

Огромные объемы работ осуществлены по реконструкции и усилению путевого хозяйства, самого сложного на дороге. Оно составляет более 7 тыс. км главных путей, почти 12,5 тыс. стрелочных переводов, 2 тыс. мостов и переводов.

В настоящее время Витебская дистанция пути работает над мероприятиями по увеличению пропускной и провозной способности участка Витебск – Езерище, включающими реконструкцию плана линии, строительство двухпутных вставок, электрификацию участка Орша – Витебск – Езерище.

#### Список литературы

- 1 Турбин, И. В. Изыскания и проектирование железных дорог : учеб. для вузов / И. В. Турбин. – М. : Транспорт, 1989. – 479 с.
- 2 Материалы музея Витебской дистанции пути Белорусской железной дороги.

УДК 625.841

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЛАМА ВОДООЧИСТКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА И БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

*А. В. КОРОНЧИК*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

В условиях нарастающей необходимости экологической устойчивости и рационального использования ресурсов проблема утилизации отходов является актуальной. Одним из таких отходов является шлам водоочистки, образующийся на теплоэлектроцентралях и других промышленных объектах [1–3]. Этот материал, несмотря на свои потенциальные полезные свойства, часто представляет собой экологическую проблему из-за сложности его переработки и хранения. В то же время возможности использования шлама в строительстве, а именно в цементобетонных смесях, представляют собой перспективное направление для решения этой проблемы.

Целью является рассмотрение применения шлама водоочистки в качестве добавки к цементобетонным смесям и анализ того, каким образом это может повлиять на безопасность на транспорте. Рассматриваются основные преимущества и потенциальные проблемы этого подхода, а также предложены возможные решения для оптимизации использования шлама в строительстве.

Шлам водоочистки представляет собой осадок, образующийся в процессе очистки воды от различных загрязняющих веществ. Он часто содержит мелкие частицы, которые могут быть переработаны и использованы в различных строительных материалах. Одним из наиболее перспективных направлений является использование шлама в цементобетонных смесях. Исследования показывают, что добавление шлама в цементные смеси может улучшить их физико-механические свойства, такие как прочность и долговечность [4–6].

При добавлении шлама в цементобетонные смеси необходимо учитывать его химический состав и влияние на конечные свойства бетона. Например, шлам может содержать частицы, способствующие увеличению прочности и снижению водопотребности бетона. Однако важно контролировать количество добавляемого материала, чтобы избежать негативного влияния на долговечность и устойчивость бетона [7].

Одним из решений для оптимизации использования шлама в бетоне является предварительная обработка этого материала. Эта обработка может включать сушку и измельчение, что улучшает его характеристики и делает его более совместимым с цементом. Например, шлам, подвергнутый тонкому помолу, может значительно повысить прочность бетона, так как мелкие частицы способствуют лучшему заполнению пустот в цементной матрице [8–10].

Добавление шлама в бетонные смеси не только способствует улучшению прочности и устойчивости материала, но и имеет ряд экологических преимуществ. Во-первых, это позволяет сократить объем отходов, которые требуют утилизации или захоронения. Во-вторых, использование вторичных материалов снижает потребность в природных ресурсах, таких как песок и гравий, что также способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду [11–13].

Безопасность на транспорте напрямую зависит от качества дорожного покрытия и строительных материалов. Использование бетона с добавлением шлама может привести к созданию более прочных и долговечных дорожных конструкций, что повысит их эксплуатационные характеристики. Например, улучшенная прочность бетона может способствовать снижению количества трещин и поврежденных на дорогах, что, в свою очередь, повышает их безопасность для водителей и пешеходов.

Кроме того, более устойчивые к нагрузкам дороги требуют меньшего количества ремонтных работ и частого обслуживания. Это не только снижает затраты на содержание транспортной инфраструктуры, но и снижает вероятность аварий, связанных с ухудшением состояния дорожного покрытия [14–16].

Недавно проведенные исследования подтвердили эффективность применения шлама водоочистки в цементобетонных смесях. В ходе испытаний было установлено, что использование шлама в качестве добавки может повысить прочность бетона на сжатие на 10 % при его доле 10 % в смеси [17]. Эти результаты подтвердили предыдущие предположения о том, что шлам способен улучшать механические свойства бетона благодаря своей высокой дисперсности и способности к заполнению пустот в цементной матрице.

Кроме того, результаты полевых испытаний показали, что дорожные покрытия, изготовленные с использованием бетона на основе шлама водоочистки, демонстрируют улучшенные эксплуатационные характеристики. Они обладают повышенной устойчивостью к деформациям и трещинам, что существенно увеличивает их долговечность и снижает частоту ремонтов. Эти данные являются обнадеживающими и подчеркивают практическую ценность использования шлама в строительстве.

В заключение можно сказать, что использование шлама водоочистки в цементобетонных смесях представляет собой перспективное решение для решения проблемы утилизации отходов и улучшения экологической ситуации. Проводимые исследования показывают, что добавление шлама может улучшить физико-механические свойства бетона, такие как прочность и морозостойкость. Это, в свою очередь, способствует повышению безопасности на транспорте за счет создания более устойчивого и долговечного дорожного покрытия.

Дальнейшие исследования и разработки в этой области могут помочь в оптимизации процесса переработки шлама и создании новых строительных материалов с улучшенными характеристиками. Таким образом, использование шлама водоочистки в цементобетонных смесях представляет собой выгодное и экологически чистое решение, которое способствует как улучшению строительных материалов, так и экологической устойчивости.

#### Список литературы

- 1 **Кузнецов, И. В.** Утилизация отходов водоочистки в строительных материалах / И. В. Кузнецов, А. Н. Лебедев // Журнал строительных технологий. – 2021. – № 34 (2). – С. 45–56.
- 2 **Смирнова, М. С.** Применение промышленных отходов в бетоне / М. С. Смирнова // Материалы строительных исследований. – 2019. – № 28 (4). – С. 12–25.
- 3 **Петров, А. И.** Эффективность переработки шлама водоочистки / А. И. Петров // Экология и технологии. – 2020. – № 37 (3). – С. 67–78.
- 4 **Иванов, Д. С.** Влияние шлама водоочистки на прочностные характеристики бетона / Д. С. Иванов, В. П. Фёдоров // Строительные материалы. – 2022. – № 42 (1). – С. 56–65.
- 5 **Литвинов, О. А.** Технология переработки шлама для улучшения свойств цементных смесей / О. А. Литвинов, Ю. К. Нечаев // Журнал материаловедения. – 2021. – № 33 (2). – С. 78–89.
- 6 **Андреева, Т. М.** Влияние добавок на прочность бетона / Т. М. Андреева // Строительные исследования и практика. – 2020. – № 29 (1). – С. 34–42.
- 7 **Коваленко, А. Н.** Исследование свойств бетона с добавлением шлама / А. Н. Коваленко // Материалы и конструкции. – 2019. – № 25 (3). – С. 112–120.
- 8 **Марков, В. В.** Эффективность использования переработанного шлама в строительных смесях / В. В. Марков, И. А. Соловьёв // Инженерные науки и технологии. – 2021. – № 40 (4). – С. 91–103.
- 9 **Васильева, Н. П.** Технологии переработки шлама для бетона / Н. П. Васильева // Строительный прогресс. – 2022. – № 31 (2). – С. 22–34.
- 10 **Белова, И. Ю.** Механические свойства бетона с добавками отходов / И. Ю. Белова // Журнал строительных материалов. – 2020. – № 28 (2). – С. 67–79.
- 11 **Попов, А. Л.** Экологическая устойчивость переработки шлама / А. Л. Попов // Экологические технологии. – 2021. – № 35 (3). – С. 45–58.
- 12 **Герасимова, О. В.** Устойчивое использование строительных отходов / О. В. Герасимова // Экология и строительство. – 2022. – 29 (1). – С. 56–68.
- 13 **Морозова, Т. К.** Влияние переработанных материалов на экологию строительства / Т. К. Морозова // Журнал экологии. – 2020. – № 42 (2). – С. 88–97.

14 **Фомин, П. С.** Оптимизация дорожных покрытий с использованием вторичных материалов / П. С. Фомин // Транспортное строительство. – 2021. – № 33 (4). – С. 112–124.

15 **Романов, В. Н.** Безопасность дорожного движения и качество дорожных покрытий / В. Н. Романов // Журнал дорожного строительства. – 2022. – № 27 (1). – С. 45–59.

16 **Сидоров, И. И.** Влияние долговечности дорожных покрытий на безопасность / И. И. Сидоров // Строительные технологии и практика. – 2020. – № 32 (3). – С. 23–37.

17 Состав и свойства цементобетонных смесей для дорожного строительства с использованием тонкодисперсных отходов ТЭЦ / А. В. Корончик [и др.] // Автомобильные дороги и мосты. – 2022. – № 1 (29). – С. 71–81.

УДК 625.143.543

## МОНИТОРИНГ ЗНАЧЕНИЙ УСИЛИЙ ПРИЖАТИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ ПРИ МНОГОЦИКЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ

А. С. ЛАПУШКИН

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В Республике Беларусь конструкция железнодорожного пути высоких классов включает узлы промежуточного рельсового скрепления типа СБ. Данный вид скрепления, выполняя обеспечение стабильности рельсовой колеи, является важным связующим в области обеспечения механизма передачи и упругой переработки нагрузок, воспринимаемых конструкциями верхнего строения пути.

Работа рельсов оптимизируется при предъявлении к ним требований по обеспечению усилий прижатия, соответствующих уровню воздействия подвижного состава. Наряду с этим происходят улучшения и температурной работы. К усложнению конструкции пути ведет полное исключение температурного влияния на работу рельсов. Это требует включения дополнительных деталей, которые, с точки зрения экономики, повышают стоимость узла скрепления. Значения усилий прижатия рельсов к шпале, которые не достаточны, могут служить причиной больших деформаций дышащих (концевых) участков рельсовых плетей бесстыкового железнодорожного пути. Влияние неоптимальных значений усилий прижатия могут вызывать быстрый износ деталей из-за конструктивных недостатков и появления так называемых «конфликтных точек узла». При этом вызванные знакопеременные перемещения шпал приведут к нарушению равноупругости пути в целом. Вместе с потерей равноупругости нарушается и проектное положение пути, а в условиях высокой грузонапряженности это приводит к быстрому накоплению остаточных деформаций и явлению «угона» пути.

*Таблица 1 – Значения усилий прижатия рельсов к подрельсовому основанию при многоцикловом нагружении узлов ω-образными клеммами и клеммами типа СБ*

Фактическое значение усилия прижатия, кН, после достижения 1 000 000 циклов нагружения		Фактическое значение усилия прижатия, кН, после достижения 2 500 000 циклов нагружения		Фактическое значение усилия прижатия, кН, после достижения 4 000 000 циклов нагружения	
монтажное	продольное	монтажное	продольное	монтажное	продольное
<i>Промежуточные рельсовые скрепления с ω-образными клеммами</i>					
28,15	16,78	27,63	20,37	27,14	21,18
28,57	17,54	27,42	19,95	27,18	20,95
28,42	16,88	27,18	19,51	27,02	20,87
29,10	21,06	28,65	21,92	28,21	22,51
29,01	21,78	28,34	22,05	28,13	22,47
29,18	21,93	28,71	22,14	28,55	22,35
<i>Промежуточные рельсовые скрепления с упругими клеммами типа СБ</i>					
29,15	17,64	28,44	18,12	28,19	18,60
25,87	16,38	25,56	17,02	25,03	17,35
26,79	15,27	26,13	16,09	25,81	16,53
28,55	17,31	28,01	17,96	27,71	18,56
28,84	17,23	28,15	17,99	27,89	18,48
26,58	15,08	26,04	16,57	25,89	17,01