

3. Официальный сайт ООО «Фирма «Интеграл»». URL: <https://integral.ru/news/>.

4. Бузало Г.А., Бузало Н.С., Коцур С.В., Никифоров А.А. Некоторые задачи оптимизации в проблеме загрязнения атмосферы промышленного региона // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, Новочеркасск.2010. № 6. С. 107–110.

5. Приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (зарегистрировано в Минюсте России 10.08.2017 № 47734).

6. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Валиев В.С., Григорьева И.Г., Кузнецова О.Н. Разработка моделей прогноза концентраций примесей в приземном слое атмосферного воздуха на основании значимых метеорологических параметров//Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19. № 22. С. 179-181.

7. Шагидуллин А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р., Кузнецова О.Н. Оценка уровня загрязнения воздушного бассейна г.Казани выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения (Сообщение 1) // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 8. С. 231-233.

УДК 666.972:502.5

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ ГРУЗА ДЛЯ ПРОТИВОВЕСА ЛИФТА

**Сивая Я. А. учащийся, УО “Национальный детский технопарк”
Научные руководители Благовещенская Т. С., Зеленуха Е. В., Скуратович И. В.
Белорусский национальный технический университет, Беларусь**

В данной статье рассматривается возможность использования чугунолитейного и сталеплавильного шлака, образующихся на предприятии ОАО «Могилевлифтмаш», в качестве компонента бетона для груза противовеса лифта, приводится сравнительный анализ данных отходов и определяется оптимальное соотношение компонентов бетона и шлаков.

Ключевые слова: шлак, отходы производства, бетон, шлакобетон.

Исследование возможности создания насыпного или монолитного груза для противовеса лифта с применением отходов производства является актуальным, т.к. позволит заменить чистое сырье полностью или частично. Внедрение таких решений может существенно повысить устойчивость и эффективность функционирования предприятий, таких как ОАО «Могилевлифтмаш», а также способствовать развитию более ответственного и устойчивого подхода к производству в целом.

Максимальный объем груза противовеса, доступный для заполнения, и максимальная набираемая масса приведены на рисунке 1.

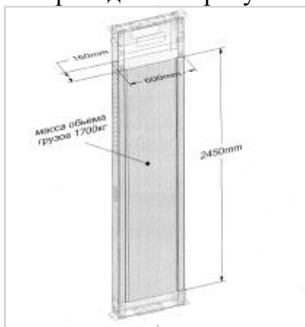


Рисунок 1 – Доступный объем для заполнения и максимальная масса
Мы рассчитали объем груза по формуле (1), а затем его плотность (2):

$$V = A * B * H, \quad (1)$$

где А — длина, В — ширина, Н — высота груза,

$$\rho = m/V, \quad (2)$$

где m – масса, V – объем.

$$V = A * B * H = 160\text{мм} * 600\text{мм} * 2450\text{мм} = 235,2 \text{ м}^3 \text{ (объем груза).}$$

$$\rho = m/V = 1700\text{кг}/235,2\text{м}^3 = 7,228 \text{ кг/м}^3 \text{ (плотность груза)}$$

Эти данные помогут нам в дальнейшем изготовлении бетона из отходов.

В настоящее время противовесы для лифтов изготавливаются из бетона или чугуна. Чтобы подобрать подходящий материал для исследования, мы опирались на следующие требования:

- материал не должен иметь ощутимого запаха;
- радиоактивность материала должна быть в пределах нормы;
- материал должен быть доступным в необходимой годовой общей массе (3 000 тыс. тонн);
- использование материала должно быть экономически выгоднее, чем использование бетона/чугуна;
- масса груза для противовеса лифта должна быть не более 50 кг;
- материал должен быть экологически чистым;
- груз должен выдерживать динамические нагрузки;
- оболочка, в случае применения насыпных грузов, должна быть разлагаемой или перерабатываемой;
- плотность материала должна быть около 7,228 кг/м³.

Мы решили рассмотреть металлосодержащие шлаки как один из компонентов бетона для груза. Металлосодержащий шлак — твердый остаток после выплавки металла из руды, а также от сжигания угля.

Шлакобетон является дешевым и хорошим конструкционным материалом для строительства. Вяжущим для шлакобетона могут служить цемент, известь, гипс, глина и др. Наиболее распространен шлакобетон на основе топливного или металлургического шлака.

На предприятии ОАО «Могилевлифтмаш» также остаются отходы в виде металлосодержащих шлаков. В работе использовались два вида отходов предприятия: шлаки сталеплавильного и чугунолитейного производства.

Шлак чугунолитейного производства мелкодисперсный и не имеет запаха, в нем присутствуют крупные частицы чугуна. Шлак сталеплавильного — это влажные частицы среднего размера со специфическим запахом.

Тщательно смешав компоненты бетона из наиболее используемых рецептов и добившись однородной консистенции без комьев, мы изготовили образцы бетонов, по которым определили лучшую рецептуру: 1 ч. цемента, 1 ч. воды, 1 ч. щебня и 3 ч. песка с добавлением суперпластификатора.

Далее определили удельную активность радионуклидов в компонентах бетона и рассчитали по формуле 3 удельную эффективную активность:

$$A_{\text{м эфф}} = A_{\text{Ra}226} + 1,31A_{\text{Th}232} + 0,085A_{\text{K}40} + 0,22A_{\text{Cs}137}, \quad (3)$$

где A_{Ra} и A_{Th} – удельная активность ^{226}Ra и ^{232}Th , находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого ряда, $A_{\text{K}40}$ – удельная активность ^{40}K , $A_{\text{Cs}137}$ – удельная активность ^{137}Cs (Бк/кг).

Полученные значения находятся в пределах нормы (до 370 Бк/кг) (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты определения удельной эффективной активности компонентов бетона

Проба	Масса пробы, г	Cs ¹³⁷	K ⁴⁰	Ra ²²⁶	Th ²³²	A _{м эфф.} Бк/кг
Песок	1482	10,59	400,6	17,56	11,26	68,69
Гравий	1224	4,87	565,1	14,77	19,60	89,55
Цемент	1085	18,90	148,7	17,43	7,80	44,45
Шлак сталеплавильный	1540	0	0	3,30	1,10	4,74
Шлак чугунолитейный	1046	15,04	72,8	17,75	11,62	42,45

В строительных материалах содержание свободного оксида кальция влияет на их прочностные характеристики и устойчивость. Он улучшает водоотталкивающие свойства материала, однако его избыток может привести к образованию трещин из-за чрезмерного расширения при реакциях с влагой. Массовую долю свободного оксида кальция в процентах вычислили по формуле 4:

$$\text{CaO}_{\text{с8}} = V * V_1 * 0,002804 / V_{2\text{м}} * 100, \quad (4)$$

где V — объем раствора HCl , пошедший на титрование, мл, V_1 — объем исходного раствора, мл, V_2 — объем аликвотной части раствора, мл, 0,002804 — количество оксида кальция, соответствующее 1 мл 0,1 н раствора соляной кислоты, m — масса навески, г.

В сталеплавильном шлаке массовая доля свободного оксида кальция находится в норме (1,402%), а в чугунолитейном составляет 0%, то есть вяжущие свойства чугунолитейного шлака отсутствуют, а сталеплавильного не превышают норму. Влажность материала непосредственно оказывает воздействие на объем воды для изготовления бетона. Влажность рассчитали по формуле 5. Результаты представлены на таблице 2.

$$W = (m_{\text{до сушки}} - m_{\text{после сушки}}) / m_{\text{до сушки}} * 100\% \quad (5).$$

Таблица 2 – Результаты измерения влажности образцов

Наименование отхода производства	Масса пробы до сушки, г	Масса пробы после сушки, г	Влажность, %
Шлак сталеплавильный	1,000	0,7341	26,59
Шлак чугунолитейный	1,015	1,0111	0,38

Измерение размера частиц проводили с помощью светлопольной микроскопии. Размер одной частицы чугунолитейного шлака составляет от 23,49 до 117,81 микрометров, сталеплавильного — в диапазоне от 23,73 до 36,40 микрометров.

После получения образцов из бетона с различными соотношениями шлаков мы экспериментально проверили образцы на прочность и устойчивость к нагрузкам. По итогу физического воздействия образцы, в состав которых входит сталеплавильный шлак, выдержали динамические нагрузки, в отличие от образцов с чугунолитейным шлаком, что, скорее всего, обусловлено количеством оксида кальция в пределах нормы в сталеплавильном и отсутствием его в чугунолитейном шлаках (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты физического воздействия на образцы бетона

Номер образца	Вид шлака	Кол-во шлака	Кол-во гравия	Кол-во цемента	Кол-во песка	Результат Физического воздействия
1	сталеплавильный	¾ ч.	1 ч.	1 ч.	3 ч.	выдержал
2		½ ч.	1 ч.	1 ч.	3 ч.	выдержал
3	чугунолитейный	¾ ч.	1 ч.	1 ч.	3 ч.	не выдержал
4		½ ч.	1 ч.	1 ч.	3 ч.	не выдержал

Плотность полученного бетона с ½ ч. сталеплавильного шлака составила 7,341 кг/м³, что показывает, что шлак сталеплавильного производства можно рассматривать как компонент бетона для изготовления грузов для противовеса лифта.

Литература:

1. Караник, Ю. Свойства шлакового цемента и его влияние на структуру затвердевшего цементного теста / Ю. Караник // Электронная библиотека Elibrary [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_37582221_26406381.pdf. – Дата доступа: 13.09.2024.

2. Sadirbayeva, A., Kulazhanov, O. Utilizing granulated blast furnace slag as an alternative cement binder / A. Sadirbayeva, O. Kulazhanov // Technobius Library [Electronic resource]. – Astana, 2023. – Mode of access: <https://doi.org/10.54355/tbus/3.3.2023.0042>. – Date of access: 16.09.2024.

3. Ровин, С. Металлургические достоинства ротационных наклоняющихся печей / С. Л. Ровин, Л. Е. Ровин, Т. М. Заяц. – Минск: Литье и металлургия, 2010. – №4. – с. 41.

УДК 504.03

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Степанов Д.А., Чурко Д.С., студенты
Научный руководитель Кляусова Ю.В.
Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Данная статья посвящена исследованию экологического влияния внедрения цифровых технологий в управление и эксплуатацию энергетических систем. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны воздействия цифровизации на экологическую ситуацию в энергетическом секторе, а также методы минимизации негативного воздействия цифровизации.

Ключевые слова: цифровизация, технологии, системы.

На современном этапе развития энергетики цифровизация стала ключевым направлением развития отрасли. Она предполагает трансформацию традиционных энергетических систем в более интеллектуальные и автоматизированные, обеспечивающие эффективное управление и контроль процессов производства, передачи и потребления энергии.

Цифровизация позволяет снизить риски для человека, повысить эффективность и безопасность процессов производства и обслуживания энергетических объектов. Автоматизация процессов позволяет минимизировать