

Таким образом, видим, что в результате проведения предложенных мероприятий риск снизится в 7 раз. Требуется меры по снижению степени риска в установленные сроки.

Оценка профессионального риска необходима на каждом рабочем месте. Выявив опасности, работодатель сможет решить, что делать дальше: применять меры по их полному устранению или оценить риски и установить контроль над ними, чтобы снизить вероятность ущерба жизни и здоровью работника.

Список источников

1. Приказ от 29.10.2021 № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» // ПСС «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/727092790> (дата обращения: 31.03.2023).
2. Кодекс российской федерации «Об административных правонарушениях» (с изменениями на 18 марта 2023 года // ПСС «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/901807667> (дата обращения: 31.03.2023).
3. Приказ от 28.12.2021 № 796 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков» // ПСС «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/728029758> (дата обращения: 31.03.2023).
4. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. Выпуск 68 // ПСС «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/901927009> (дата обращения: 31.03.2023).
5. ГОСТ ССБТ 2.0.230.4–2018. Межгосударственный стандарт «Системы управления охраной труда. Методы идентификации опасностей на различных этапах выполнения работ». Введ. 2019–06–01 // ПСС «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200160464> (дата обращения: 31.03.2023).
6. Приказ от 11.12.2020 № 883н «Об утверждении Правил по охране труда при строительстве, реконструкции и ремонте» // ПСС «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573191722> (дата обращения: 31.03.2023).

А. В. Гречаников, А. С. Ковчур, И. А. Тимонов, В. Н. Потоцкий
Витебский государственный технологический университет
grec_alex@rambler.ru, askovch@tut.by,
timonov1@mail.ru, bgchiot@mail.ru

УДК 691.4

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ С ДОБАВКАМИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ОСАДКОВ ХИМИЧЕСКОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕЙ

В статье приведены результаты исследований по использованию добавки неорганических осадков химической водоподготовки теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) при изготовлении тротуарной плитки. Разработана технология использования таких отходов для производства строительных материалов общего назначения на основе бетонных смесей. Установлено, что серая тротуарная плитка, изготовленная с добавкой неорганических осадков химической водоподготовки ТЭЦ, соответствует требованиям СТБ 1071–2007.

Ключевые слова: тротуарная плитка; осадки химической водоподготовки; теплоэлектроцентрали.

BUILDING MATERIALS FOR GENERAL PURPOSE WITH ADDITIVES OF INORGANIC RESIDUE FOR CHEMICAL WATER TREATMENT OF THERMAL POWER PLANTS

The article presents the results of research on the use of the addition of inorganic sediments of chemical water treatment of combined heat and power plants (CHP) in the manufacture of paving slabs. A technology has been developed for using such waste for the production of general-purpose building materials based on concrete mixtures. It has been established that gray paving slabs made with the addition of inorganic sediments from the chemical water treatment of thermal power plants meet the requirements of STB 1071–2007.

Keywords: paving slabs; precipitation of chemical water treatment; combined heat and power plants.

В настоящее время в мире наблюдается переход многих стран к «Циклической» экономике (экономике «Замкнутого цикла», «Циркулярной экономике»). Одним из принципов этого перехода является рациональное использование природных ресурсов и максимальное вовлечение в оборот вторичных материальных ресурсов. Это предполагает разработку эффективных безотходных технологий, направленных на комплексное использование исходного природного сырья, а также применение техногенных продуктов различных отраслей народного хозяйства, что одновременно приводит к ликвидации огромного экологического ущерба, обусловленного хранилищами отходов [1].

Техногенные продукты, образующиеся на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ) и станциях обезжелезивания и состоящие в основном из нерастворимых оксидов, гидроксидов, карбонатов железа, кальция, магния, по своему качественному и количественному составу пригодны для дальнейшего промышленного использования. Одним из направлений переработки таких осадков является их использование в качестве добавок при получении продукции общестроительного назначения, таких как тротуарная плитка, бордюрный камень и т. п.

Техногенные продукты, образующихся при химической водоподготовке на ТЭЦ (осадки химводоподготовки ТЭЦ), в естественном виде представляют собой влажную массу темно-коричневого цвета. Содержание влаги в таких осадках зависит и от места накопления отходов, и от времени года. В среднем содержание влаги в них варьируется от 5 до 35 %. Проведенные исследования состава осадков химводоподготовки теплоэлектроцентралей, выполненные с использованием методов рентгенофлуоресцентного, микрорентгеноспектрального и рентгенофазового анализов, показал следующее (усредненное) содержание компонентов (масс., %): $(Ca, Mg)CO_3$ – 71,1; SiO_2 – 10,2; FeO – 8,6; Al_2O_3 – 4,9; K_2O – 1,2; ZnO – 0,5; TiO_2 – 0,4; Na_2O – 0,3, суммарное содержание остальных примесей, кислорода и других легких элементов – 2,8 % [2].

В рамках задания «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии 8.22» государственной программы научных исследований Витебским государственным технологическим университетом совместно с ОАО «Обольский керамический завод» выполнялся проект «Инновационная, ресур-

сосберегающая технология изготовления тротуарной плитки с использованием промышленных отходов». По результатам работы кафедрой экологии и химических технологий совместно с техотделом ОАО «Обольский керамический завод» разработана технология изготовления серой тротуарной плитки, и изготовлена партия тротуарной плитки с добавкой техногенных продуктов химической водоподготовки ТЭЦ «Южная» Витебского телезавода [3].

В рамках разработанной технологии для изготовления тротуарной плитки использовался метод вибролитья. Состав смеси по технологической карте (в частях): цемент – 1 часть; песок – 1,8; щебень – 2,6; осадки химической водоподготовки ТЭЦ от 5 до 15 % по массе. Согласно технологическому регламенту изготовления плитки дозирование компонентов для приготовления бетонной смеси осуществлялось весовым способом с точностью взвешивания по компонентам смеси: цемент, вода, добавки (осадки химической водоподготовки ТЭЦ) – 1 %, песок – 2 %.

Загрузку исходных материалов в рабочий смеситель производили в следующей последовательности: песок, цемент, вода с добавками техногенных продуктов химводоподготовки ТЭЦ. Продолжительность перемешивания смесей и тепловой режим обработки проводился в соответствии с технологической картой, разработанной техотделом ОАО «Обольский керамический завод». Тепловлажностная обработка тротуарных плиток проводилась с соблюдением мягкого режима твердения. Для достижения бетоном нормируемой прочности плитки выдерживались 28 суток. Внешний вид, качество поверхностей плитки и значения фактических отклонений геометрических параметров плитки соответствуют требованиям СТБ 1071–2007 [3, 4].

Для исследования физико-механических свойств серой тротуарной плитки, изготовленной с использованием техногенных продуктов химводоподготовки ТЭЦ, были подготовлены серии образцов плитки с различным процентом вложения отходов (5 %, 10 %, 15 %). Полученные образцы плитки затем подвергались испытаниям в производственной лаборатории ОАО «Обольский керамический завод» в соответствии со следующей программой:

- класс бетона по прочности на сжатие (СТБ 1152–99; ГОСТ 10180–2012);
- марка бетона по морозостойкости (СТБ 1152–99; ГОСТ 10060.0–95; ГОСТ 10060.2–95);
- водопоглощение бетона (ГОСТ 12730.0–78, ГОСТ 12730.3–78).

Перед проведением программы испытаний образцы проходили подготовку, которая включала в себя следующее: выдержка образцов в помещении с температурой воздуха $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажностью не менее 55 % в течение 4 ч; внешний осмотр образцов на предмет наличия дефектов. Образцы, имеющие дефекты в виде трещин, сколов ребер глубиной более 5 мм, раковин диаметром более 3 мм и глубиной более 2 мм, а также следы расслоения и недоуплотнения бетонной смеси, исключались из программы испытаний. В таблице приведены результаты испытаний образцов серой тротуарной плитки.

В результате испытаний физико-механических свойств установлено, что серая тротуарная плитка, изготовленная с добавкой техногенных продуктов хи-

мической водоподготовки ТЭЦ, соответствует требованиям СТБ 1071–2007 «Плиты бетонные и железобетонные для тротуаров дорог» [4] (табл.).

Таблица

Результаты испытаний образцов серой тротуарной плитки

Наименование показателя	Нормированное значение показателей (СТБ 1071)	Среднее значение показателей для образцов		
		Содержание отходов (масс., %)		
		5	10	15
1. Марка бетона по морозостойкости	F250	F250		
2. Класс бетона по прочности на сжатие, МПа	Не менее 22,5	27,5	24,3	17,7
3. Водопоглощение, %	Не более 6	1,2	2,1	2,7

С помощью оптического микроскопа «Микромед С-11» было проведено исследование микроструктуры образцов плитки. Исследование микроструктуры образцов показало, что при увеличении процента вложения отходов (до 10 %) основным изменением микроструктуры является снижение пористости, так как количество дисперсных частиц в смеси (исходное сырье + добавка) увеличивается. Размеры пор уменьшаются. Дальнейшее увеличение процента вложения отходов приводит к некоторому снижению доли вяжущего компонента в структуре смеси, что проявляется в сжижении прочностных характеристик плитки, а также увеличению процента водопоглощения.

Исследования процента вложения неорганических осадков химической водоподготовки ТЭЦ в составе смеси позволили установить, что оптимальный процент добавки осадков составляет от 5 до 10 % (масс.) [1, 3].

Результаты выполненной работы имеют практическое значение. В соответствии с разработанным технологическим регламентом на ОАО «Обольский керамический завод» изготовлена опытная партия серой тротуарной плитки. Разработанная технология изготовления тротуарной плитки с использованием техногенных продуктов химводоподготовки ТЭЦ позволит расширить ассортимент продукции общестроительного назначения, отвечает насущным вопросам использования различных видов техногенных продуктов в качестве вторичного сырья, а также улучшить экологическую ситуацию на территории ТЭЦ.

Список источников

1. Строительные материалы общего назначения с добавкой техногенных продуктов химической водоподготовки ТЭЦ / А. С. Ковчур, П. И. Манак, С. Г. Ковчур, В. Н. Потоцкий, В. Ю. Сергеев // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2019. № 1(36). С. 147.
2. Модифицирование керамического кирпича добавками неорганических техногенных продуктов водоподготовки ТЭЦ / А. С. Ковчур, В. К. Шелег, В. И. Жорник, С. А. Ковалева // Наука и техника. 2020. Т. 19, № 3. С. 204–214.
3. Комплексное использование неорганических отходов водонасосных станций и теплоэлектроцентралей : монография / А. С. Ковчур [и др.]. Витебск : ВГТУ, 2018. 165 с.
4. СТБ 1071–2007 Плиты бетонные и железобетонные для тротуаров дорог. Технические условия. Введ. 2008–03–01. Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2008. 15 с.