

Сравнительный анализ данных, представленных на рисунке 1, и данных, полученных нами ранее, показал, что раствор с концентрацией полимера в ДМСО 17 % (масс.) характеризуется вязкостью, близкой к 21 % (масс.) раствору полимера в ДМФ (12500 мПа·с), что позволяет унифицировать технологические режимы формования ПАН волокон с использованием обоих растворителей по ряду показателей. Однако переработка более концентрированных (например, 19 % (масс.)) прядильных растворов экономически более целесообразна. Поэтому дальнейшие исследования проводились с использованием как 17 % (масс.), так и 19 % (масс.) растворов ПАН.

В ходе изучения процесса формования варьировалось:

- содержание полимера в прядильном растворе;
- содержание растворителя в осадительной ванне;
- кратность пластификационного вытягивания.

В качестве выходных показателей изучения процесса формования оценивались прядомость, минимальная фильерная вытяжка, максимальная кратность пластификационного вытягивания.

Было отмечено, что прядомость прядильных растворов ПАН в ДМСО уменьшается с увеличением содержания растворителя в осадительной ванне. Этот эффект проявляется в большей степени для 17 % (масс.) прядильных растворов. Тогда как максимальная кратность пластификационного вытягивания повышается с увеличением содержания растворителя независимо от концентрации полимера в растворе. Минимальное значение кратности фильерной вытяжки уменьшается для исследуемых прядильных растворов с увеличением содержания растворителя в осадительной ванне.

В результате проделанной работы был сделан вывод, что перерабатывать в волокна можно как 17 % (масс.), так и 19 % (масс.) прядильные растворы сополимеров акрилонитрила в ДМСО.

УДК 504 : 666.29

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В СОСТАВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

*Гречаников А.В.<sup>1</sup>, доц., Ковчур А.С.<sup>1</sup>, доц., Тимонов И.А.<sup>1</sup>, доц.,  
Ковчур С.Г.<sup>1</sup>, проф., Манак П.И.<sup>2</sup>, дир.*

<sup>1</sup> Витебский государственный технологический университет,

<sup>2</sup> ОАО «Обольский керамический завод»,

г. Витебск, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** неорганические отходы, теплоэлектроцентрали, станции обезжелезивания, кирпич керамический, физико-механические свойства.

**Реферат.** *Разработан новый состав сырья для изготовления керамического кирпича с использованием неорганических отходов, образующихся при водоподготовке на теплоэлектроцентралях. На ОАО «Обольский керамический завод» изготовлена опытная партия керамического кирпича с различным процентом добавок железосодержащих неорганических отходов теплоэлектроцентралей. В лаборатории проведены испытания керамического кирпича, содержащего от 5 до 25 % (масс.) железосодержащих отходов вместо глины. Исследовано влияние содержания в исходном сырье железосодержащих неорганических отходов. Определены наиболее рациональные значения содержания неорганических отходов ТЭЦ в составе кирпича, обеспечивающие требуемые физико-механические свойства, предъявляемые к керамическому кирпичу в соответствии с СТБ 1160-99 «Кирпич и камни керамические. Технические условия».*

Ежегодно на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ) и станциях обезжелезивания образуются тысячи тонн отходов, которые состоят в основном из нерастворимых оксидов, гидроксидов,

карбонатов железа, кальция, магния и являются ценным химическим сырьём. По данным Витебского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды на территории области накопилось около 7000 тонн железосодержащих отходов, имеющих 3 класс опасности [1].

Целью представленной работы является исследование содержания неорганических железосодержащих отходов в составе керамического кирпича.

Для производства керамического кирпича полусухого прессования на ОАО «Обольский керамический завод» применяется глинистое сырьё месторождения «Заполье». Глинистая порода светло-коричневого цвета. Структура – крупнодисперсная, легко поддается дроблению, хорошо размокает в воде, бурно вскипает, обработанная 10 % раствором HCl. Глинистая порода должна иметь число пластичности не менее 7. Содержание в глинистой породе тонкодисперсной фракции менее 1 мкм должно быть 15 %, фракции менее 10 мкм – более 30 % по массе, содержание фракции 0,01-0,5 мкм не регламентируется. Глинистое сырьё должно обеспечить механическую прочность кирпича не ниже марки 75. На предприятии используются отощающие добавки: шамот (молотый кирпич с фракциями от 0,5 до 5 мм) и керамзиты в количестве от 12 до 18 % (масс.). Применяемая техническая вода должна соответствовать требованиям технических нормативных правовых актов. Кирпич керамический лицевой применяется для кладки наружных и внутренних стен зданий и сооружений и должен основными требованиями, представленным в СТБ 1160-99 [2].

Проведённые предварительные исследования по замене традиционных отощающих добавок неорганическими железосодержащими отходами показали, что при использовании этих отходов качество продукции не ухудшается. Для проведения дальнейших исследований были подготовлены три состава керамической массы (таблица 1) и изготовлена опытные образцы кирпича [3].

Таблица 1 – Составы керамических масс

Компонент	Содержание компонентов, масс. %		
	Состав 1	Состав 2	Состав 2
Легкоплавкая глина	95	85	75
Неорганические отходы ТЭЦ	5	15	25

Образцы опытной партии были изготовлены с вложением железосодержащих отходов в диапазоне от 5 до 25 % с шагом 10 %. Исследования опытной партии керамического кирпича были проведены на испытательном комплексе ОАО «Обольский керамический завод». Методика испытаний соответствовала требованиям ТНПА. Результаты проведённых испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний образцов кирпича по физико-механическим показателям

Наименование показателя. Единицы измерения	Номер пункта ТНПА, устанавливающего требования к продукции	Нормированное значение показателей, установленных ТНПА	Среднее значение показателей для пяти образцов		
			Содержание отходов (масс. %)		
			5	15	25
1. Предел прочности, МПа	СТБ 1160-99, п. 4.4; п. 5.3; табл. 4				
1а) При сжатии, МПа		15,0-17,5	15,0	19,9	18,8
1б) При изгибе, МПа		1,5-3,1	1,5	2,9	1,6
2. Водопоглощение, %	СТБ 1160-99 п. 5.4	не менее 8	17	16,5	17
3. Морозостойкость, циклы	СТБ 1160-99, п. 4.5; п. 5.5	не менее 15	19	20	18

При подготовке исследований по определению процента вложения неорганических отходов в состав кирпича поставлена следующая задача: определить наиболее рациональные значения содержания неорганических отходов ТЭЦ в составе кирпича, обеспечивающие требуемые физико-механические свойства, предъявляемые к керамическому кирпичу. Запланированные уровни входных факторов и интервалы их варьирования представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Наименование входного фактора	Обозначение	Уровни варьирования			Интервал варьирования
		-1	0	+1	
Глина, %;	$X_1$	95	85	75	10
Содержание неорганических отходов, %.	$X_2$	5	15	25	10

Проводился полнофакторный эксперимент, реализующий все возможные комбинации варьирования входных параметров [65]. В результате проведения эксперимента в соответствии с матрицей были разработаны 9 вариантов составов кирпича.

В качестве выходных параметров были использованы следующие показатели:

$Y_1$  – предел прочности при сжатии, МПа

$Y_2$  – предел прочности при изгибе, МПа;

$Y_3$  – водопоглощение, %;

$Y_4$  – морозостойкость, циклы.

При обработке результатов эксперимента получены следующие математические модели для выходных параметров:

– предел прочности при сжатии, МПа

$$Y_1 = 18,37 - 1,45 \cdot X_1 + 1,53 \cdot X_1 \cdot X_2 - 2,82 \cdot X_2^2;$$

– предел прочности при изгибе, МПа

$$Y_2 = 2,84 - 0,167 \cdot X_1 - 0,57 \cdot X_1^2 - 0,57 \cdot X_2^2 - 0,175 \cdot X_1 \cdot X_2;$$

– водопоглощение, %

$$Y_3 = 16,57 - 0,08 \cdot X_1 + 0,07 \cdot X_2 - 0,17 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,59 \cdot X_2^2;$$

– морозостойкость, циклы

$$Y_4 = 19,81 - 0,33 \cdot X_1 - 0,97 \cdot X_1^2 - 0,62 \cdot X_2^2.$$

Построены поверхности отклика полученных моделей. Проведя анализ полученных моделей установлено, что наиболее рациональное содержание неорганических железосодержащих отходов составляет 15-20 % (масс.).

В результате исследований установлена возможность производства на основе глинистого сырья с добавкой неорганических железосодержащих отходов кирпича методом пластического формования. Разработаны составы керамических масс для изготовления кирпича, содержащие различные процент вложения неорганических отходов. Проведены исследования кирпича позволившие установить наиболее рациональное содержание неорганических железосодержащих отходов в составе керамических масс.

#### Список использованных источников

1. Логинов В. Ф. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень 2015 г. Минск, 2016. – 363 с.
2. СТБ 1160-99. Кирпич и камни керамические. Технические условия. – Взамен ГОСТ 530-95, ГОСТ 7484-78 ; Введ. 1999 – 06 – 02. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 1999. – 47 с.
3. Платонов А. П., Гречаников А. В., Ковчур А. С., Ковчур С. Г., Манак П. И. Изготовление керамического кирпича с использованием промышленных отходов // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2015. № 28. С.128–134.
4. Статистические методы в экспериментальных исследованиях (руководство по использованию «Statistika for windows»): учеб. пособие / авт.-сост. С.М. Литовский. – Витебск, 1996. – 63 с.