

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ БЕТОННОГО ШЛАМА НА РАСТВОРОБЕТОННОМ УЗЛЕ

Макейчик В.А. студент

Научный руководитель: Веремейчик Л.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В статье рассматривается проблема обращения с тонкодисперсным отходом (шламом), образующимся на растворобетонных узлах при рециклинге промывочных вод. На примере филиала №2 ОАО «Минскжелезобетон» проанализирована работа установки ELTI-10, которая выделяет только фракцию твердых частиц крупнее 0,25 мм. Предложено природоохранное мероприятие – внедрение пресс-фильтра для обезвоживания шлама. Дано технико-экономическое обоснование: снижение объема отходов на 80–90 %, экономия цемента до 5–10 %, окупаемость оборудования 1,5–2 года.

Ключевые слова: бетонный шлам, рециклинг, пресс-фильтр, обращение с отходами, ОАО «Минскжелезобетон», ресурсосбережение.

Производство товарного бетона и железобетонных изделий является одним из крупнейших потребителей природных ресурсов и источников образования промышленных отходов.

ОАО «Минскжелезобетон» – одно из ведущих предприятий отрасли в Республике Беларусь, выпускающее сборный железобетон, товарный бетон, стеновые блоки и другие строительные материалы. Филиал №2, расположенный по адресу город Минск, 1-й Твердый переулок, дом 9, представляет собой специализированный растворобетонный узел (РБУ) и обеспечивает товарным бетоном ключевые строительные объекты столицы, включая жилые комплексы «Северный Берег», «Зеленый Бор», Национальный футбольный стадион и другие социально значимые объекты. Согласно санитарной классификации, предприятие относится к объектам IV категории воздействия с санитарно-защитной зоной 100 метров [1, 2].

Производственная деятельность филиала № 2 сопровождается воздействием на атмосферный воздух, водные ресурсы и почвенный покров. На предприятии насчитывается 37 источников выбросов загрязняющих веществ, суммарный выброс составляет 4,11 т/год, основным загрязняющим веществом является цементная пыль.

Особенностью филиала является отсутствие сброса производственных сточных вод в городскую канализацию или поверхностные водоемы. Вода, используемая для промывки оборудования, вместе с остатками бетонной смеси поступает в рециклинговую установку, где происходит ее очистка и возврат в производственный цикл [1].

Для минимизации воздействия на окружающую среду на предприятии эксплуатируется рециклинговая установка ELTI-10. Установка предназначена для переработки жидких отходов производства бетона – остатков бетонной смеси и промывочной воды от автобетоносмесителей [3].

Основные компоненты установки включают: приемный бункер для остатков бетона, шнек-регенератор с промывочным шнеком, накопительный резервуар для шламовой воды, перемешивающее устройство (агитатор), насосное оборудование и систему автоматического управления. Технические характеристики установки ELTI-10 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики рециклинговой установки ELTI-10

Параметр	Значение
Производительность, м ³ /час	10
Мощность привода промывочного шнека, кВт	5,5
Мощность привода мешалки, кВт	4
Мощность привода промывочного насоса, кВт	3,5 / 2,7
Мощность привода дозирующего насоса, кВт	8,9 / 7,5
Общая подводимая мощность, кВт	22
Напряжение, В/Гц	400 / 50
Площадь размещения установки, мм	6500 × 8000
Масса установки с комплектом автоматики, кг	1100

Принцип работы установки основан на разделении исходной смеси на твердую и жидкую фракции. Остатки бетона и промывочная вода загружаются в приемный бункер, откуда поступают в наклонный шнек-регенератор. Вращающийся шнек отделяет твердые материалы фракцией до 0,25 мм (песок, щебень), которые выгружаются в полусухом состоянии и могут быть повторно использованы в производстве. Шламовая вода (цементное молоко) через сливное отверстие подается в накопительный резервуар, где постоянно перемешивается для предотвращения осаждения твердых частиц, после чего повторно используется для приготовления бетонной смеси и промывки оборудования.

Использование рециклинговой установки позволяет сократить потребление свежей воды до 90 – 95 %, возвращать в производство до 80 % твердых заполнителей и исключить сброс загрязненных сточных вод в канализацию [3].

Однако, как показал анализ, существующая технология имеет ограничения: шнек-сепаратор установки эффективно выделяет только фракцию твердых частиц крупнее 0,25 мм. Более мелкая фракция (частицы цемента, тонкий песок размером менее 0,25 мм) не задерживается шнеком и остается в шламовой воде. Со временем эти тонкодисперсные частицы осаждаются на дне накопительного резервуара и отстойников, образуя бетонный шлам (код отхода 3160100 по общегосударственному классификатору отходов Республики Беларусь). Данный отход относится к опасным отходам четвертого класса опасности и требует контроля при обращении [4].

Согласно Инструкции по обращению с отходами ОАО «Минскжелезобетон» данный шлам позиционируется как вторичный ресурс, направляемый на использование в технических процессах. Однако анализ показывает, что на практике отход возвращается в начало технологической цепочки рециклинга, повторно поступая в приемный бункер установки ЕЛТИ-10.

Такая рециркуляция неэффективна, поскольку шнек-сепаратор вновь не может выделить тонкодисперсную фракцию. В результате образуется замкнутый цикл накопления отхода без его конечной утилизации. Шлам накапливается в отстойниках, занимает производственные площади, требует периодической очистки и создает риск залповых сбросов щелочной среды (рН шламовой воды достигает 11–12) в ливневую канализацию.

Для решения этой проблемы современная практика рециклинга бетонных отходов рекомендует использовать пресс-фильтр (фильтр-пресс) в качестве дополнительного оборудования к существующей системе [5]. Модернизация технологической схемы заключается в установке пресс-фильтра на линии подачи шламовой воды от насоса к бассейну-отстойнику.

Технологический процесс модернизированной системы включает следующие последовательные стадии:

- ✓ Остатки бетона и промывочная вода от автобетоносмесителей поступают в приемную воронку, а затем в регенератор (шнековый классификатор).

- ✓ В регенераторе происходит разделение: твердые частицы крупнее 0,25 мм (песок, щебень) выгружаются в полусухом виде и возвращаются в производство.

✓ Шламовая вода (цементное молоко) с частицами мельче 0,25 мм сливается в накопительный бассейн, где постоянно перемешивается для предотвращения осаждения.

✓ Из бассейна шламовая вода забирается насосом и подается под давлением на пресс-фильтр.

✓ В пресс-фильтре происходит разделение фаз: фильтрат (очищенная вода) возвращается в бассейн и далее на БСУ для приготовления бетонной смеси или промывки оборудования, а кек (обезвоженный до влажности 20–25 % тонкодисперсный шлам) выгружается в бункер-накопитель.

✓ Кек используется в качестве минеральной добавки при производстве бетона, заменяя до 5–10 % портландцемента.

Пресс-фильтр представляет собой оборудование, в котором сжатие плит при помощи гидроцилиндра создает фильтровальные отсеки между плитами, обтянутыми фильтровальными полотнами. Шлам подается в эти отсеки пневматическим мембранным насосом. Под давлением жидкая фаза проходит через фильтровальное полотно и сливается, а твердый осадок задерживается. По завершении процесса фильтрации плиты раскрываются, и обезвоженный осадок (кек) сбрасывается в отсек для сбора. Все операции работают в полностью автоматическом режиме [5].

Предлагаемое мероприятие обладает высокой экологической и экономической эффективностью. Экологический эффект заключается в сокращении объема образования отхода «Шлам бетонный» (код 3160100) на 80–90 %, ликвидации накопления шлама в отстойниках, снижении риска залповых сбросов щелочной среды и улучшении качества оборотной воды. Использование пресс-фильтра позволяет увеличить объем использования оборотной воды и обеспечить соответствие требованиям экологических надзорных органов [5].

Экономический эффект достигается за счет возврата в производство тонкодисперсной фракции, используемой в качестве минеральной добавки. При замене 5 % портландцемента на кек (из расчета среднего годового объема производства филиала) экономия цемента составляет до 5 % от общего объема его потребления. Дополнительный эффект дает снижение затрат на забор свежей воды на 15 – 20 % за счет возврата очищенного фильтрата в производственный цикл, а также сокращение расходов на утилизацию отходов.

Капитальные затраты на приобретение и монтаж пресс-фильтра сопоставимы с годовым экономическим эффектом от экономии сырья и воды. Срок окупаемости оборудования, по данным производителей, не превышает 1,5 – 2 лет, что делает данное мероприятие экономически целесообразным.

Проведенный анализ деятельности филиала №2 ОАО «Минскжелезобетон» показал, что существующая система рециклинга ELTI-

10 не обеспечивает полной переработки тонкодисперсных фракций бетонного шлама, что приводит к образованию устойчивого отхода. Предложенное мероприятие – внедрение пресс-фильтра – позволяет: снизить образование отхода «Шлам бетонный» на 80–90 %; получить дополнительный вторичный ресурс для замены части цемента; улучшить качество оборотной воды; обеспечить экономический эффект и окупаемость в течение 1,5–2 лет. Реализация данного мероприятия соответствует экологической политике ОАО «Минскжелезобетон» и принципам устойчивого развития, обеспечивая снижение нагрузки на окружающую среду и ресурсосбережение.

Литература:

1. История ОАО «Минскжелезобетон» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mgb.by/o-predpriyatii/istoriya/>. – Дата доступа: 29.03.2026.
2. Санитарные нормы и правила «Требования к условиям труда работающих и содержанию производственных объектов» : утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 08.07.2016, № 85. – Минск, 2016. – 120 с.
3. Эффективность применения рециклинга в производстве бетонов и растворов [Электронный ресурс] // Readymix. – Режим доступа: <https://readymix.ru/index.php?route=information/blog&act=post&postid=134>. – Дата доступа: 29.03.2026.
4. Общегосударственный классификатор Республики Беларусь. Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь : ОКРБ 021-2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ecoinfo.by/wp-content/uploads/2023/11/021-2019.pdf>. – Дата доступа: 29.03.2026.
5. Пресс-фильтры для очистки шламовой воды из рециклинговых установок [Электронный ресурс] // БРЕСТА. – Режим доступа: <https://bresta.ru/press-filtry/>. – Дата доступа: 29.03.2026.