необходимости их применения для конкретной смеси и условий применения бетона. Для получения различных характеристик под требуемые нужды в зависимости от назначения бетонной смеси была изучена возможность применения шлама в различных типах бетонных смесей при варьируемом его содержании.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования прочности на сжатие высокопрочного бетона были проведены на основании двухфакторного эксперимента. Смеси приготавливались с использованием следующих материалов: портландцемент марки 42,5, песок с $M_k = 2,32$, щебень фракции 5–10 мм с насыпной плотностью 1380 г/см^3 и истинной 2700 г/см^3 .

Образцы цементобетона для
проведения исследований



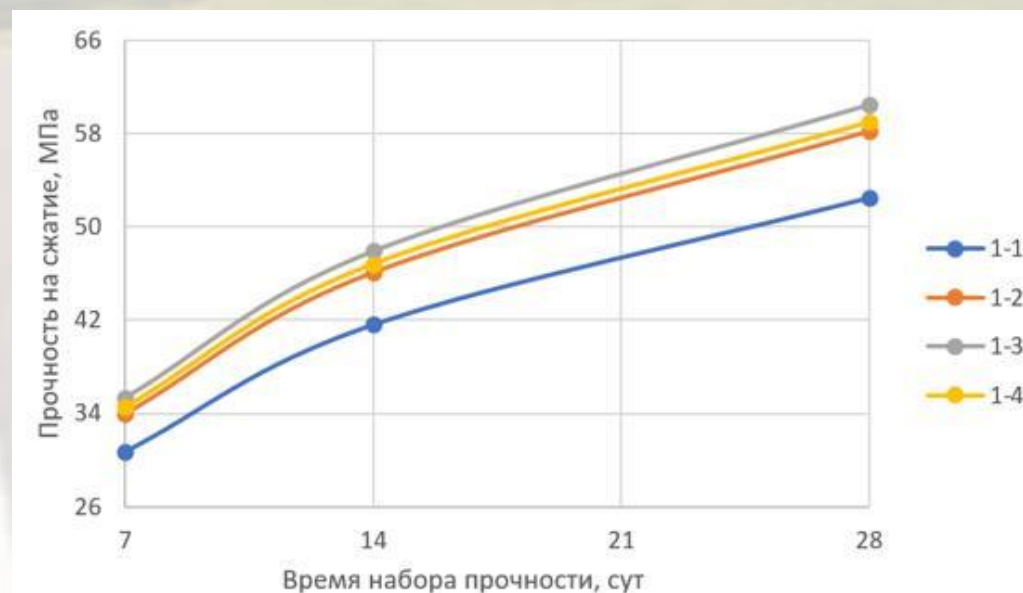
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Составы смеси представлены в таблице. Была изучена кинематика твердения и пуццолановая активность шлама в роли тонкодисперсных частиц, использующихся в качестве центров гидратации цемента в составах смеси. Результаты испытаний представлены на графике.

Номер состава	Цемент, кг	Песок, кг	Щебень фр. 5–10 мм, кг	Вода, л	Шлам, кг	В/Ц	В/К*
1-1	350	890	890	180	50	0,51	0,45
1-2	400	890	890	180	0	0,45	0,45
1-3	450	890	890	180	0	0,40	0,40
1-4	400	890	890	180	50	0,45	0,40

* В/К – отношение содержания воды к содержанию композиции цемент + шлам в смеси.

По графику видно, что состав смеси № 1-3 (с бóльшим содержанием цемента) набирает прочность стабильно, вне зависимости от содержания шлама. Это указывает на то, что шлам не играет роли в образовании центров гидратации цемента. У состава смеси № 1-4 (при замещении части цемента шламом и уменьшении его содержания на 50 кг) замечена небольшая потеря прочности (на 2,5 %) на 28-е сутки набора прочности.

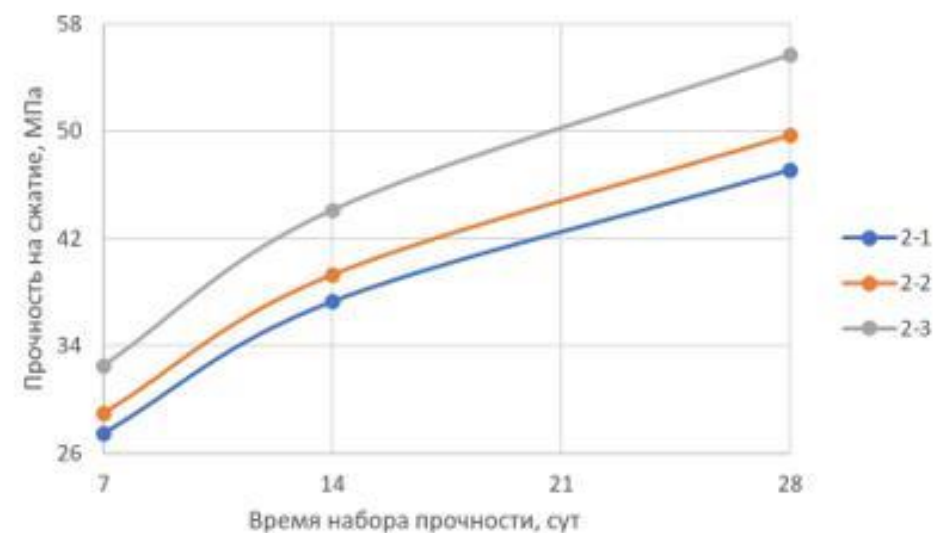


ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Далее были проведены дополнительные испытания обычного тяжелого бетона с постоянным водоцементным отношением и добавлением в исходную смесь частиц шлама при его разном содержании. Результаты испытания на сжатие представлены на графике.

Номер состава	Цемент, кг	Песок, кг	Щебень фр. 5–10 мм, кг	Вода, л	Шлам, кг	В/Ц
2-1	320	515	1263	200	0	0,63
2-2	320	515	1263	200	30	0,63
2-3	320	515	1263	200	60	0,63

По графику определяется, что существует зависимость между содержанием шлама в смеси и набором ею прочности. Наличие и увеличение содержания шлама в бетонной смеси положительно влияет на набор прочности и в целом на конструктивную прочность цементобетона после нормативного срока выдерживания в течение 28 суток.

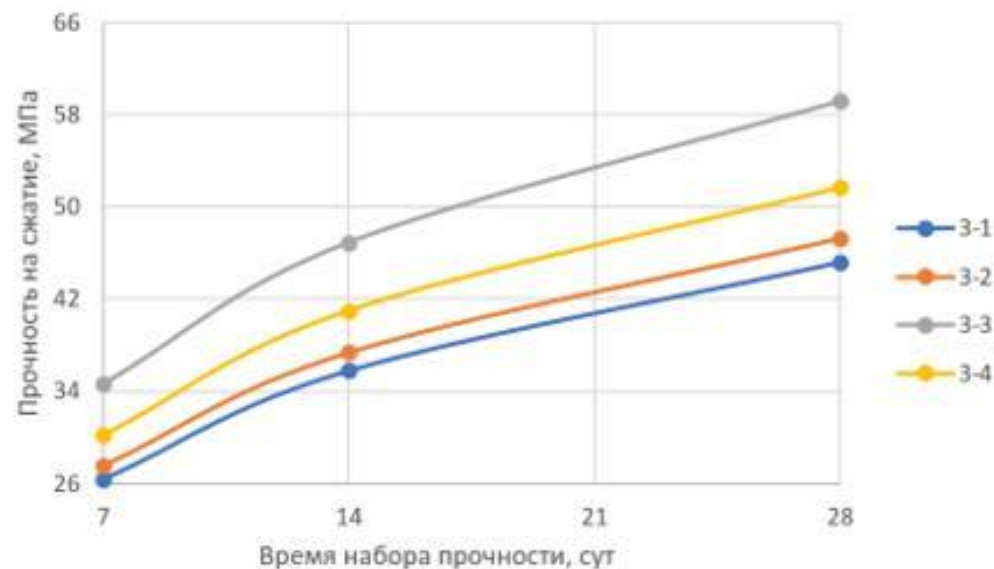


ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

При таких результатах необходимо установить возможность снижения содержания цемента в смеси при наличии тонкодисперсного заполнителя в виде шлама. Таким образом, удалось получить данные о зависимости содержания цемента от наличия в смеси шлама и его способности заполнять все пустоты в объеме бетонной смеси при одинаковом водоцементном отношении.

Номер состава	Цемент, кг	Песок, кг	Щебень фр. 5–10, кг	Вода, л	Шлам, кг	В/Ц
3-1	310	515	1263	194	50	0,63
3-2	290	515	1263	182	50	0,63
3-3	270	515	1263	169	50	0,63
3-4	250	515	1263	157	50	0,63

На основании данного состава смеси предложен вариант проектирования смеси с содержанием отсева дробления горных пород (гранита) для нужд дорожного строительства с определенными свойствами, поскольку в Беларуси остро стоит проблема утилизации отсева дробления, который скапливается в терриконах в больших объемах на территории предприятия РУПП «Гранит».



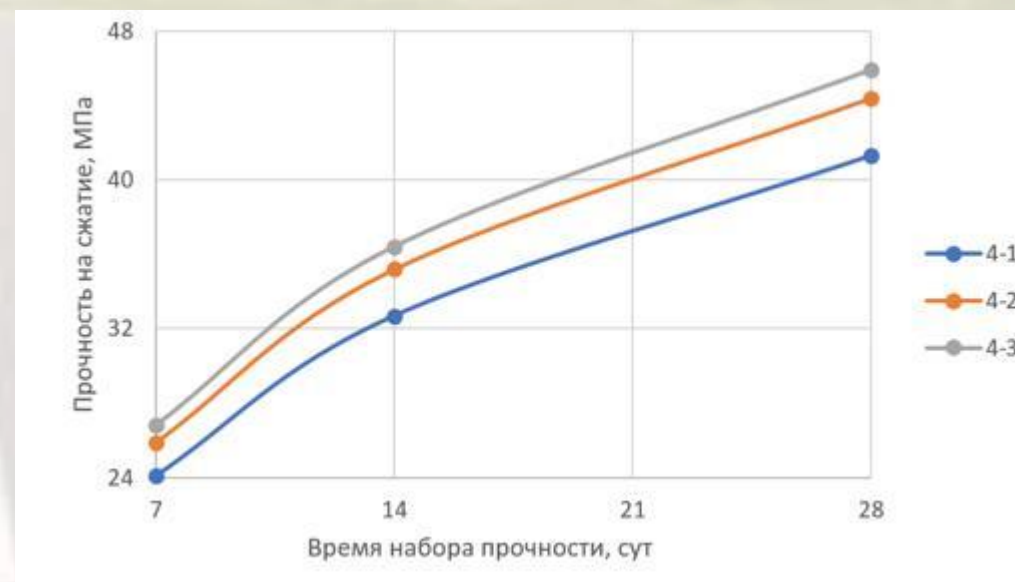
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основной же проблемой при этом является наличие открытых и закрытых пор (как результат повышенного содержания воды), которые являются плоскостными и объемными гранями, по которым идут значительные напряжения при приложении нагрузки на бетон, и они же в конечном итоге являются плоскостями разрушения.

Номер состава	Цемент, кг	Отсев фр. 0–2 мм, кг	Отсев фр. 2–5 мм, кг	Щебень фр. 10–20 мм, кг	Вода, л	Шлам, кг	УДМК	В/Ц	ОК, см
4-1	270	406	271	1263	205	0	0	0,76	3,0
4-2	270	406	271	1263	205	27	0	0,76	2,5
4-3	270	406	271	1263	205	0	2,7	0,76	2,5

При проектировании состава смеси с заданными базовыми характеристиками было принято решение о применении наиболее доступных материалов, производимых в Республике Беларусь. Для проектирования были использованы: щебень фр. 10–20 мм и отсев дробления горных пород фр. 0–5 мм.

Видно, что применение тонкодисперсных материалов в роли заполнителя пустот в бетонной смеси повышает прочность бетона за счет уменьшения остаточной пористости бетонной смеси после 7 суток набора прочности, а также после нормативного срока в 28 суток.

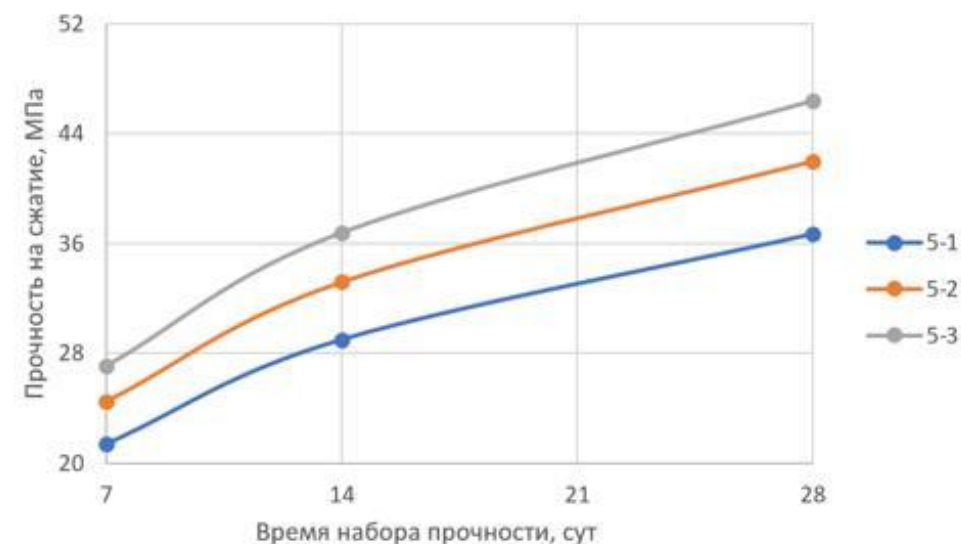


ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Также была изучена подобная смесь, содержащая вместо отсева дробления стандартный природный песок при таком же водоцементном отношении. По данным наблюдения, при замене отсева к песку 1 : 1 смесь при В/Ц 0,76 является слишком обводненной, что доказывает меньшую водопотребность смеси с песком. На основании полученных данных запроектирована смесь с использованием повышенного содержания песка для получения тех же заданных характеристик цементобетонной смеси (данные представлены в таблице).

Номер состава	Цемент, кг	Песок, кг	Щебень фр. 10–20 мм, кг	Вода, л	Шлам, кг	В/Ц	ОК, см
5-1	270	878	1263	205	0	0,76	3,0
5-2	270	878	1263	205	30	0,76	4,2
5-3	270	878	1263	205	45	0,76	4,9

Определены значения осадки конуса для крупнозернистых бетонных смесей с подвижностью П1 (менее 5 см), которые указывают на то, что достигаются необходимые заданные характеристики смеси, такие как удобоукладываемость и самоуплотняемость. При этом обеспечивается способность подобранных смесей полностью заполнить заливаемую форму без использования на этапе исследования пластификаторов, которые улучшают способность перемещения всех заполнителей. Создается равномерная структура всего бетона за счет уменьшения пористости бетонной смеси при использовании тонкодисперсной добавки в виде шлама. Полученные бетонные смеси с пластичностью П1 подходят для заполнения форм с армированием, а качество укладки обеспечивается простой штыковкой.



РЕЗУЛЬТАТ

На основании проведенных исследований прочностных характеристик получена рационально подобранная смесь оптимального состава, содержащая 10 % шлама от массы цемента. В основе смеси лежат доступные материалы, такие как отсев дробления горных пород, щебень фракции 10–20 мм.

При этом рассматриваются условия применения шлама в роли добавки для дорожных бетонов, важными характеристиками которых является плотность, прочность на растяжение при изгибе, морозостойкость. На основании проведенных предварительных испытаний, которые указали на среднее уменьшение плотности 0,01-0,03 г/см³, отмечается сохранение прочности на изгиб при использовании в качестве добавки к цементу в количестве 10% и 20% шлама.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью следующего этапа исследований является оценка влияния добавки тонкодисперсных отходов теплоэлектроцентралей на водопоглощение и морозостойкость цементобетонных смесей с целью оптимизации их использования в дорожном строительстве. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: определить влияние добавки тонкодисперсных отходов на показатели водопоглощения и морозостойкости цементобетонных смесей, а также определить оптимальный состав смеси для достижения требуемых характеристик.

Исследование водопоглощения цементобетонных смесей высокопрочного бетона проводилось экспериментально. Для приготовления смесей использовали следующие материалы: портландцемент марки 42,5, песок с $M_k = 2,32$, щебень фракции 5–10 мм с насыпной плотностью 1380 г/см³ и истинной 2700 г/см³, содержание воды 180 л/м³.

Э К С П Е Р И М Е Н Т А Л Ь Н Ы Е И С С Л Е Д О В А Н И Я

Составы смесей мелкозернистого высокопрочного бетона с разным содержанием цемента и шлама испытанные на водопоглощение и результаты полученных данных представлены в таблице.

На основе данных из таблицы построена сравнительная зависимость, показанная на графике.

Номер состава	Цемент, кг	Песок, кг	Щебень фр. 5–10 мм, кг	Вода, л	Шлам, кг	В/Ц	В/К*
1	400	890	890	180	0	0,45	0,45
2	450	890	890	180	0	0,40	0,40
3	400	890	890	180	50	0,45	0,40

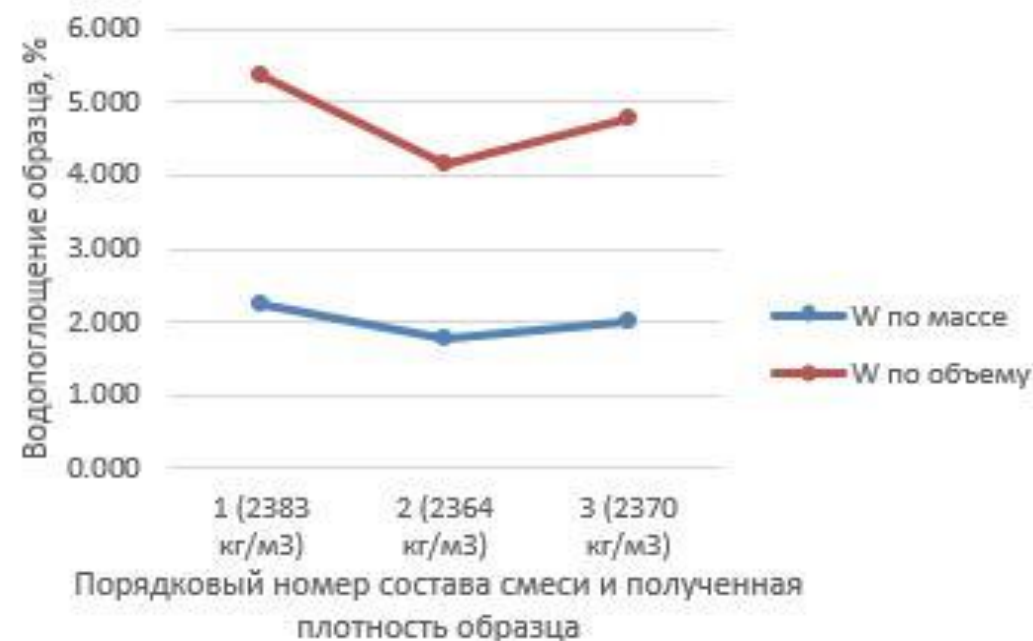
* В/К – отношение содержания воды к содержанию композиции цемент + шлам в смеси.

Данные, полученные в ходе испытаний мелкозернистого высокопрочного бетона с целью установления его характеристик.

Номер состава	g_0 , г	g_1 , г	g_2 , г	W_M , %	W_O , %	ρ , г/см ³	V , см ³
1	2403.74	2458.01	1449.18	2.258	5.38	2.383	1008.83
2	2401.91	2444.19	1427.99	1.760	4.16	2.364	1016.20
3	2414.92	2463.71	1442.96	2.020	4.78	2.370	1020.75

— где g_0 – масса сухого цементобетонного образца взвешенного на воздухе, г;
 g_1 – масса цементобетонного образца выдержанного в воде и взвешенного на воздухе, г;
 g_2 – масса цементобетонного образца выдержанного в воде и взвешенного в воде, г;
 W_M – водопоглощение по массе, %;
 W_O – водопоглощение по объему, %;
 V – объем образца, см³.

График изменения плотности и водопоглощения высокопрочными бетонами в зависимости от содержания тонкодисперсного отхода ТЭЦ



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Из графика видно, что состав смеси № 2 (с большим содержанием цемента и без шлама) характеризуется низким водопоглощением как по объему, так и по массе. Состав смеси № 3 (с содержанием шлама 50 кг на м³) показывает улучшение водопоглощения по сравнению с составом смеси № 1, который имеет более низкие показатели.

Из полученных результатов, представленных на графике, очевидно, что применение шлама как тонкодисперсного материала в роли заполнителя пустот в бетонной смеси снижает водопоглощение бетона за счет уменьшения остаточной пористости бетонной смеси, но не достигает таких же показателей как при использовании цемента, что объясняется в результате того что цемент создает дополнительные связи гидратации.

Э К С П Е Р И М Е Н Т А Л Ь Н Ы Е И С С Л Е Д О В А Н И Я

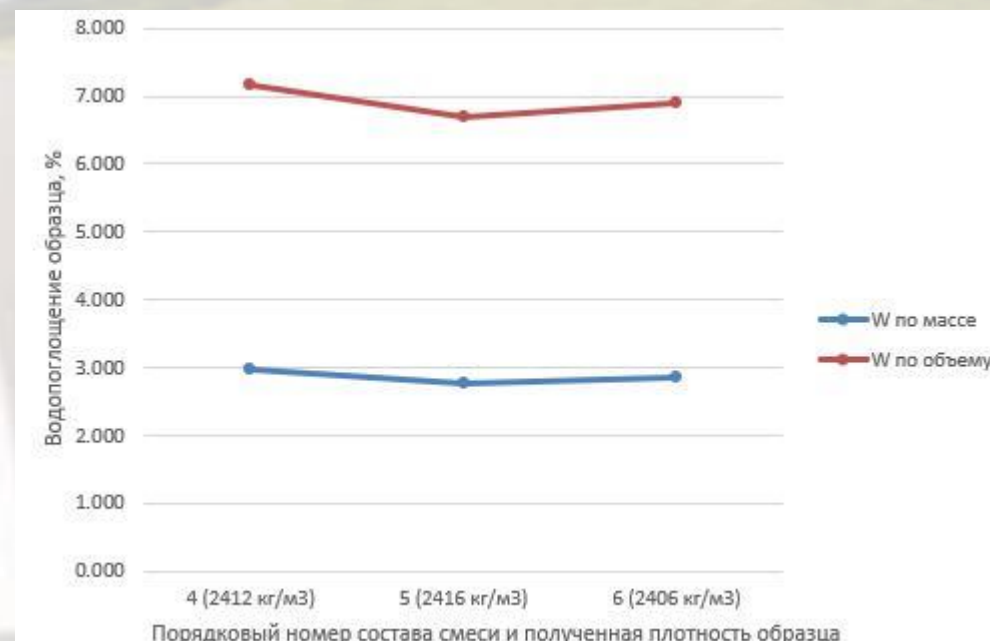
Также исследовались составы самоуплотняющихся тяжелых бетонов, где использовали песок с разным содержанием шлама при постоянном соотношении воды к цементу (В/Ц), при этом в составе был стандартный природный песок с водоцементным отношением, равным 0,76. Сравнение полученных данных представлено на графике.

Номер состава	Цемент, кг	Песок, кг	Щебень фр. 10–20 мм, кг	Вода, л	Шлам, кг	В/Ц
4	270	878	1263	205	0	0,76
5	270	878	1263	205	30	0,76
6	270	878	1263	205	45	0,76

Данные, полученные в ходе испытаний самоуплотняющихся тяжелых бетонов на песке

Номер состава	g ₀ , г	g ₁ , г	g ₂ , г	W _м , %	W _о , %	ρ, г/см ³	V, см ³
4	2451.76	2524.63	1508.02	2.972	7.17	2.412	1016.61
5	2426.77	2493.84	1489.55	2.764	6.68	2.416	1004.29
6	2396.90	2465.52	1469.2	2.863	6.89	2.406	996.32

График изменения плотности и водопоглощения самоуплотняющимися бетонами в зависимости от содержания тонкодисперсного отхода ТЭЦ



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Необходимо отметить, что составом №5 обеспечивается способность подобранной смеси полностью заполнить заливаемую форму без использования на этапе исследования пластификаторов, которые улучшают способность перемещения всех заполнителей.

Создается равномерная структура всего бетона за счет уменьшения пористости бетонной смеси при использовании тонкодисперсной добавки в виде шлама.

Полученная бетонная смесь с применением отхода ТЭЦ соответствуют марке с пластичностью П1 и подходят для заполнения форм с армированием, а качество укладки обеспечивается простой штыковкой.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для дальнейшего понимания возможности применения цементобетонных смесей с отходами ТЭЦ в дорожном строительстве необходимо установить показатель морозостойкости для получения сравнительных характеристик.

Использовался ускоренный дилатометрический метод измерения морозостойкости бетонов в соответствии с ГОСТ 10060.3-95 «Бетоны. Дилатометрический метод ускоренного определения морозостойкости».

Этот метод основан на измерении изменения объема бетонных образцов в процессе циклического воздействия морозных и оттепельных условий, что позволяет провести качественную оценку морозостойкости материала.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данные, полученные при дилатометрическом измерении, используются для определения марки морозостойкости F бетона.

Она выражается в коэффициенте изменения объема θ , после циклического воздействия мороза и оттаивания. Меньший коэффициент указывает на более высокую морозостойкость материала. Результаты представлены в таблице.

Данные, полученные в ходе испытаний дилатометрическим методом ускоренного определения морозостойкости

Вид смеси	Высокопрочный бетон			Самоуплотняющийся бетон		
Номер состава	1	2	3	4	5	6
θ	0,462	0,254	0,323	0,677	0,353	0,557
Марка F	300	400	400	200	300	300

РЕЗУЛЬТАТ

На основании полученных данных, можно выделить следующие закономерности:

- 1) Увеличение количества цемента в смеси №2, в отличие от смеси №1 влияет на морозостойкость бетона, и наблюдается улучшение показателя морозостойкости;
- 2) При добавлении тонкодисперсного шлама ТЭЦ в смеси №3, при аналогичном содержании цемента, как и в смеси №1, результатом является снижение коэффициента изменения объема, и при этом достигается увеличение марки по морозостойкости до F400;
- 3) Использование шлама в самоуплотняющейся цементобетонной смеси повышает марку по морозостойкости с F200 до F300.
- 4) Увеличение содержания тонкодисперсного шлама ТЭЦ в смеси самоуплотняющегося бетона с 10% до 15% проявляется сохранением свойств морозостойкости, но не является оптимальным с точки зрения увеличенного расхода при видимом увеличении коэффициента изменения объема θ .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках проведенных исследований, цели магистерской диссертации были достигнуты в полном объеме, при этом выполнены теоретические и экспериментальные исследования условий и технической возможности применения шлама при проектировании различных составов дорожных цементобетонных строительных смесей для устройства новых покрытий и оснований дорог.

Добавление шлама в качестве заполнителя для цементобетонной смеси даст возможность не утилизировать данный материал на полигоны в целях дальнейшего захоронения, а перенаправлять и применять его для использования в строительных целях, вследствие чего исчезнет необходимость в отчуждении территорий под размещение, хранение и складирование многотоннажных отходов в шламонакопителях.

В составе смеси могут также быть использованы доступные материалы, такие как отсев дробления горных пород, щебень фракции 10–20 мм.

А п р о б а ц и я р е з у л ь т а т о в

Материалы, представлены в виде докладов, работ и сообщений на 13 научных собраниях, конференциях и конкурсах:

1. XVI Международная научно-техническая конференция "Наука – образованию, производству, экономике", город Минск, БНТУ, 2017 год.
2. XXIV Республиканский конкурс научных работ студентов, (г. Гомель, БелГУТ, 2017 год) – 3 категория.
3. Международная научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов (г. Минск, 22-23 ноября 2017 го-да).
4. II Международная научно-техническая конференция «Дорожное строительство и его инженерное обеспечение» (г. Минск, БНТУ, 28-29 октября 2021 г.).
5. VIII Белорусско-Китайский молодежный инновационный форум «Новые горизонты – 2021», (г. Минск, БНТУ, 11-12 ноября 2021 года).
6. Минск-Шанхай-Чанчунь: стратегия прорывного сотрудничества: сборник материалов научно-практической конференции, (г. Минск, БНТУ, 21 апреля 2022 года).
7. Международная научно-практическая конференция молодых ученых «Современные проблемы природопользования и природообустройства», посвященная 50-летию кафедры природообустройства (г. Брест, БрГТУ, 6-7 октября 2022 г.).
8. III Международная научно-техническая конференция «Дорожное строительство и его инженерное обеспечение» (г. Минск, БНТУ, 27-28 октября 2022 г.).
9. IV Бетанкуровский международный инженерный форум (Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО ПГУПС, 30 ноября – 2 декабря 2022 г.).
10. XXIX Республиканский конкурс научных работ студентов, (г. Гомель, БелГУТ, 2022 год) – 1 категория.
11. Международная научно-техническая конференция «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии», (г. Могилев, БРУ, 20–21 апреля 2023 г.).
12. IV Международная научно-техническая конференция «Дорожное строительство и его инженерное обеспечение» (г. Минск, БНТУ, 26-27 октября 2023 г.).
13. Международный конкурс научных работ студентов, магистрантов, аспирантов и молодых научных сотрудников исследовательских под-разделений высших учебных заведений государств-участников СНГ 2022-2023 гг. проводимых в 2023 году Межправительственным советом дорожников с присвоением 3 места в категории «Автомобильные дороги».

О п у б л и к о в а н н ы е р е з у л ь т а т ы и с с л е д о в а н и я

Результаты научных исследований, отражены в рамках 9 публикаций, в том числе 1 публикация в рецензируемом научном журнале:

1. Ходан, Е. П. Использование шламов водоочистки тепловых электростанций в дорожном строительстве / Е. П. Ходан, А. В. Корончик, А. Н. Каренский // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 15-й Международной научно-технической конференции. - Минск : БНТУ, 2017. - Т. 3. - С. 49.
2. Ходан, Е. П. Применение утилизированных отходов тепловых электростанций в дорожном строительстве / Е. П. Ходан, А. В. Корончик, А. Н. Каренский // Инновации в строительстве и эксплуатации дорожно-строительного комплекса : Международная научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 22-23 ноября 2017) / ред. А. В. Бусел [и др.]. – Минск : БНТУ, 2017. - С. 71-72.
3. Корончик А.В. Применение тонкодисперсных отходов теплоэлектростанций в асфальтобетонной смеси / А.В. Корончик, Д.В. Глинский // Но-вые горизонты - 2021 : сборник материалов VIII Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума, 11-12 ноября 2021 года / Белорусский национальный технический университет. – Минск : БНТУ, 2021. – Т. 1. – С. 125-126.
4. Корончик, А.В. Анализ свойств и влияния отходов водоочистки теплоэлектростанций на свойства асфальтобетонной смеси / А.В. Корончик, Е.М. Жуковский, Д.В. Глинский // Минск-Шанхай-Чанчунь: стратегия прорывного сотрудничества : сборник материалов научно-практической конференции, 21 апреля 2022 года / Белорусский национальный технический университет. – Минск : БНТУ, 2022. – С. 164-166.
5. Корончик, А.В. Состав и свойства цементобетонных смесей для дорожного строительства с использованием тонкодисперсных отходов ТЭЦ / А.В. Корончик, Е.М. Жуковский, С.Е. Кравченко, О.В. Гайдук Е.М. // Авто-мобильные дороги и мосты. – Минск : – 2022. – №1 (29) – С. 71-81.
6. Корончик, А.В. Использование отходов водоподготовки на ТЭЦ в качестве комплексной добавки к цементу / А.В. Корончик, Е.М. Жуковский // Современные проблемы природопользования и природообустройства: сб. тезисов докладов Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, посвящ. 50-летию кафедры природообустройства, Брест, 6-7 октября 2022 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А.А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А.А. Волчек, О.П. Мешик. – Брест : БрГТУ, 2022. – С. 56.
7. Корончик, А.В. Сравнительный анализ применения в строительстве тонкодисперсных отходов образующихся в результате водоподготовки на ТЭЦ / А.В. Корончик, Е.М. Жуковский // IV Бетанкуровский международный инженерный форум (Санкт-Петербург, 30 ноября – 2 декабря 2022 г.) / под общ. ред.: Т. С. Титовой, А. В. Бенина – Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2022. – 421 с. – С. 207-209.
8. Корончик, А. В. Анализ отходов, образующихся в процессе химической водоочистки на ТЭЦ для дорожного строительства / А. В. Корончик, Е. М. Корончик, С. Е. Кравченко // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение : материалы III Международной научно-технической конференции [Электронный ресурс] : материалы Международной научно-технической конференции / сост.: С. Н. Соболевская, Е. М. Жуковский. – Минск : БНТУ, 2022. – С. 22-25.
9. Корончик, А. В. К вопросу повышения долговечности дорожных конструкций остановочных пунктов / А.В. Корончик // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т ; редкол. : М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2023. – С. 270-271.

СОСТАВ И СВОЙСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ



16 ноября 2023 г.

г. Гомель, Республика Беларусь

Международная научно-практическая
конференция посвященная 70-летию БелИИЖТа –
БелГУТа «Инновационное развитие
транспортного и строительного комплексов»

Корончик Алексей Владимирович

*Младший научный сотрудник
Центра научных исследований и испытаний дорожно-
строительных и гидроизоляционных материалов (ЦНИИ ДСГМ)*

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!