

СОТРУДНИЧЕСТВО – КАТАЛИЗАТОР
ИННОВАЦИОННОГО РОСТА

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
5-го БЕЛОРУССКО-БАЛТИЙСКОГО
ФОРУМА**

Минск, 9–10 октября 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет
Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

**СОТРУДНИЧЕСТВО – КАТАЛИЗАТОР ИННОВАЦИОННОГО
РОСТА**

Сборник материалов
5-го Белорусско-Балтийского форума

Минск, 9–10 октября 2019 года

Минск
БНТУ
2019

УДК 082 (476+474) (06)

ББК 72я43

С67

В сборник включены материалы 5-го Белорусско-Балтийского форума «Сотрудничество – катализатор инновационного роста» по следующим направлениям: новые технологии в строительстве; новые технологии в металлургии и машиностроении; экология, рациональное природопользование, переработка отходов, энергетика; новые материалы и технологии для различных отраслей промышленности; информационно-коммуникационные технологии и автоматизация технологических процессов.

ISBN 978-985-583-441-1

© Белорусский национальный
технический университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Новые технологии в строительстве	6
<i>Е.И. Румынская, М.И. Кузьменков, Н.Г. Короб.</i> Жаростойкие покрытия для огнезащиты строительных конструкций	6
<i>I. Levitskii, H. Shymanskaya.</i> Biocidal metallic glazes for porcelain floor tiles	8
<i>В. Войшниеие, О. Кизиниевич, В. Кизиниевич.</i> Утилизация золы-уноса (образующейся от сжигания твердых бытовых отходов) в производстве керамики	10
<i>А.В. Вавилов, В.И. Лобачевский, А.Н. Третьяк, А.Г. Губская, Ж.П. Чигринова.</i> О решении в Беларуси проблемы получения продуктов из строительных отходов и местного природного сырья	11
<i>Г.С. Гарнашевич, А.Г. Губская, Н.С. Ясинская, Ж.Н. Власенко</i> Уточнение теплофизических и эксплуатационных свойств гипса и изделий на его основе	13
<i>А.Н. Третьяк, В.И. Лобачевский.</i> Состав и физико-химические свойства силикагеля марки «Аэросил»	15
<i>А.Н. Третьяк, И.А. Чернова.</i> Отходы производства хрустала как сырьевые материалы	17
<i>А.Г. Губская, Т.В. Воловик, А.П. Гапотченко.</i> Окрасочное покрытие для силикатного кирпича на основе кремнеземсодержащих отходов	19
<i>А.Г. Губская, Т.А. Вашкевич, Н.И. Ушакова.</i> Обеспечение норм радиационной безопасности в строительном комплексе Республики Беларусь	21
<i>А.Г. Губская, Т.В. Воловик, А.П. Гапотченко, О.Н. Лебедева.</i> Модифицирующие добавки на основе кремнеземсодержащих отходов	23
<i>А.Н. Третьяк, И.А. Чернова.</i> Замена сурика на свинецсодержащий материал для варки хрустальных стекол	25
<i>Е.М. Дятлова, Р.Ю. Попов, Е.О. Богдан, Е.Н. Макушенко.</i> Получение теплоизоляционных керамических материалов по шликерной технологии	27
<i>М.А. Комаров, М.И. Кузьменков, Д.М. Кузьменков.</i> Получение ангидритового вяжущего малоэнергоемким способом	29
<i>Д.М. Кузьменков, Н.М. Шалухо, Е.В. Лукаш.</i> Безобжиговая технология переработки вторичного огнеупора	31
<i>Н.М. Шалухо, М.И. Кузьменков, Е.В. Лукаш, Д.М. Кузьменков, А.А. Кабанович, Ю.В. Велюго.</i> Малоэнергоемкий способ получения жидких стекол	32
<i>Т.В. Булай, М.И. Кузьменков, Н.М. Шалухо, Д.М. Кузьменков, Я.А. Бобровская.</i> Использование гранитных отсеков в производстве серного бетона	34
<i>И.А. Левицкий, О.Н. Хоружик, Е.А. Костик.</i> Ресурсосберегающая технология получения клинкерного кирпича	36

<i>И.А. Левицкий, И.И. Жукова, С.Е. Моложавцев.</i> Ангобы для покрытия тыльной стороны керамогранита	38
Новые технологии в металлургии и машиностроении	40
<i>О.Г. Девойно, В.В. Шиянок.</i> Получение износостойких слоев сканирующим лазерным излучением	40
<i>Ю.С. Ушеренко, В.Г. Дашкевич.</i> Исследование влияния предварительной активации высокоэнергетическим потоком (СГП) на последующую химико-термическую обработку сталей	42
<i>А.Г. Гривачевский, Р.Л. Кулик.</i> Автоматизация проектирования технологических процессов сварки	44
<i>М.Л. Калининченко, Л.П. Долгий.</i> Технологические подходы создания неразъемных адгезионных соединений пластик-металл для модельной оснастки	46
<i>И.В. Качанов, М.В. Кудин, С.А. Ленкевич, В.В. Власов.</i> Ресурсосберегающая технология скоростного горячего выдавливания биметаллического штампового инструмента	48
<i>И.В. Качанов, М.В. Кудин, В.В. Власов, С.А. Ленкевич.</i> Изготовление многоступенчатого биметаллического стержневого инструмента методом скоростного горячего выдавливания	50
<i>В.А. Калининченко.</i> Литые композиционные материалы на основе алюминия и меди для деталей сельскохозяйственной техники	52
Экология, рациональное природопользование, переработка отходов, энергетика	54
<i>А.В. Поспелов, А.В. Дубина.</i> Комплексная технология очистки высококонцентрированных сточных вод деревообрабатывающих производств	54
<i>Т.Н. Генарова, С.М. Лещев, В.А. Левкина.</i> Пробоподготовка пиролизного масла для гх-мс анализа	56
<i>Ю.А. Булавка.</i> Совместная утилизация кислых гудронов со шламом химводоподготовки с тэц в производстве битумных материалов	58
<i>Т.В. Никонович, И.Е. Зайцева, Т.В. Кардис.</i> Особенности применения светодиодного освещения в условиях <i>in vitro</i>	60
<i>Л.Л. Васильев, А.С. Журавлёв, Л.П. Гракович, М.И. Рабецкий, В.А. Олехнович.</i> Теплообменники-утилизаторы на тепловых трубах	62
<i>И.И. Жуковский, О.А. Корзун, А.Д. Чорный, Ю.В. Жукова, А.С. Побожный, В.Н. Коршун, С.Н. Барнюк.</i> Энергоэффективные утилизаторы тепла дымовых газов	64
<i>Н.И. Камоцкая.</i> Организационно-экономический механизм и институциональные условия обеспечения энергетической безопасности Республики Беларусь	66
<i>И.А. Латышевич, Е.И. Гапанькова, А.Ю. Ключев, Н.Г. Козлов.</i> Новые направления использования терпеноидных продуктов	68
<i>В.М. Комаровская, О.И. Терещук, А.И. Дуцник, Р.В. Пигаль.</i> Установка вакуумного высушивания органических остатков для создания	

топливных брикетов	70
<i>А.А. Волков.</i> Выбор режимов регулирования напряжения в распределительных электрических сетях	72
<i>Е.В. Калентионюк.</i> Выбор средств автоматического секционирования распределительных электрических сетей	74
Новые материалы и технологии для различных отраслей промышленности	76
<i>Ю. Г. Павлюкевич, Н.Н. Гундилович.</i> Огнеупорный припас из кварцевой керамики	76
<i>С.Е. Баранцева, Ю.А. Климош, О.Ф. Кузьменкова, А.А. Толкачинова.</i> Многофункциональное использование магматических пород Республики Беларусь	78
<i>Е.П. Шишаков, В.В. Коваль, С.А. Гордейко.</i> Модификация карбамидоформальдегидных олигомеров органическими кислотами	80
<i>Е.П. Шишаков, В.В. Коваль, С.А. Дашкевич.</i> Экологически безопасные стимуляторы подсочки сосны обыкновенной	82
<i>А.В. Попок, Ю.С. Ремизова, Т.Н. Генарова, Е.Г. Каранкевич, З.И. Куваева.</i> Количественный анализ трипептида методом ВЭЖХ	84
Информационно-коммуникационные технологии и автоматизация технологических процессов	86
<i>Ю.М. Кротюк, А.Г. Гривачевский, В.В. Ткаченко.</i> Создание системы информационной поддержки процессов конструкторско- технологической подготовки производства с применением аддитивных технологий	86
<i>Ю.М. Кротюк, А.Г. Гривачевский.</i> Среда информационной поддержки процессов конструкторско-технологического проектирования (экспериментальный образец)	88
<i>О.И. Жук.</i> Проблемы развития трансфера цифровых технологий в промышленном бизнесе Республики Беларусь	90

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 666.949:666.767

ЖАРОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ОГНЕЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Е.И. Румынская¹, М.И. Кузьменков², Н.Г. Короб²

¹Белорусский национальный технический университет

²УО «Белорусский государственный технологический университет»

e-mail: rumynskaya@inbox.ru

Стальные несущие конструкции являются одними из наименее пожарозащищенных строительных элементов. Для большинства сталей критическая температура принята равной 500°C, а после ее достижения происходят деформации строительных конструкций и практически мгновенное их разрушение. В настоящее время в зданиях с высокими требованиями по огнестойкости, в особенности в жилом многоэтажном строительстве, несущие стальные конструкции практически не применяются.

Известные способы огнезащиты штукатурками, красками и облицовкой кирпичом и листовыми материалами, как правило, не удовлетворяют современным требованиям из-за высокой трудоёмкости, стоимости, малой долговечности. Кроме того, большая массивность значительно увеличивает вес конструкций, что делает их неприемлемыми для использования.

На рынке строительных материалов Республики Беларусь сегмент огнестойких материалов на основе защитных покрытий представлены немногочисленными видами продукции, в основном, зарубежных торговых марок: «SaraTherm», «Tikratermostop» на полимерной связке (ФРГ), «Феникс», на основе жидкого калиевого стекла ОПВ-1, ОФП-МВ, ОПВ-180, ВПМ (РФ) и некоторыми другими. Однако указанные зарубежные материалы не обеспечивают требуемую для зданий I степени огнестойкости защиту стальных несущих конструкций. Это обусловлено тем, что важнейшие эксплуатационные свойства огнезащитных материалов по своим показателям находятся ниже требуемых. Так, предел огнестойкости (время сохранения жесткости строительных конструкций) должен быть не менее 150 минут, а в действительности лежит в пределах 60-100 минут. Аналогичная картина и со сроком эксплуатации – по нормативам он должен быть не менее 10 лет, а фактически применяемые материалы служат 5-10 лет. Кроме того, большинство зарубежных огнезащитных составов стоят дорого – от 1500 до 15000 долларов США.

Таким образом, не смотря на многообразие применяемых средств огнезащиты, в строительном комплексе Республики Беларусь отсутствуют эффективные огнезащитные материалы отечественного производства. В этой связи разработка доступных отечественных огнезащитных материалов 1-й группы огнестойкости является весьма актуальной.

Практика применения огнезащитных покрытий позволила установить, что наиболее ответственным компонентом в этих композитах является связующее, которое должно обеспечивать адгезию, термостойкость, огнеупорность и ряд других эксплуатационных свойств.

Рассмотрев наиболее распространенные варианты огнезащиты, разработку огнезащитных составов авторы проводили на основе фосфатных материалов, так как они в наибольшей степени удовлетворяют следующим требованиям:

- жаростойки, и поэтому изолируют тепловой поток;
- препятствуют распространению пламени;
- не искрят;
- не выделяют угарный газ при нагревании и термическом разложении;
- характеризуются отсутствием дымообразующей способности, отсутствием токсичных продуктов горения, что особенно важно при использовании их на путях эвакуации;
- ингибируют коррозию стали.

Из многочисленных видов фосфатных цементов для решения поставленной задачи авторами рассматривались, в первую очередь, связующие:

- использование которых экономически целесообразно;
- отверждаемые при комнатной температуре;
- при разложении которых будет выделяться химически связанная вода, а также другие газообразные продукты, которые в совокупности препятствуют доступу кислорода в зону горения и тем самым выполняют своего рода огне-тушащую функцию.

Для разработки огнезащитных составов была принята к исследованию система $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4-(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4-\text{MgO}-\text{Cr}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$. Данная система являлась сложной, она была не изучена, сведений о характере кристаллизационных процессов, лежащих в основе твердения этой композиции, в литературе не было обнаружено. Одной из важных целей работы явилось также установление термохимических превращений огнезащитного покрытия, что позволит в дальнейшем управлять процессом получения такого связующего и внесет определенный вклад в химию и технологию фосфатных цементов и материалов на их основе.

В результате проведенных исследований предложен состав огнезащитного покрытия, включающий молотый вторичный переклазохромитовый огнеупор, аммофос, модифицирующие добавки, вспученный минеральный наполнитель. Изучены показатели его физико-технических и эксплуатационных свойств.

Промышленное использование предлагаемого отечественного жаростойкого покрытия позволит решить проблему огнезащиты стальных конструкций и, безусловно, может быть использовано в строительном комплексе страны.

BIOCIDAL METALLIC GLAZES FOR PORCELAIN FLOOR TILES

I. Levitskii, H. Shymanskaya
Belarusian State Technological University
e-mail: shimanskaya@belstu.by

The urgency of obtaining of antibacterial glaze coatings for floor tiles relates to the lack of efficiency of the known ways to prevent the reproduction of pathogenic bacteria. As is known, copper and some of its alloys are characterized by pronounced biological activity. Antibacterial properties of copper compounds are used in the manufacture of medicine equipment, in food industry and animal husbandry [1], and to provide antifungal and antimicrobial properties of sanitary ceramics, ceramic tiles [2]. The aim of this work was to study the formation of the glaze coatings for ceramic porcelain tiles with the required physico-mechanical properties and aesthetic characteristics, as well as reliable antibacterial protection.

The glaze slip was prepared by combined wet grinding of the components of the glaze batch in a ball mill (Speedy, Italy) to 0.1–0.3 wt. % residue in a No. 0056 sieve with material : milling body : water ratio 1 : 1.5 : 0.5. Sodium tripolyphosphate in the amount of 0.25 wt. % over 100 % was used as the deflocculant. The suspension obtained with moisture content 30–40 wt. % was deposited on ceramic porcelain tiles predried to moisture content no more than 0.5 wt. % and coated with engobe. The tiles glazed with the experimental glaze compositions were fired in an FMS-2500 gas-flame furnace (Sacmi, Italy) at temperature (1200±5) °C for (50±2) min under the extant conditions at Keramin JSC (Minsk, Republic of Belarus).

Physical-chemical properties of glaze samples after synthesis were tested for conformity with the requirements of technical standards documents. The antimicrobial activity tests of the glaze coatings were conducted in the laboratory of microbiology of RUE "Scientific and practical center of hygiene" (Minsk, Republic of Belarus). The laboratory is accredited in the field of determination of antibacterial activity on ceramic surfaces, including tiles in accordance with ISO 22196: 2011. The oxide compositions of the experimental glazes are given in table 1.

Table 1 – The oxide compositions of the experimental glazes

Oxide	Oxide ratios of the glazes of the series, wt. %		
	1	2	3
SiO ₂	37–44	38–44	35–41
Al ₂ O ₃	15–17	21–23	13–15
(CaO + MgO)	15–23	11–13	17–23
(Na ₂ O + K ₂ O)	5–6	6–8	5–6
CuO	11–22	12–22	10–19
B ₂ O ₃	1–2	1–2	1–2
Fe ₂ O ₃	–	–	5–7

The study of physical-chemical properties founded that, synthesized glaze coatings conformed to requirements of technical standards documents, as well as had high

decorative effect (table 2). In addition, all glaze coatings were chemically stable. Furthermore, antibacterial activity tests of glaze coatings by using were carried out with the test strain *Escherichia coli* ATCC 8739 and *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (table 2).

Table 2 – Physical-chemical and antimicrobial properties

Description	The glazes of the series		
	1	2	3
Color	Black	Dark grey	Dark grey
Surface texture	Semi-matte, lustrous	Matte	Matte, semi-matte, lustrous
Luster, %	45–100	16–31	5–100
Microhardness, MPa	3900–6100	5100–6800	5800–7800
The linear thermal expansion coefficient, $\alpha \cdot 10^{-7}, K^{-1}$	84.9–89.5	67.9–74.6	58.7–72.1
Heat resistance, °C	100–200	150–200	125–150
Class of surface abrasion resistance	1	2	1–2
The value of antibacterial activity	2.56–2.89	0.64	2.00–2.17

The XRD patterns of the glazes of the series 1 showed tenorite (CuO) and anortite ($CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$). However, the presence of the amorphous halo in the X-ray diffraction patterns, along with broad and low intensity crystalline peaks indicated that the coatings contained predominately glassy phase. Glassy phase was also predominantly in the glazes coatings of the series 3, small amounts of tenorite and maghemite ($\gamma-Fe_2O_3$) were also detected. The following crystalline phases were identified in the glazes of the series 2: tenorite, anorthite and cuprite (Cu_2O). In contrast to the glazes of the series 1 and 3 there was almost no the amorphous halo on the XRD patterns of the glazes of the series 2.

In our research biocidal glaze compositions for porcelain floor tiles were developed. The use of ceramic tiles decorated with elaborated compositions of glaze compositions will provide reliable antibacterial protection against strains of *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 and *Escherichia coli* ATCC 8739. The tests performed under production plant conditions at Keramin JSC (Minsk, Republic of Belarus) showed that the newly developed coatings can be used in industrial manufacturing.

References

1. Page, K. Antimicrobial surfaces and their potential in reducing the role of the inanimate environment in the incidence of hospital-acquired infections / K. Page, M. Wilson, I. P. Parkin // *J. of Materials Chemistry*. – 2009. – Vol. 19. – P. 3819–3831.
2. Process for manufacturing ceramic articles having antifungal, antibacterial and antimicrobial properties, and ceramic articles [Electronic resource]: pat. US 20150010605 / M. J. C. Delgado. – Publ. date 08.01.2015. – Mode of access: <https://www.google.ch/patents/US20150010605>. – Date of access: 17.09.2019.

УТИЛИЗАЦИЯ ЗОЛЫ-УНОСА (ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ ОТ СЖИГАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ) В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИКИ

В. Войшниене¹, О. Кизиниевич^{1}, В. Кизиниевич¹*

*¹Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Литва
e-mail: olga.kizinievic@vgtu.lt*

Зола-унос, образующаяся в мусоросжигательных установках при переработке твердых отходов, по каталогу Европейского союза классифицируется как опасные материалы. Исследования химического состава показали, что главными химическими элементами золы-уноса являются (массовое содержание, %): 45,17 CaO, 19,01 хлориды (NaCl, KCl, MgCl₂), 1,56 сульфаты, 2,65 Na₂O, 3,52 K₂O, 1,15 MgO, 1,08 Al₂O₃, 0,23 SiO₂; а также Fe₂O₃ – 6938 мг/кг, TiO₂ – 1543 мг/кг, кроме того, присутствуют тяжелые металлы: Cu – 625 мг/кг, Cd – 83,4 мг/кг, Cr – 50,5 мг/кг, Pb – 1987 мг/кг, Zn – 10 209 мг/кг, Ni – 12,2 мг/кг и др. (ЛСТ ЕН ИСО I 1885:2009).

Целью настоящей работы является изучение возможности применения опасного отхода - золы-уноса, образующейся при сжигании твердых бытовых отходов, в производстве строительной керамики.

В формовочные массы вводили добавку золы-уноса в количестве (по массе, %) 2,5; 5,0; 7,5, также была сформирована контрольная формовочная масса без добавки золы-уноса. Температура обжига формовочных масс составляла 1000 °С с изотермической выдержкой в течение 1 ч.

Результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что добавка золы-уноса, образующейся при сжигании твердых бытовых отходов, может быть использована при производстве керамических изделий строительного назначения.

Количество вымытых тяжелых металлов, хлоридов и сульфатов из образцов, обожженных при температуре 1000 °С, с добавкой золы-уноса 2,5 % не превышает предельных значений инертных отходов по стандарту 2003/33/ЕС, т.е. тяжелые металлы, находящиеся в золе-уносе, надежно связаны в керамической матрице. Добавку 5,0 – 7,5 % золы-уноса использовать в производстве строительной керамики не рекомендуется, так как содержание Cr, а также сульфатов и хлоридов превышает предельные значения инертных отходов по стандарту 2003/33/ЕС.

Установлено, что при добавке 2,5 % золы-уноса в формовочную массу и обжиге образцов при температуре 1000 °С плотность керамических изделий составляет 1,8 г/см³, прочность при сжатии 24 МПа, водопоглощение 15,3 %, общая открытая пористость 31 %, морозостойкость не менее 25 циклов замораживания и оттаивания.

О РЕШЕНИИ В БЕЛАРУСИ ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ ИЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ И МЕСТНОГО ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ

*А.В. Вавилов¹, В.И. Лобачевский², А.Н. Третьяк², А.Г. Губская²,
Ж.П. Чигринова²*

¹Белорусский национальный технический университет

²Государственное предприятие «Институт НИИСМ»

e-mail: ftkcdm@bntu.by, info@niism.by

В Беларуси на свалках накапливается большое количество твердых коммунальных отходов (ТКО), что серьезно ухудшает экологическую обстановку.

В Государственную программу инновационного развития Республики Беларусь на 2016-2020 годы, утвержденную Указом Президента Республики Беларусь от 31.01.2017 № 31 включен проект по максимальному уменьшению объемов образования отходов во всех секторах экономики, предотвращению их вредного воздействия на окружающую среду и здоровье граждан, а также наиболее полное вовлечение отходов в хозяйственный оборот в качестве вторичного сырья.

Кроме этого, Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28.07.2017 № 567 утверждена Национальная стратегия по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года, в которой предусмотрено, что приоритетными методами использования образовавшихся отходов в ближайшее время является их переработка.

Среди образуемых ТКО немалые объемы составляют отходы строительства, которые можно и необходимо перерабатывать в полезные продукты, для чего нужны специалисты, способные эффективно выполнять такую работу.

В 2019 году в Белорусском национальном техническом университете (БНТУ) открыта специализация «Инновационное оборудование для получения продуктов из отработанных строительных конструкций».

Будущие инженеры этой специализации призваны выбирать и эффективно эксплуатировать машины и оборудование для обеспечения экологической безопасности городов и населенных пунктов путем сбора, переработки и получения вторичных востребованных продуктов из отходов строительства, в том числе с экологически вредными включениями.

Применение полученных востребованных вторичных продуктов позволит сэкономить традиционно применяемое дорогостоящее сырье и материалы, а использование отходов приведет к постепенной ликвидации городских свалок и улучшению экологической обстановки.

По новой специализации будущий инженер должен изучить инновационное оборудование для переработки строительных отходов целлюлозобитумосодержащих и минерального происхождения и получения из них востребованных

вторичных продуктов: строительных материалов, особенно для строительства и эксплуатации местных автомобильных дорог, требующих ремонта в больших объемах.

На кафедре «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса» (МАДСК) БНТУ и в НИЛ механизации и автоматизации дорожно-строительного комплекса, выполняя хозяйственные договора, уже ряд лет разрабатываются эффективные методы и оборудование для переработки строительных отходов в полезные продукты, востребованные в энергетике как топливо, в дорожном, строительном и жилищно-коммунальном комплексах как строительный материал и компонент ремонтных смесей. Научно-производственные разработки в этом направлении изложены во многих монографиях профессора, заведующего кафедрой МАДСК Вавилова А.В., в частности, в монографии «ТКО целлюлозобитумосодержащие и минерального происхождения: получение вторичных продуктов» Минск, Жилкомиздат, 2018.

В тоже время следует отметить, что в Беларуси имеется достаточно большое количество техногенных отходов, из которых получают полезные продукты, особенно строительные материалы. Способы получения таких продуктов на протяжении десятилетий разрабатывают в ГП «Институт НИИСМ».

В соответствии с достигнутой договоренностью для промышленной реализации разработанных в ГП «Институт НИИСМ» способов, кафедра и НИЛ МАДСК БНТУ будет разрабатывать инновационное технологическое оборудование, что в итоге будет постоянно наполнять учебный процесс новыми материалами при подготовке инженеров по специализации «Инновационное оборудование для получения продуктов из отработанных строительных конструкций».

УТОЧНЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГИПСА И ИЗДЕЛИЙ НА ЕГО ОСНОВЕ

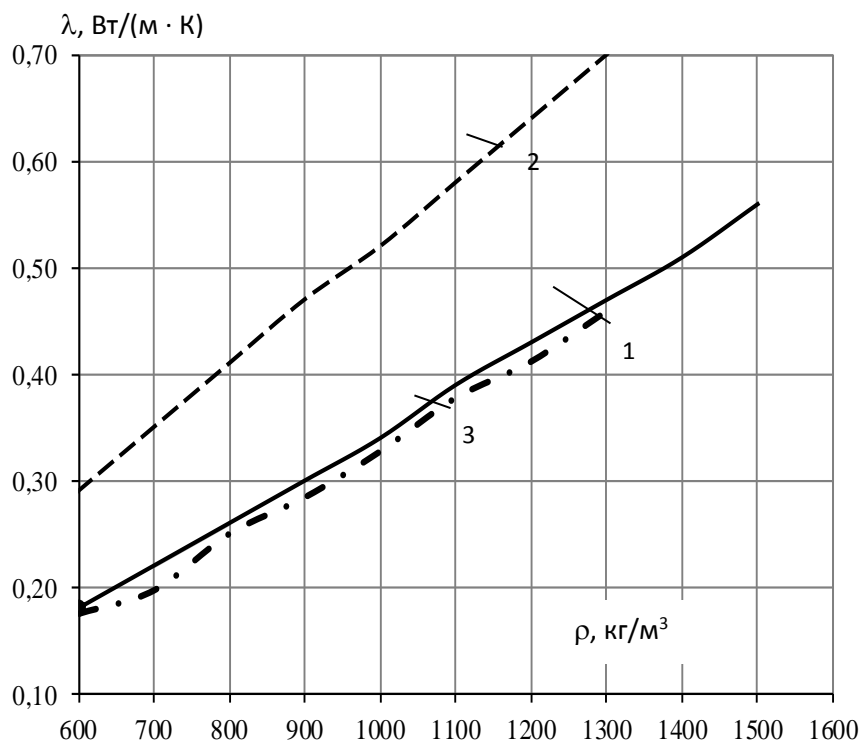
Г.С. Гарнашевич, А.Г. Губская, Н.С. Ясинская, Ж.Н. Власенко
Государственное предприятие «Институт НИИСМ», г. Минск

Не смотря на то, что человечеством накоплен огромный опыт в области производства и использования гипса, тем не менее возможности гипса и до настоящего времени далеко не исчерпаны и являются предметом постоянных исследований.

В практике строительства Республики Беларусь используется широкий спектр изделий из гипса строительного, что обусловило необходимость проведения экспериментального определения их теплопроводности по СТБ 1618-2006 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности при стационарном тепловом режиме» и паропроницаемости по ГОСТ 25898-83 «Материалы и изделия строительные. Методы определения сопротивления паропроницанию». Полный цикл исследований выполнен в климатической камере, а показатели экспериментального определения основных теплофизических свойств теплопроводности и паропроницаемости плит гипсовых строительных представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1-Теплофизические свойства плит гипсовых строительных

Плотность ρ , кг/м ³	Теплопроводность, λ Вт/(м·К)			Паропроницаемость, μ , мг/(м·ч·Па). ГОСТ 25898-83
	Справочные значения		Фактические значения по СТБ 1618-2006	
	по СТБ EN 12862-2008	по [1]		
600,0	0,180	0,290	0,176	0,132
700,0	0,220	0,350	0,198	0,127
800,0	0,260	0,410	0,251	0,121
900,0	0,300	0,470	0,285	0,115
1000,0	0,340	0,520	0,328	0,112
1100,0	0,390	0,580	0,378	0,105
1200,0	0,430	0,640	0,412	0,098
1300,0	0,470	0,700	0,459	0,093
1400,0	0,510	-	-	-
1500,0	0,560	-	-	-



1 - по СТБ EN 12860-2008; 2- по [1]; 3- фактические значения

Рисунок 1 –Зависимость теплопроводности от плотности образцов плит гипсовых строительных

Проведенные исследования позволяют уточнить и дополнить справочные значения теплофизических и эксплуатационных свойств гипсовых материалов и могут быть использованы для расчета тепловлажностного режима ограждающих конструкций на их основе.

Список использованных источников

1. Гипс. Справочник. Дармштадт, 1995.

СОСТАВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИЛИКАГЕЛЯ МАРКИ «АЭРОСИЛ»

А.Н. Третьяк, В.И. Лобачевский

*Государственное предприятие «Институт НИИСМ», Минск
e-mail: a.tretyak24@gmail.com*

Силикагель относится к группе широко применяемых препаратов в различных отраслях промышленности в качестве адсорбентов и наполнителей. Широкая сфера применения препарата обусловлена его физико-химическими свойствами – химической инертностью, возможностью изменения структуры препарата [1].

В Республике Беларусь силикагель производится на ОАО «Гомельский химический завод» по ТУ РБ 400069905-2005 и реализуется потребителям под торговой маркой «Аэросил» [2]. В соответствии с требованиями ТУ «Аэросил» характеризуется 6 показателями, из которых самыми значимыми представляются доля диоксида кремния (не менее 70 %), массовая доля вода (не более 18 %) и остаток на сите с сеткой №0063 (не более 4%). Такое описание препарата недостаточно информативно.

Цель настоящей работы - изучение свойств силикагеля «Аэросил» физико-химическими методами и определение перспективных направлений улучшения параметров препарата для увеличения его потребительской привлекательности.

Перед проведением исследований образец силикагеля сушился в шкафу при $t = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$. Влажность образца составляла 0,67 %.

Элементный анализ образца препарата «Аэросил» проводился на сканирующем микроскопе «Nanolab-7» фирмы «Opton» (ФРГ) с микрорентгеноспектральным анализатором AN 10000 фирмы «Link Analytical» (Англия) по программе количественного анализа ZAF4-FLS и на рентгенофлуоресцентном спектрометре ED 2000 фирмы «Oxford Instruments Analytical» (Великобритания).

Фазовый состав примесей в образце SiO_2 определяли с помощью рентгеновского дифрактометра D8ADVANCE фирмы «Bruker» (ФРГ). ИК-Фурье спектрометр «Tensor27» фирмы «Bruker» (ФРГ) использовали для определения химических соединений в образце SiO_2 .

Размер частиц силикагеля определяли седиментационным методом с помощью прибора марки «Фотоседиментометр ФСХ-4».

Удельную поверхность препарата «Аэросил» изучали двумя методами - метод адсорбции силикагелем фенола в н-гептане и метод БЭТ [3,4]. Удельную поверхность препарата SiO_2 по методу БЭТ определяли с помощью прибора ASAP 2020 фирмы «Micrometrics» (США).

В таблице представлены результаты определения содержания элементов в сухом остатке в пересчете на оксиды.

Таблица – Содержание элементов в образце силикагеля в масс. %.

Элемент	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	ZnO	CuO	MnO	F	SiO ₂
Значение, %	1,7	0,03	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	7,1	Остальное

Как следует из данных таблицы, в препарате SiO₂ имеется относительно высокое содержание соединений алюминия, железа и фтора. Это обусловлено природой происхождения кремнегеля – он образуется в технологическом процессе получения фторида алюминия при взаимодействии кремнефтористоводородной кислоты и гидроксида алюминия. Алюминий и фторид-ион – это оставшийся продукт основного производства – фторида алюминия. Остальные металлы переходят в образец из конструкционных материалов применяемого оборудования.

По результатам фазового анализа установлено, что основную фазу составляет аморфный диоксид кремния в форме кристобалита. Основной примесью является гидратная форма фторида алюминия – AlF₃ * 3H₂O.

Показано, что частицы силикагеля имеют различные размеры в интервале от 1 до 200 мкм. Четко фиксируются два пика по диаметру частиц равному 8 мкм и 35 мкм.

Важной характеристикой адсорбента является его удельная поверхность (S_{уд}). По результатам определений методом адсорбции фенола S_{уд} составила 9,0 м²/г. По методу БЭТ «Аэросил» обладает удельной поверхностью S_{уд} = 9,2 м²/г. Результаты определений S_{уд} двумя различными методами показали практически идентичные значения.

Таким образом установлено, что препарат «Аэросил» имеет в качестве основной примеси тригидрат фторида алюминия (AlF₃*3H₂O). Диаметр частиц препарата находится в широком интервале размеров 1-200 мкм и характеризуется двумя пиками распределения в интервале 8 и 35 мкм. Удельная поверхность препарата невысокая и имеет показатель S_{уд} = 9,2 м²/г. Для повышения коммерческой привлекательности препарата при расширении областей практического применения необходимо удалить примесь фторида алюминия, снизить размер частиц силикагеля до нескольких единиц мкм и повысить его удельную поверхность до значений S_{уд} = 120-150 м²/г.

Список использованных источников

1. Неймарк И.Е. Силикагель, его получение, свойства и применение/ И.Е. Неймарк, Р.Ю. Шейнфайн // Киев: Наукова думка. – 1973. – 199 с.
2. Аэросил. ТУ РБ 400069905-2005. – 2 с.
3. Мамченко Е.А. Физико-химические характеристики диоксида кремния – побочного продукта производства фторида алюминия/ Е.А. Мамченко, А.Д. Цветкова, З. Взорек, О.П. Акаев// Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова. – 2013. № 6.- с.7-10.
4. Силикагель. ГОСТ 3956-76.- 16 с.

ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ХРУСТАЛЯ КАК СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

А.Н. Третьяк, И.А. Чернова

Государственное предприятие «Институт НИИСМ», г. Минск

e-mail: a.tretyak24@gmail.com

Производство изделий из хрусталя состоит из ряда технологических операций – варка стекломассы, выдувка изделий, нанесение рисунка на поверхность с помощью алмазного инструмента и химическое полирование смесью серной и плавиковой кислот при повышенных температурах.

На всех технологических стадиях образуются отходы, которые как правило мало используются и вывозятся на полигоны для захоронения.

В Государственном предприятии «Институт НИИСМ» проводятся исследования по разработке технологий переработки этих отходов с целью возвращения их в технологический процесс или получения различных материалов для последующего их использования на других производствах.

Разрабатывается технология переработки шлама стеклоизделий, полученного при нанесении граней алмазным инструментом.

Очищенный шлам использован для варки хрустальных стекол в лабораторной печи при 1450-1500°C. Показана возможность использования шлама в качестве обратного боя шихты.

Экономический эффект определяется количеством очищенного шлама алмазной огранки, который вводится в шихту в качестве обратного боя. Это количество может составить примерно 10 % от объема выпускаемого хрусталя.

В денежном выражении эффект определяется стоимостью хрустальной стекломассы за вычетом расходов на проведение очистки. Ориентировочно это может составить 450 \$ USA на тонну очищенного шлама.

Следует отметить, что в настоящее время шлам алмазной огранки не используется и выбрасывается на свалку.

Химическое полирование хрустальных изделий производится смесью серной и плавиковой кислот. После проведения химполирования отработанные кислые растворы нейтрализуются известью и вывозятся на полигон. Нами разрабатывается технология очистки и концентрирования сернокислотных растворов. Разработан селективный способ очистки отработанных сернокислотных растворов от продуктов процесса химического полирования и метод повышения концентрации серной кислоты.

Разработана технологическая схема установки производительностью 350 кг сернокислотного раствора в час, разработаны чертежи всех аппаратов. Имеется возможность поставки опытной установки очистки и концентрирования сернокислотных растворов.

Экономическая эффективность технологии определяется количеством обрабатываемого объема стеклоизделий, составом хрустального стекла, количеством растворяемого стекла в процессе химического полирования и стоимостью утилизации твердых отходов.

В качестве косвенного показателя эффективности новой технологии укажем удельный расход серной кислоты на тонну готовой продукции изделий из хрусталя, подвергающихся химическому полированию.

В мировой практике минимальный удельный расход серной кислоты на химическое полирование, достигнутый в настоящее время составляет 400-450 кг/т на тонну готовой продукции. Возможно снижение удельного расхода до 250 кг/т.

Разрабатывается технология переработки абсорбционных растворов, образующихся при улавливании газообразных фтористых соединений и концентрирования кремнефтористоводородной (H_2SiF_6) до содержания основного вещества 35 мас. %.

H_2SiF_6 служит сырьем для получения ее твердых солей (кремнефторидов натрия, калия, аммония, магния и цинка) и синтеза фторид-бифторид аммония.

Кремнефториды имеют достаточно широкое применение как различные компоненты составов биозащиты строительных материалов. Фторид-бифторид аммония можно использовать как альтернативу плавиковой кислоте в процессе химического полирования стеклоизделий.

Разработана технологическая схема установки переработки абсорбционных растворов и проект установки получения кремнефторидов. Разработана технологическая схема получения фторид-бифторида аммония.

Следует отметить экологический аспект разработки – на полигоны для захоронения уменьшается поступление соединений фтора (в виде CaF_2). Это будет способствовать оздоровлению окружающей среды в районе производства хрусталя.

Разрабатывается технология переработки шлама ванн химического полирования и переводу сульфата свинца в карбонат. Показана возможность получения хрустальных стекол при частичной замене сурика на карбонат свинца. На способ переработки шлама получен патент РБ /1/.

Следует отметить экологический аспект разработки – в отвалы (полигоны или поля фильтрации) не выбрасывается достаточно значительное количество вредных соединений свинца, что будет способствовать оздоровлению окружающей среды в районе производства хрусталя.

Таким образом разрабатываемые нами технологии переработки отходов могут быть применены на стекольных заводах, производящих изделия из хрусталя и на других промышленных предприятиях.

Список использованных источников

1. Третьяк А.Н. Способ регенерации шлама химической полировки свинцового хрусталя/ А.Н.Третьяк, А.С.Горецкий, Г.Н. Пунько, С.А. Горецкий, Д.И. Лойчиц// Патент РБ № 17361 от 30.08.2013 г.

ОКРАСОЧНОЕ ПОКРЫТИЕ ДЛЯ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА НА ОСНОВЕ КРЕМНЕЗЕМСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

А.Г. Губская, Т.В. Воловик, А.П. Гапотченко

Государственное предприятие «Институт НИИСМ», г. Минск

В конце 20-го столетия в строительной отрасли по-настоящему широкое распространение получил силикатный кирпич. Новый виток развития производства силикатного кирпича дало применение различных технологий его окрашивания.

В настоящее время наиболее широкое применение нашли два способа окрашивания силикатного кирпича: объемный – введением в массу определенного количества пигментов и красителей и пропиточный – обработкой в водных растворах минеральных солей до автоклавной обработки. Для объемного окрашивания, которое используется чаще, применяют неорганические пигменты (красители), которые надежно обеспечивают устойчивую окраску – равномерный цвет по всему срезу (объему). Таким образом, небольшие дефекты (сколы) будут бросаться в глаза. Однако, для получения ярко окрашенного кирпича необходим ввод достаточно большого количества пигментов (от 5 % и выше от массы изделия), что отрицательно сказывается как на его физико-механических свойствах, так и на стоимости.

Второй метод – пропиточный, основанный на пропитывании поверхности кирпича-сырца водными растворами минеральных солей до автоклавной обработки. Минусом данного метода является то, что после автоклавной обработки цвет изделия меняется.

Государственным предприятием «Институт НИИСМ» разработан способ поверхностной отделки силикатного кирпича. В качестве основы для получения окрашивающих покрытий использовано натрий или калий силикатное связующее (жидкое стекло), полученное на основе кремнеземсодержащего техногенного отхода кремнегеля – отхода производства фтористого алюминия на ОАО «Гомельский химический завод». Натрий (калий) силикатное связующее получали безварочным способом: без получения силикат-глыбы. Температура синтеза не превышает 100°C. Необходимо отметить, что кремнегель использовали без сушки – при естественной влажности, которая достигает до 70 % по массе. Такая технология позволяет более чем в 10 раз снизить энергозатраты на получение связующего.

Декоративные покрытия должны выполнять основные функции: обеспечивать декоративный эффект; препятствовать проникновению влаги любого агрегатного состояния внутрь материала; не являться сдерживающим фактором для отдачи влаги наружными слоями ограждения в окружающую среду. То есть паропроницаемость покрытия не должна существенно отличаться от паропроницаемости поверхности, на которую оно наносится. Несоблюдение данного положения неизбежно приводит к возникновению дефектов, основным из которых является отслоение покрытия от основания.

При нанесении окрасочного состава на основе натрий (калий)-силикатного связующего на поверхность силикатного кирпича наблюдается его проникновение на 1,0-3,0 мм в тело силикатного кирпича. Цвет окрашенной поверхности силикатного кирпича определяется выбранным для получения окрасочного покрытия пигментом, а интенсивность цвета – количеством пигмента, введенного в покрытие.

Установлено, что для изменения физико-химических свойств поверхности силикатного кирпича в состав окрашивающего покрытия могут вводиться наполнители. Основным требованием к наполнителю является его высокая паропроницаемость, значение которой должно быть выше, чем паропроницаемость самого силикатного кирпича. Именно такими свойствами обладают отходы от производства ячеистого бетона после автоклавной обработки.

Установлено, что разработанные окрашивающие покрытия для поверхностной окраски силикатного кирпича имеют паропроницаемость 75-77 % от паропроницаемости основания (при нормированном значении не менее 70 %).

Морозостойкость силикатного кирпича с данными покрытиями не менее исходного (без нанесения покрытия) и составляет 50 циклов.

Условная светостойкость окрашивающих покрытий, а также прочность сцепления с основанием соответствуют требованиям ТНПА

Фактура окрашенного силикатного кирпича приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Фактура поверхности силикатных материалов

При подборе количества и вида пигментов возможно получение широкой цветовой гаммы изделий.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НОРМ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А.Г. Губская, Т.А. Вашкевич, Н.И. Ушакова
Государственное предприятие «Институт НИИСМ»

Природные источники ионизирующего излучения вносят основной вклад в дозу облучения населения. Средняя эффективная эквивалентная доза, обусловленная природными источниками, составляет около $2/3$ дозы от всех источников ионизирующего излучения, воздействующих в настоящее время на человека.

В большинстве промышленно развитых стран уже сформировалась как правовая, так и методическая база по снижению уровня облучения населения от природных источников. основополагающим документом, определяющим правовые основы решения данной задачи в рамках глобальной проблемы обеспечения радиационной безопасности населения, является Закон Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения».

Необходимо отметить, что проведение ежегодного радиационного контроля продукции для подавляющего большинства предприятий республики, выпускающих строительные материалы и конструкции, не зависимо от форм собственности стало уже реальностью. Данный показатель в обязательном порядке введен в паспорта на готовую продукцию.

В последнее время в мировой практике особое внимание уделяется проблемам ограничения облучения от радона и его дочерних продуктов (ДПР), находящихся в воздухе жилых и других помещений. Известно, что до 50% радиационного фона помещений обусловлено радоном и ДПР. Важность проблемы защиты от радона (уменьшение уровней радона в жилых зданиях и на рабочих местах) привела к внесению изменений в Директивы 2013/59EURATOM с требованием от всех государств-членов Евросоюза наличия национальных «Планов действий» по радону. Большое внимание решению данных вопросов уделяется и в Республике Беларусь.

С геологической точки зрения, радоноопасными участками местности являются места геологических разломов. По литературным данным более 40% территории Белфруси относится к разряду радоноопасных, что связано с неглубоким залеганием генерирующих радон гранитоидов кристаллического фундамента, с широким развитием активных разрывных нарушений, дренирующих глубинные зоны эманирования, а также очагами разгрузки подземных минерализованных вод. Исследованиями геофизической экспедиции ПО «Беларусьгеология» аномально высокие содержания радона в почвенном воздухе надразломных зон установлены на Горецко-Шкловском и других участках Могилевской области. При среднефоновых концентрациях около 1000 Бк/м^3 содержание радона в почвенном воздухе зон активного разлома возрастало до $15000\text{-}25000 \text{ Бк/м}^3$. На территории Минска, например, есть два разлома, проходящие через весь город. Первый – по линии Щемыслица-Уручье проходит при-

мерно через Курасовщину, Минск-Южный, район тракторного завода, Степянку. Второй – параллельно линии Семково – Сосны.

В настоящее время в Республике Беларусь установлены уровни вмешательства, аналогичные для большинства развитых стран: содержание радона в новых жилых и общественных зданиях не должно превышать 100 Бк/м^3 ; необходимость устройства системы защиты от радона на стадии проектирования определяется плотностью потока радона с поверхности грунта земельного участка под строительство, которая не должна превышать $80 \text{ мБк/(м}^2 \cdot \text{с)}$.

На основании исследований, проведенных Государственным предприятием «Институт НИИСМ», разработан технический кодекс установившейся практики ТКП 45-2.03-134-2009 «Порядок обследования и критерии оценки радиационной безопасности зданий и сооружений» с изменениями 2018 г. В данном документе кроме методологических принципов изложены технические решения по проектированию противорадоновой защиты, а также указания по использованию строительных материалов для ее осуществления.

Необходимо отметить, что принятые меры на стадии проектирования зданий по снижению радона всегда будут обходиться намного дешевле, чем любые меры по радонозащите в уже существующем здании и будут способствовать улучшению экологической обстановки в республике.

МОДИФИЦИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ КРЕМНЕЗЕМСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

А.Г. Губская, Т.В. Воловик, А.П. Гапотченко, О.Н. Лебедева
Государственное предприятие «Институт НИИСМ», г. Минск

Современная технология бетона не мыслится без применения добавок специального назначения. Ввод добавок может оказывать влияние на: изменение растворимости составляющих вяжущих веществ и смещение равновесия реакций; химическое взаимодействие с минералами вяжущих с образованием новых трудно растворимых соединений; действие добавок как кристаллических затравок и центров кристаллизации; изменение энергетического состояния поверхности твердой фазы. В последние два десятилетия произошел качественный скачок в технологии и свойствах бетонов, появились новые виды бетонов – высокотехнологичных, высокопрочных, малоусадочных и т.п. Наступил момент, когда на повестку дня вышли и новые классы добавок к бетонам, добавок, затрагивающих более глубокие механизмы структурообразования – нанодобавок или наномодификаторов.

В качестве наномодификаторов могут быть использованы и техногенные кремнеземсодержащие материалы. Наиболее известным из этого ряда является микрокремнезем, образуемый в качестве отхода на заводах по производству ферросилиция. Исследования, проведенные в Государственном предприятии «Институт НИИСМ» показывают возможность использования в качестве кремнеземсодержащих наномодификаторов техногенных отходов, образуемых на предприятиях республики. Объем основных видов кремнеземсодержащих отходов, образующихся в Беларуси, приведен в таблице 1.

Таблица 1- Объем кремнеземистых отходов

Вид отходов	Количество, тыс. т/год
Кремнегель ОАО «Гомельский химический завод»	200
Золы:	
Жодинская ТЭЦ (зола от сжигания древесных отходов)	50
Бобруйская ТЭЦ (зола от сжигания лигнина)	9,6-12
Отсевы дробления РУПП «Гранит»	800

В действительности, объем образуемых отходов значительно больше, так как в нем не учтены объемы зол от сжигания древесных материалов на мини - ТЭЦ. До сих пор эти отходы не используются, поступая в отвал, тем самым отрицательно влияя на окружающую среду.

Активность минеральных добавок, то есть способность связывать гидроксид кальция в присутствии воды при обычных температурах, обусловлена содержанием в них веществ, находящихся в химически активной форме. Естественно, что характер и интенсивность их взаимодействия с известью различны в зависимости от того, каких химически активных веществ больше в той или иной минеральной добавке.

По результатам исследований установлено, что наиболее перспективными видами сырья для получения модифицирующих добавок являются кремнегель – отход производства фтористого алюминия и зола от сжигания лигнина. Использование отсеков дробления неэффективно из-за низкой удельной поверхности. Установлено, что совместное использование кремнегеля с золами позволяет значительно увеличить его активность (рисунок 1). Одновременно с процессом активации диоксида кремния происходит нейтрализация фторидов, содержащихся в кремнегеле.

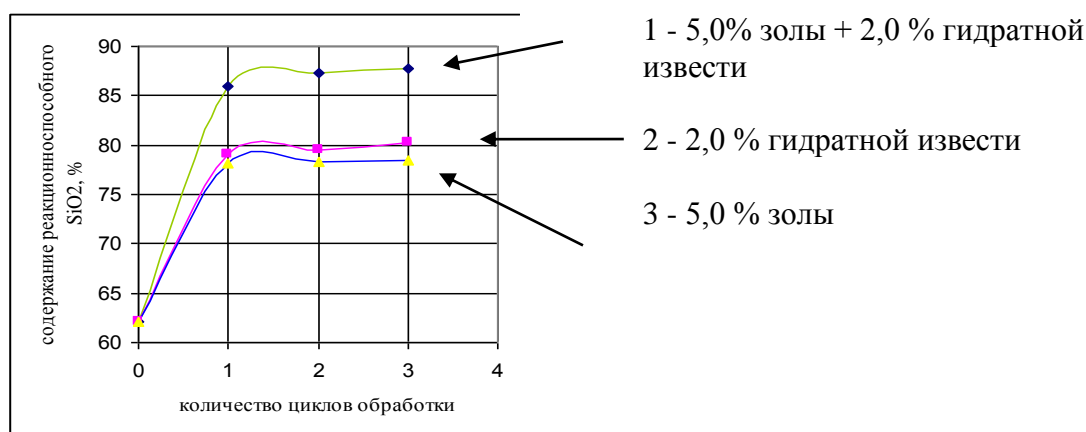


Рисунок 1 – Изменение содержания реакционноспособного SiO₂

Экспериментально установлено, что ввод в состав бетона модифицирующей добавки на основе техногенных отходов (кремнегеля, нейтрализованного гидратной известью и золой от сжигания лигнина) ускоряется набор прочности во все сроки твердения: от 3 до 28 суток. Однако в ранние сроки твердения (3-7 сут.) этот рост прочности составляет 20-25 %, а к 28 суткам он замедляется до 5-10 %, оставаясь выше контрольных образцов без добавок.

Увеличивать эффективность влияния модифицирующей добавки на основе кремнеземистых техногенных отходов можно при вводе в ее состав пластификатора, например, С-3 в количестве 2,5-5,0 %. Оптимальное количество модифицирующей добавки составляет 2,0-2,5 %. Ввод модифицирующей добавки в состав строительных растворов оказывает аналогичное действие на рост их прочности.

ЗАМЕНА СУРИКА НА СВИНЕЦСОДЕРЖАЩИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ВАРКИ ХРУСТАЛЬНЫХ СТЕКОЛ

А.Н. Третьяк, И.А. Чернова

*Государственное предприятие «Институт НИИСМ», г. Минск
e-mail: a.tretyak24@gmail.com*

Одним из основных путей уменьшения затрат на производство изделий из хрусталя является разработка и внедрение новых эффективных технологий переработки образующихся отходов с возвратом полученных продуктов в производственный цикл.

Для проведения исследований по замене сурика на свинецсодержащий материал для варки хрустальных стекол использовался шлам ванн химического полирования ПРУП «Борисовский хрустальный завод». Шлам предварительно промывался и обрабатывался серной кислотой. Далее раствор декантировали, а осадок промывали водой и сушили. На способ регенерации шлама химической полировки хрусталя получен патент РБ № 17361.

Рентгенофазовый и спектральный анализ осадка показали, что полученный осадок имеет следующий состав: 85 % $PbSO_4$; 12 % $Pb_5O_4SO_4$ и 3 % следующих соединений свинца - PbO_2 , PbF_2

В производстве хрусталя желательное использование карбоната свинца, т.к. сульфат-анион вызывает ухудшение колера стекол. Карбонизация сульфата свинца проводилась раствором карбоната натрия.

В результате был получен свинецсодержащий материал (СМ), состоящий, согласно данным рентгенофазового анализа, из $PbCO_3$, $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$, $Pb(OH)_2$, $2PbCO_3 \cdot NaOH$.

С целью использования указанного материала в качестве сырья при варке хрустальных стекол была изучена возможность частичной замены свинцового сурика на СМ и изучено влияние различных факторов на качество стекла.

Шлам химической полировки промывается водопроводной водой, содержащей соединения железа. Необходимо было изучить влияние оксида железа на основные свойства хрусталя.

Результаты химического и рентгенофазового анализов показали, что в полученном СМ содержится около 2 % фтора. Присутствие фтора в составе шихты оказывает как положительное влияние на варку стекла (является ускорителем варки, что уменьшает расход газа) так и отрицательное - может привести к т.н. «глушению» хрусталя.

С целью изучения влияния на колер хрустального стекла оксида железа и фторидов, были наработаны три вида экспериментально-опытных партий СМ: СМ, полученный из шлама, промытого дистиллированной водой; СМ, полученный из шлама, промытого водопроводной водой и СМ, полученный из шлама, обработанного серной кислотой.

Для подтверждения возможности использования СМ в производстве хрусталя взамен свинцового сурика была проведена в лабораторных условиях

опытная варка хрусталя. За основу был взят рецепт шихты для варки хрусталя ПРУП «Борисовский хрустальный завод» Варку стекол проводили в газовой лабораторной печи при температуре 1450 °С в фарфоровых тиглях емкостью 250 мл в окислительных условиях.

Сравнительный визуальный анализ стекла показал, что независимо от количества введенного СМ вплоть до 15 % взамен свинцового сурика, все составы имели одинаковую прозрачность и колер стекла. Это говорит о том, что небольшое количество фтора, содержащегося в продукте регенерации без обработки серной кислотой, не оказывает отрицательного влияния на прозрачность и колер стекла. Помутнения или глушения стекла не наблюдается.

Оксид железа, который содержится в продукте регенерации после промывки водопроводной водой, также не изменяет колер стекла, оттенков фиолетового, сине-зеленого или зеленого цветов тоже не наблюдается.

Одним из ценных свойств хрустальных стекол является их высокое светопреломление для лучей различных длин волн, что характеризуется более высокими значениями показателя преломления в сравнении с бессвинцовыми стеклами.

Определение показателя преломления стекла производили в лаборатории ПРУП «Борисовский хрустальный завод» с помощью рефрактометра Пульфриха типа ИРФ-23.

Замена свинцового сурика на СМ не оказывает влияния на показатель преломления. Показатель преломления стекол, сваренных в лабораторных условиях, несколько ниже показателя преломления стекла, сваренного в производственных условиях, т.к. стекла были сварены без осветлителей и за более короткое время.

Лучшей характеристикой обесцвечивания стекла являются его спектральные кривые пропускания, поглощения и оптической плотности. Измерение коэффициента светопропускания проводили на спектрофотометре МС 121 в диапазоне длин волн 380-780 нм. Для измерения светопропускания и оптической плотности брали кусочки стекла толщиной 10 мм с полированными параллельно расположенными гранями.

В результате проведенных исследований установлено, что свинецсодержащий материал, полученный из шлама химической полировки без обработки серной кислотой, может быть использован в качестве сырьевого материала для замены 15 % дорогостоящего свинцового сурика при варке хрустальных стекол без снижения основных физико-химических показателей.

ПОЛУЧЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПО ШЛИКЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Е.М. Дятлова, Р.Ю. Попов, Е.О. Богдан, Е.Н. Макушенко
УО «Белорусский государственный технологический университет»
e-mail: Bohdan_Ekaterina@mail.ru

Современные теплоизоляционные материалы, характеризующиеся невысокой теплопроводностью и значительной пористостью, широко используются для тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий, технологического оборудования и различных теплотехнических установок (сушилок, печей, холодильных камер и т.д.). Их применение обеспечивает достижение высоких технико-экономических показателей и способствует существенному снижению расхода основных строительных материалов и, что более важно, топливно-энергетических ресурсов. Например, применение теплоизоляционных материалов для футеровки тепловых агрегатов позволяет уменьшить потери тепла в окружающую среду от 20 до 70%, при этом обеспечивается снижение перепада температур в печах, уменьшение толщины ограждающих конструкций, существенно ускоряется процесс обжига.

В керамической технологии традиционно применяют несколько методов поризации структуры: введение выгорающих добавок, использование пенообразования или химического газообразования. Анализ литературных данных показывает, что применение шликерной технологии с использованием пенообразователей позволяет получать материалы, характеризующиеся высокой пористостью (до 85%), равномерной ячеистой структурой, и как следствие обладающие высокими теплоизоляционными свойствами.

В качестве пенообразователей традиционно применяют поверхностно-активные продукты нефтепереработки и нефтехимического синтеза, а также природные органические вещества (например, канифольное мыло, сапонин), способные образовывать устойчивые пены. В принципе эту функцию могут выполнять пенообразователи, используемые для получения пены при тушении пожаров. Согласно данным Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций, ежегодно в Республике Беларусь образуется порядка 70–100 т пенообразователей с истекшим сроком годности, у которых показатели качества не соответствуют требованиям ТНПА.

Для создания ячеистой структуры использовался пенообразователь «Барьер-пленкообразующий», применяющийся для получения пены при тушении пожаров, с истекшим сроком годности. Первая серия составов разрабатывалась на основе следующих компонентов: глина «Керамик-Веско» в количестве 10 мас.%, шамот алюмосиликатный 60–80 мас.% и обогащенный каолин «Дедовка» 10–30 мас.%. Составы второй серии получали на основе местного тугоплавкого глинистого сырья месторождений «Городок» или «Городное» с введением отошающих добавок. Содержание глины варьировалось в пределах 30–60 мас.%. Коли-

чество вводимого отощителя (дегидратированная глина «Городное» и алюмосиликатный шамот) составляло 40–70 мас. %.

Также проводились исследования возможности получения керамических теплоизоляционных материалов на основе легкоплавкого глинистого сырья РБ. Третья серия составов разрабатывалась на основе легкоплавкой глины «Заполье» и отходов керамзитового производства, содержание которых варьировали в пределах 40–80 мас. % и 20–60 мас. % соответственно.

В качестве крепителей пеномассы в составах всех серий использовались портландцемент М400 и гипсовое вяжущее марки Г-5 в количестве 10–20 мас. % (сверх 100%).

Проведенные исследования показали целесообразность применения глинистого сырья Беларуси для получения теплоизоляционных материалов. Образцы, полученные на основе оптимальных составов, обладали следующими показателями свойств: водопоглощение – 65–70%, открытая пористость – 60–80%, механическая прочность при сжатии – 0,6–2,7 МПа, теплопроводность – 0,22–0,36 Вт/(м·К).

Фазовый состав полученных теплоизоляционных материалов представлен муллитом ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), кварцем ($\alpha\text{-SiO}_2$) и кристобалитом (SiO_2). Исследование структуры полученных материалов с помощью оптической и электронной микроскопии позволило установить, что требуемые показатели пористости обеспечиваются равномерно распределенными по объему материала порами, характеризующимися изометричной формой и размером от 5 до 1000 мкм.

Подобраны технологические параметры и разработана технологическая схема получения керамических материалов с ячеистой структурой на основе тугоплавкого глинистого сырья Республики Беларусь. Разработанная технология предусматривает подготовку сырьевых материалов, приготовление шликера, его смешение с пенообразователем, введение крепителей и стабилизаторов и других добавок в суспензию. Полуфабрикаты изделий получают методом литья приготовленной суспензии в разборные металлические формы. Схватывание раствора происходит в течение 30–50 мин. Полуфабрикат подвигивается в естественных условиях до относительной влажности 13–17 мас. %, затем направляется на сушку, продолжительность которой составляет 60–75 ч при температуре воздуха 30–40°C. Влажность полуфабриката после сушки составляет 1,5–2 %. Далее изделия извлекаются из формы и направляются на обжиг в электрической печи при температурах $(1150\text{--}1250) \pm 20^\circ\text{C}$ в зависимости от химико-минералогического состава массы. Выдержка при максимальной температуре составляет 1,5 ч.

Проведенные исследования показали целесообразность применения легкоплавкого, тугоплавкого и огнеупорного глинистого сырья Беларуси, а также отходов пенообразователей для получения ячеистых теплоизоляционных керамических материалов, что позволит расширить сырьевую базу керамической отрасли, а также ассортимент выпускаемой продукции, решить проблему утилизации пенообразователей для пожаротушения.

ПОЛУЧЕНИЕ АНГИДРИТОВОГО ВЯЖУЩЕГО МАЛОЭНЕРГОЕМКИМ СПОСОБОМ

М.А. Комаров, М.И. Кузьменков, Д.М. Кузьменков

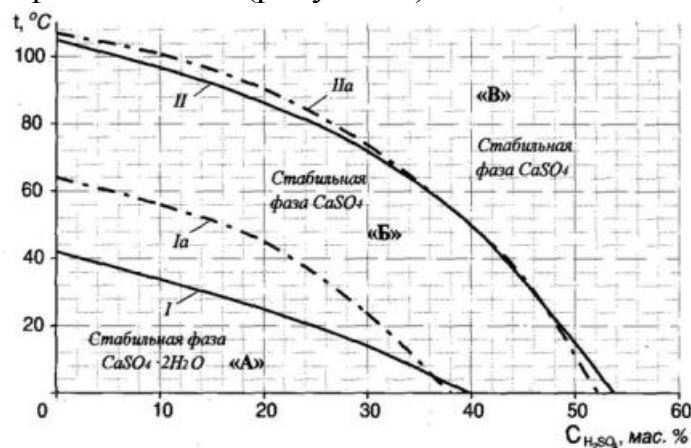
УО «Белорусский государственный технологический университет»

Синтетическое ангидритовое вяжущее и изделия на его основе являются малоэнергоемкими перспективными строительными материалами.

При высоких потребительских свойствах (безупречная гигиеничность, огнестойкость, биостойкость, регулятор влажности в жилых помещениях) они имеют не высокую стоимость по сравнению с другими строительными материалами.

Наличие в Беларуси достаточного количества серной кислоты включая и отработанную повторно не использующуюся в технологическом цикле на ОАО «СветлогорскХимволокно» и ОАО «Полоцк-стекловолокно», а также дешевого карбонатного сырья (такого как: мел, доломит, известняк) дает возможность получения на их основе синтетического ангидрита. Который может служить в качестве основного компонента в составе гипсовой самонивелирующей смеси так и в качестве компонента в сухих строительных смесях различного назначения.

Теоретической основой осуществления кристаллизации ангидрита из серноокислотных растворов является диаграмма равновесных взаимопревращений различных фаз сульфата кальция (рисунок 1).



I и Ia – кривые равновесных переходов $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \gamma\text{-CaSO}_4$; II и IIa – кривые равновесных метастабильных переходов $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$

Рисунок 1 – Диаграмма равновесных взаимопереходов стабильных и метастабильных фаз сульфата кальция в растворах H_2SO_4 при разной температуре [1]

Самой распространенной технологией получения ангидритового вяжущего является термическая технология, а именно обжиг щебня природного гипса во вращающихся печах при температуре 750-1000 °С. Отличительной особенностью данной технологии является химический метод получения ангидрита, ко-

торый характеризуется малыми энергетическими затратами по сравнению с термическим способом получения.

Технология получения синтетического ангидрита состоит из следующих основных стадий:

1. Получение синтетического ангидрита в системе $\text{CaCO}_3\text{--H}_2\text{SO}_4\text{--H}_2\text{O}$;
2. Нейтрализация избыточной серной кислоты карбонатом кальция;
2. Выделение синтетического сульфата кальция из реакционной среды;
3. Сушка синтетического ангидрита;
4. Помол и фракционирование синтетического ангидрита;
5. Упаковка и отправка потребителю.

Основной стадией технологического цикла оказывающей основной вклад на выход основного компонента является процесс кристаллизации. В ходе проведенных исследований были установлены основные параметры процесса кристаллизации – температура и время выдержки в реакторе.

Для установления зависимости выхода ангидрита от параметров кристаллизации проводили термовесовой анализ:

Таблица 1 – Зависимость выхода основного компонента от параметров процесса кристаллизации

№ п/п	Условия процесса кристаллизации	Потери массы, мас. %	Содержание основного компонента, мас. %
1	2 часа при 100 °С	13,66	34,75
2	2 часа при 120 °С	10,35	50,54
3	3 часа при 120 °С	8,15	61,04
4	3 часа при 150 °С	4,11	80,35

Полученные данные свидетельствуют о том, что технология получения ангидритового вяжущего малоэнергоемким способом возможна с выходом не менее 80 мас. % основного компонента, что тем самым позволяет ее считать более перспективной по сравнению с традиционными термическими технологиями, за счет меньших энергетических затрат на синтез ангидритового вяжущего.

Список использованных источников

1. Гриневич А. В. и др. Получение синтетического ангидрита сульфата кальция из концентрированной серной кислоты и молотого известняка // Строительные материалы. – 2013. – №. 11. – С. 16-19.

БЕЗОБЖИГОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНОГО ОГНЕУПОРА

Д.М. Кузьменков, Н.М. Шалухо, Е.В. Лукаш

УО «Белорусский государственный технологический университет»

e-mail: kuzmenkov.bgtu@mail.ru

Основными потребителями огнеупорных материалов в Республике Беларусь являются заводы по производству строительных материалов, металлургические, а также машиностроительные предприятия. В настоящее время различного рода огнеупорные материалы, используемые в тепловых агрегатах, после демонтажа не перерабатываются для повторного использования и не утилизируются, а складываются. Поэтому основной целью настоящей работы явилась разработка составов огнеупорных материалов с использованием техногенных продуктов. Наиболее востребованными и перспективными связующими для получения таких материалов могут быть фосфатные связки, представляющие собой, как ортофосфорную и олигофосфорные кислоты, так и фосфатные связки: алюмофосфатная, алюмохромфосфатная, магнийфосфатная, полифосфат натрия и др. Преимуществом таких связок является придание композиционным материалам высокой термостойкости, что является очень востребованным для многих тепловых агрегатов, работающих в жёстком режиме термоциклирования.

В качестве фосфатной связки была взята ортофосфорная кислота, а заполнителем и отвердителем бой периклазохромитового и хромито-периклазового огнеупора. Предварительно его дробили, подвергали помолу, классифицировали на фракции и составляли сырьевые смеси с различным содержанием и концентрацией кислоты. Размер частиц дробленого огнеупорного лома лежал в широком диапазоне 0,08–4,0 мм. Такая гранулометрия должна обеспечить хорошую плотность упаковки прессованных изделий. Полученные смеси формовались путём прессования под давлением 30 МПа. Отличительной особенностью разработанных составов является быстрый набор прочности при комнатной температуре, т.е. технология получения является безобжиговой, что позволяет сэкономить на затратах для термообработки. Наилучший состав имел следующие характеристики: прочность на сжатие в возрасте 2-х суток – 49,5 МПа, прочность на сжатие после 4-х часов обжига при $t = 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 27,3 МПа, термостойкость (850 $^{\circ}\text{C}$ – вода) > 8 циклов, плотность – 2800 кг/м³, линейная усадка / расширение – < 0,5 %, ППП – 4%.

Полученные результаты использованы при изготовлении экспериментальной партии изделий на ЧПУП «БелХимос» (г. Лепель). При применении такого кирпича в печных агрегатах следует учитывать изменение его свойств в зависимости от температуры службы в печи. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о возможности и целесообразности переработки отработанных огнеупоров на новые изделия с использованием фосфатной связки.

МАЛОЭНЕРГОЕМКИЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКИХ СТЕКОЛ

*Н.М. Шалухо¹, М.И. Кузьменков¹, Е.В. Лукаш¹, Д.М. Кузьменков¹,
А.А. Кабанович¹, Ю.В. Велюго²*

¹*УО «Белорусский государственный технологический университет»*

²*ЧПУП «БелХимос»*

e-mail: shalukho@belstu.by

Жидкие стекла являются одними из наиболее распространенных видов связующих в строительном производстве, бумажной промышленности, машиностроении и др. Широкое применение их обусловлено высоким уровнем вяжущих свойств, обеспечивающих необходимые технические характеристики композиционным материалам, небольшим расходом этого связующего, доступностью сырья, нетоксичностью и негорючестью, химической и атмосферной устойчивостью. В то же время производство жидкого стекла является достаточно энергоемким, по сравнению с другими видами связок [1].

С точки зрения энергоэффективности, наибольший интерес и актуальность представляет получение жидких стекол безавтоклавным способом. Известны способы получения низкомодульных жидких стекол путем растворения в воде силиката щелочного металла с последующим добавлением в полученный раствор гидроксида натрия в виде водного раствора [2]. Однако использование каустической соды является дорогостоящим.

Целью настоящего исследования явилось получение низкомодульных жидких стекол безавтоклавным способом путем растворения силикат-глыбы в воде.

Преимуществами низкомодульного жидкого стекла, по сравнению с высоко- и среднемодульным является то, что оно не склонно к коагуляции в соленосыщенных растворах и не образует осадка на теплопередающих поверхностях, поэтому находит в последнее время применение в производстве современных теплоизоляционных строительных материалов в качестве связующего.

В качестве сырьевых материалов использовали кварцевый песок для стекольной промышленности с содержанием SiO_2 не менее 96% и кальцинированную соду. Из приготовленной шихты необходимой консистенции получали гранулы диаметром 1 см, которые затем подвергали обжигу в электрической печи при температурах 860–880 °С со скоростью нагрева 5 °С/мин и выдержке при максимальной температуре в течении 10–60 мин. Продукты обжига измельчали и подвергали растворению на водяной бане при $T = 85$ °С и непрерывном перемешивании. Водотвердое отношение составляло 2:1; 2,5:1; 3:1.

Качество полученных гранул после обжига оценивали по степени спекания, сыпучести и одновременно прочности. После растворения проверяли силикатный модуль, в сравнении с расчетным, плотность раствора и наличие нерастворимого осадка.

Установлено, что снижение температуры обжига с 880 до 860 °С обеспечивает необходимый фазовый состав и спекание гранул сырьевой смеси при вы-

держке при максимальной температуре 60 мин. Время растворения гранул снижалось с 40 до 20 мин с повышением времени выдержки при обжиге с 40 до 60 мин соответственно. Оптимальным водотвердым отношением явилось 3:1.

Полученные значения силикатного модуля для всех составов соответствовали заданным (расчетным). Плотность растворов жидких стекол находилась в пределах 1,20–1,32 г/см³.

Технологический процесс получения низкомодульного жидкого стекла малоэнергоемким способом предполагает следующие стадии: прием и складирование исходных материалов; дозирование и смешение компонентов шихты; подача шихты в бункера-накопители; подача шихты на грануляцию; подача шихты в шахтную печь; растворение силикат-глыбы и отгрузка [3].

Таким образом, вышеизложенный способ получения жидкого стекла может позволить решить многие проблемы, связанные с его производством, а именно уменьшить затраты на топливно-энергетические ресурсы, а за счет уменьшения температуры плавления силикат-глыбы с 1300 до 860°C, можно уменьшить затраты на природный газ, а также использовать печи другого типа (например, вращающуюся печь), что позволит сэкономить на дорогостоящих огнеупорах, которые используются в стекловаренных печах.

Список использованных источников

1. Корнеев, В.И. Расворимое и жидкое стекло / В.И. Корнеев, В.В. Данилов. – СПб: Стройиздат, 1996. – 216 с.
2. Способ получения низкомодульного жидкого стекла: пат. 1013404 Российской Федерации, С 01 В33/32 / С.А. Виденин, Н.Г. Дьяконов, П.А. Михалев, Л.П. Мирсанова; заявитель Виденин Н.Г.; заявл. 31.07.78; опубл. 23.04.83 // Изобретения. – 1983.
3. Шалухо, Н.М. Получение жидких стекол низкотемпературным способом / Н.М. Шалухо, М.И. Кузьменков, Ю.В. Велюго // Химическая технология и техника: материалы 83-й науч.-техн. конф. проф.-препод. состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 4-14 февраля 2019 г. [Электронный ресурс] / отв. за изд. И.В. войтов; УО БГТУ. – Минск: БГТУ, 2019. – С. 32–33.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАНИТНЫХ ОТСЕВОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СЕРНОГО БЕТОНА

*Т.В. Булай¹, М.И. Кузьменков², Н.М. Шалухо², Д.М. Кузьменков²,
Я.А. Бобровская²*

¹*УО «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы»*
²*УО «Белорусский государственный технологический университет»*
e-mail: troman@grsu.by, shalukho@belstu.by

Серный бетон – это композиционный современный материал, основу которого составляют инертные заполнители и наполнители, выполняющие функцию структурного каркаса, и вяжущее – сера или серосодержащие отходы [1–2]. Серный бетон образуется из нагретых и расплавленных при температуре выше + 140 °С гранул модифицированной серы, которую потом смешивают с наполнителями, применяемыми для портландцемента: гравий, песок, шлаки, щебень и т. д. При этом наполнители также нагревают до такой же температуры, чтобы при смешивании гранулы серы не остыли. Для того чтобы улучшить физико-механические свойства серного бетона в его состав вводят различного рода модифицирующие добавки [3–4].

Одной из задач являлось исследование влияния отхода на физико-механические свойства бетонов на серном вяжущем. В качестве отхода использовались отсеvy из гранитного щебня РУПП «Гранит» (г. Микашевичи) разного фракционного состава.

Технология получения серного бетона заключается в следующем: из рассчитанных количеств серы, песка и гранитных отсеvов приготавливали сухую смесь и нагревали до 140 °С. Затем полученную расплавленную массу заливали в предварительно нагретую форму. Образцы выдерживали до полного охлаждения при комнатной температуре и в дальнейшем подвергали испытаниям на прочность (таблица).

Таблица – Зависимость прочности образцов на сжатие от состава исходной смеси

Компоненты	Состав смеси С : (П + Гр)	Состав смеси С : П : Гр	R, МПа (1 сут)	R, МПа (7 сут)
1	2	3	4	5
Сера (С) + песок (П) + гранитные отсеvy (Гр) крупностью 5 мм и менее	70:30	70:10:20	8,5	9,5
		70:20:10	9,5	10,2
	60:40	60:20:20	11,3	11,25
		60:30:10	26,3	26,5
		60:10:30	8,9	14,8
	50:50	50:25:25	13,9	21,5
		50:40:10	11,4	25,2
		50:30:20	8,7	25,8

1	2	3	4	5
		50:20:30	9,4	9,9
		50:10:40	7,85	13,1
	40:60	40:30:30	9,45	12,1
		40:50:10	6,4	12,1
		40:40:20	8,7	20,8
		40:20:40	10,6	19,2
		40:10:50	5,8	22,7

Как видно из полученных данных, наибольшими показателями прочности обладали образцы композиционного серосодержащего материала следующих составов (сера : песок : гранитные отсеvy): 50:25:25; 50:40:10; 50:30:20. Прочность на сжатие составила в 1 сут 8,7–13,9 МПа и в 7 сут 21,5–25,8 МПа. Достаточно высокие значения получены у образцов, приготовленных в соотношениях 40:40:20; 40:20:40 и 40:10:50, которые составили от 5,8 до 22,7 МПа в зависимости от времени твердения. Водопоглощение образцов оценивалось по потерям массы в различные сутки твердения. Наименьшим водопоглощением характеризовались образцы следующих составов: сера: песок : гранитные отсеvy: 40:40:20; 40:20:40; 40:10:50. Величина водопоглощения для данных образцов составляла 0,2–0,3%. Следует отметить, что полученные показатели прочности и водопоглощения образцов серного бетона выше, по сравнению с традиционными бетонами на портландцементном вяжущем.

Исследования показали, что использование гранитных отсеvов в качестве наполнителя при производстве серных бетонов позволяет осуществлять частичную замену песка и в совокупности с их доступностью и невысокой стоимостью является целесообразным.

Список использованных источников

1. Михалков, А.С., Кузьменков, М.И., Булай, Т.В., Шалухо, Н.М. Переработка серного шлама / 18 апреля 2018 г., Ярославль: сб. материалов конф. В 3 ч. Ч. 1 [Электронный ресурс]. – Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. – С. 121–122.
2. Базарбаева С.М. Использование промышленных отходов при производстве серного бетона / С.М. Базарбаева // Вестник Башкирского университета. – 2008. – Т. 13. – № 3. – С. 504–505.
3. Булай, Т.В. Модифицирование серы и получение на ее основе серного бетона / Т.В. Булай, Н.М. Шалухо, М.И. Кузьменков // Международная научно-техн. конф. «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии», 26–27 апреля 2018 г., Могилев: сб. материалов конф. [Электронный ресурс]. – Могилев : Белорусско-Российский университет, 2018. – С. 272–273.
4. Способы утилизации серноокислотного отхода – кека серного / Н.В. Галузий // Сборник материалов VIII Всерос., научно-практич. конф. с международ. участием «Россия молодая» 19-22 апр. 2016 г., Кемерово [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВО «Кузбас. Гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачёва; редкол.: О.В. Тайлаков и [и др.]. – Кемерово, 2016. – С. 152–157.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЛИНКЕРНОГО КИРПИЧА

И.А. Левицкий, О.Н. Хоружик, Е.А. Костик

*УО «Белорусский государственный технологический университет»
e-mail: levitskii@belstu.by*

Целью исследований является синтез плотносспекшихся керамических масс для получения клинкерного кирпича на основе поликомпонентной сырьевой смеси, включающей глинистую составляющую, представленную сырьем различного химико-минерального состава, и гранитоидных отсеков – отходов камнедробления.

Согласно СТБ 1787–2007 клинкерный кирпич подразделяется на два класса. Кирпич класса А – полнотелый, используется при кладке фундаментов, для кладки и облицовки стен, в гидротехнических сооружениях, для тротуаров и отмосток. Кирпич класса Б подразделяется на полнотелый и пустотелый, применяется для кладки и облицовки стен зданий и сооружений.

В качестве сырьевых материалов использовалось сырье Республики Беларусь. Глинистой составляющей являлась тугоплавкая глина месторождения «Городное» Брестской области и суглинки месторождения «Фаниполь» Минской области, а также добавка импортируемой из России глины месторождения «Большая Карповка» марки БК-0.

В состав масс вводились также гранитоидные отсеки, образующиеся на РУП «Гранит» (Брестская область). В исследовании использовались мелкозернистые гранитоидные отсеки фракцией менее 1,0 мм.

Исследованная система компонентов включала, мас. %: глину месторождения «Городное» в количестве 5–20; суглинок месторождения «Фаниполь» – 40–55; гранитоидные отсеки указанной выше фракции – 20–40. Шаг варьирования компонентов составил 5 %. Глина марки БК-0 входила во все составы в количестве 10 % для улучшения сушильных свойств образцов и повышения их степени спекания.

Все сырьевые составляющие предварительно высушивались до влажности не более 1 % и измельчали до прохождения через сито № 1 (51 отв./см²). Увлажненную до 17–19 % формовочную массу подвергали вылеживанию в течение 7 суток, а затем после тщательного промина, формовали образцы для проведения исследований. Сушку образцов вели в сушильном шкафу при температуре 105–110 °С в течение 6 ч. Обжиг производили с выдержкой при максимальной температуре 1120±5 °С в течение 2 ч. Общая продолжительность термообработки 24 ч.

Обожженные образцы имели равномерную окраску от коричнево-оранжевого до шоколадно-коричневого цвета, которая обусловлена присутствием в массах оксидов железа. Признаки деформации и других дефектов образцов отсутствовали.

Исследования физико-химических свойств образцов проводили по требованиям СТБ 1787–2007 «Кирпич керамический клинкерный. Технические условия». Термический анализ исследованных шихт выполняли на приборе DSC 404 F3 Regasus фирмы NETZSCH (Германия) в интервале температур 25–1200 °С в нейтральной среде.

Фазовый состав образцов проводили на установке D8 ADVANCE Bruker (Германия). Структуру керамических образцов исследовали с помощью сканирующего микроскопа JSM–5610 (Япония). Результаты исследования физико-химических свойств керамических образцов приведены в таблице.

Таблица – Показатели физико-химических свойств обожженных керамических образцов

Наименование показателей	Значения физико-химических свойств
Усадка общая, %	6,0–7,5
Водопоглощение, %	3,6–7,4
Механическая прочность, МПа: при сжатии при изгибе	49,7–90,5 6,4–12,0
Морозостойкость, циклы	150–175
Плотность, кг/м ³	(2,12–2,2) · 10 ³
Открытая пористость, %	4,8–16,5
Истираемость, г/см ²	0,2–0,5
Удельная эффективность естественных радионуклидов, Бк/кг	170–203

Рентгенофазовым анализом установлено наличие кристаллических фаз муллита, анортита и α -кварца. Развитое поле гало на рентгенограммах образцов указывает на образование значительного количества стекловидной фазы. В процессе обжига обеспечивается образование муллита, количество которого прямо пропорционально увеличению прочностных характеристик образцов. Соединения кремнезема, оксидов щелочных и щелочноземельных металлов образуют стекловидную фазу, которая оказывает цементирующее действие между частицами и позволяет формировать прочный каркас.

Расчетами химического состава установлено, что область оптимальных составов масс отвечает следующему содержанию оксидов, %: SiO₂ – 63,1–67,8; Al₂O₃ – 15,2–17,8; сумма оксидов щелочных и щелочноземельных металлов (K₂O + Na₂O + CaO + MgO) – 5,5–6,5 и сумма TiO₂ + Fe₂O₃ – 5,2–7,1. Указанные соотношения оксидов обеспечивают формирование плотносспекшейся структуры клинкерного кирпича, отвечающим классам А и Б.

АНГОБЫ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ТЫЛЬНОЙ СТОРОНЫ КЕРАМОГРАНИТА

И.А. Левицкий, И.И. Жукова, С.Е. Моложавцев

УО «Белорусский государственный технологический университет»

e-mail: levitskii@belstu.by

Нанесение ангобы на тыльной (рельефной) стороне плиток необходимо главным образом для защиты керамических роликов, применяемых в конвейерных печах обжига плиток, и продления срока их эксплуатации.

Пыль от керамической основы и глазури попадают на ролики с тыльной стороны и боков плиток, спекаются на них. В течении длительной эксплуатации происходит расплавление составляющей, плотное прилипание к роликам за счёт остекловывания. Данные образования вызывают дальнейшее налипание материала масс и глазурей.

Операция по механической очистке роликов более или менее эффективно, но требует извлечение роликов, что часто приводит к их разрушению вследствие термического удара.

Синтез ангобных суспензий осуществляли с использованием в качестве основного компонента – гипсовых форм, отработанных в производстве санитарных керамических изделий. Их усредненный химический состав включает, мас. %: CaO – 37,37; SiO₂ – 0,80; Al₂O₃ – 0,25; Fe₂O₃ – 0,17; K₂O – 0,07; SrO – 0,17; SO₃ – 44,82; ППП – 16,35. В составе ангобных суспензий использовались также глинозем марки NO–105 (Германия) и глина «Веско–Гранитик» (Украина).

Разработанные ангобные суспензии предназначены для нанесения на плитки типа «грес», обжигаемые при 1200±5 °С.

Для обеспечения требуемых реологических характеристик и улучшения адгезии ангобного слоя к керамическому граниту в качестве электролита применяли триполифосфат натрия и карбоксилметилцеллюлоза, вводимые в количестве по 0,4–0,5 % сверх 100 % составляющих ангоба.

Помол составляющих суспензии велся мокрым способом при влажности 48–50 % в микрошаровой мельнице типа «Speedy» (Италия) до остатка на сите № 0063 в количестве 1,2–1,5 мас. % сырья.

Рабочая плотность ангобной суспензии при нанесении на тыльную сторону плиток составляла 1240–1300 кг/м³.

Ангобная суспензия наносилась перед загрузкой плиток в печь толщиной слоя 0,1–0,2 мм.

Исследование физико-химических свойств ангобных покрытий проводилось в соответствии с ГОСТ 27180 «Плитки керамические. Методы испытаний» и общепринятым методикам керамического производства.

Ангобные покрытия характеризуются хорошей сцепляемостью с керамической основой, обеспечивают качественное покрытие на монтажной стороне плиток, отсутствует осыпание и пыление, достаточно декоративны.

Физико-химические и технологические характеристики ангобных покрытий приведены в таблице.

Таблица – Физико-химические и технологические свойства ангобных покрытий

Наименование свойств	Значения показателей
Цвет обожженного покрытия	Серовато-белый
Характер покрытия	Равномерное матовое с гладкой поверхностью, плотной структуры
Водопоглощение ангоба в монолите, %	4,1–5,5
Усадка общая, %	5,6–6,2
ТКЛР в интервале температур 20–600 °С, $\alpha \cdot 10^6 \text{ К}^{-1}$	5,6–7,1
Износостойкость, степень	4
Истираемость по кварцевому песку, г/см ²	0,12–0,16
Кажущаяся плотность, кг/м ³	$(2,30–2,39) \cdot 10^3$
Истинная пористость, %	12,3–15,1

Рентгенофазовым анализом, проведенным на установке D8 ADVANCE Bruker (Германия), установлено наличие ангидрита $\alpha\text{-CaSO}_4$ и небольших количеств анортита $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$.

Электронно-микроскопическим исследованием с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM–5610 LV (Япония) установлено, что структура ангобного слоя представлена крупными, хаотично расположенными кристаллами ангидрита преимущественно призматического габитуса, размеры которых весьма различны и находятся в пределах от 0,5 до 10,0 мкм по длинной стороне и от 0,1 до 3,0 мкм – по короткой. Изометрические зерна диагностируются в виде единичных образований. Имеются округлые, преимущественно закрытые поры диаметром от 1,0 до 3,5 мкм, рассредоточенные равномерно по слою покрытия.

Для установления экологической безопасности процессов, происходящих в ангобных суспензиях при обжиге, проведены их исследования методом дифференциально-термического анализа. Установлено, что значительные потери массы образцов фиксируются при 155 °С – дегидратация гипса до полугидрата с образованием растворимого $\gamma\text{-CaSO}_4$. Незначительные потери массы отмечаются при удалении структурной воды из глинистых составляющих (около 495 °С – для монтмориллонита и 648 °С – для каолинита), перестройкой их структуры при 930 °С. Иных потерь массы не зафиксировано.

Проведенные исследования позволили установить возможность получения качественного ангобного покрытия для тыльной стороны керамогранита на основе гипсовых форм, образующихся при литье санитарных керамических изделий.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ И МАШИНОСТРОЕНИИ

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ СЛОЕВ СКАНИРУЮЩИМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

О.Г. Девойно, В.В. Шиянок

Белорусский национальный технический университет

e-mail: shijanok95@mail.ru

Современное производство, в частности машиностроение, нуждается в деталях и изделиях с повышенными эксплуатационными характеристиками. Изготовление таких изделий традиционными методами зачастую вызывает значительные трудности из-за высокой стоимости процесса обработки. Решение этой проблемы может быть найдено путём разработки принципиально новых технологических процессов упрочняющей обработки материалов, основанных на использовании последних достижений науки и техники. К таким процессам относится лазерная поверхностная закалка, позволяющая существенно поднять ресурс службы инструментов и деталей, изготовленных из различных сталей. Скоростной локальный нагрев и быстрое охлаждение обрабатываемого материала за счет теплоотвода в массив изделия, обеспечиваемые лазерным излучением, способствуют формированию поверхностных слоев толщиной до 2 мм. Однако, повышая концентрацию лазерного излучения, мы значительно увеличиваем скорость нагрева. При таком лазерном излучении она может составлять до 1000000 °С/сек, что в свою очередь способствует формированию поверхностных слоев толщиной в несколько микрон. Такие слои слабо изучены, но в перспективе могут обладать уникальными характеристиками и свойствами. Таким образом, целью данной работы является исследование физико-механических и трибологических свойств покрытий, сформированных методом сканирующего лазерного излучения.

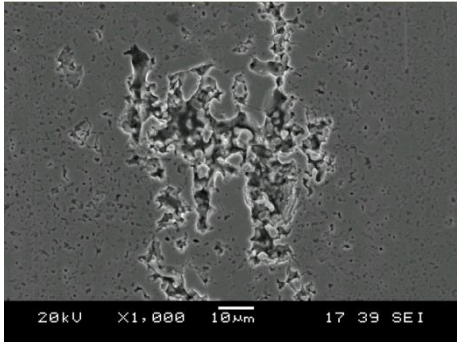
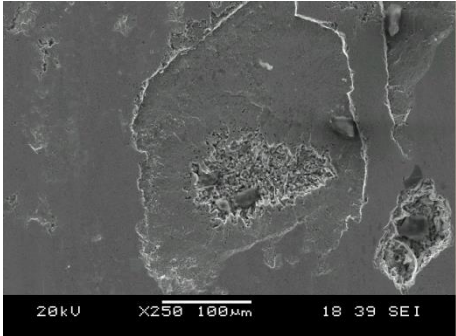
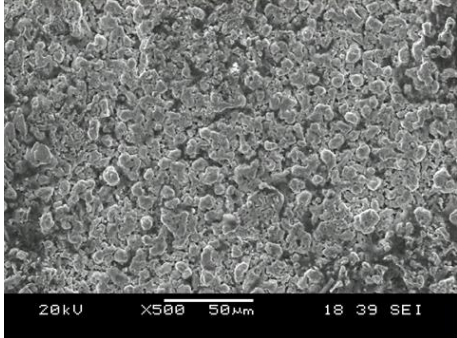
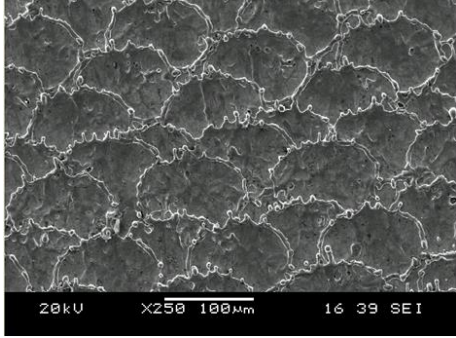
Трибологические испытания проводились для 4 видов образцов: борированные с лазерной закалкой, объемно-закаленные с лазерной закалкой, борированные, объемно-закаленные. Образцы были изготовлены из стали 45. Электронно-микроскопическое исследование изношенных поверхностей выполнялись с помощью сканирующего электронного микроскопа "JEOL JSM-5600LV". Планирование эксперимента проводилось по модели полного факторного эксперимента. Изменяемыми факторами для сканирующей лазерной закалки будут 3 показателя: P , Вт – мощность лазерного излучения, V , мм/с – скорость передвижения лазерного луча, ΔF , мм – фокусное расстояние лазерного луча.

Установлено, что борированная поверхность после дополнительной лазерной закалки при $P = 8$ Вт, $V = 100$ мм/с, $\Delta F = 148$ мм характеризуется наименьшим коэффициентом трения. Наибольшим коэффициентом трения обладает объемно-закаленная поверхность после дополнительной лазерной закалки при $P = 8$ Вт, $V = 100$ мм/с, $\Delta F = 148$ мм. Максимальный коэффициент трения превышает минимальный в 2.5 раза. Выявлено, что объемно-закаленная поверх-

ность после дополнительной лазерной закалкой при $P = 8 \text{ Вт}$, $V = 100 \text{ мм/с}$, $\Delta F = 148 \text{ мм}$ обладает наименьшей интенсивностью изнашивания. Наибольшей интенсивностью изнашивания обладает объемно-закалённая поверхность с дополнительной лазерной закалкой при $P = 20 \text{ Вт}$, $V = 100 \text{ мм/с}$, $\Delta F = 150 \text{ мм}$. Максимальная интенсивность изнашивания превышает минимальную в 12,5 раз.

Изображения изношенных поверхностей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Электронно-микроскопическое исследование

 <p>а) - Изображение изношенной поверхности борированного образца с лазерной закалкой при $P = 8 \text{ Вт}$, $V = 100 \text{ мм/с}$, $\Delta F = 150 \text{ мм}$.</p>	 <p>б) - Изображение изношенной поверхности борированного образца с лазерной закалкой при $P = 8 \text{ Вт}$, $V = 100 \text{ мм/с}$, $\Delta F = 148 \text{ мм}$.</p>
 <p>в) - Изображение изношенной поверхности борированного образца без лазерной обработки.</p>	 <p>г) - Изображение изношенной поверхности объемно-закаленного образца с лазерной закалкой при $P = 20 \text{ Вт}$, $V = 1000 \text{ мм/с}$, $\Delta F = 150 \text{ мм}$.</p>

Проведенные исследования показали целесообразность использования технологии упрочнения сканирующим лазерным излучением с целью повышения ресурса службы изделий.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ АКТИВАЦИИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ПОТОКОМ (СГП) НА ПОСЛЕДУЮЩУЮ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ СТАЛЕЙ

Ю.С. Ушеренко, В.Г. Дашкевич

Белорусский национальный технический университет

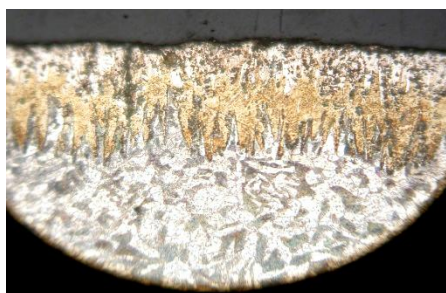
e-mail: osher_yu@mail.ru

Активация сталей, происходящая под воздействием высокоэнергетического потока в режиме сверхглубокого проникания, приводит к значительным объемным изменениям структуры обработанного материала. Представляется важным исследовать возможность совмещения такой активации и последующей химико-термической обработки. Воздействие предварительной активации на последующую диффузию при химико-термической обработке может оказаться возможным только в случае, когда структурные дефекты, возникающие в различных сталях в результате воздействия высокоэнергетического потока, сохраняют устойчивость в диапазоне условий термического воздействия при ХТО.

В качестве объектов воздействия были использованы: малоуглеродистая сталь Ст3, инструментальная низколегированная сталь 65Г и инструментальная высоколегированная сталь Р6М5. Образцы этих сталей были подвергнуты воздействию высокоэнергетического потока смеси порошковых частиц Pb+SiC. Исследование образцов сталей, обработанных в режиме СГП, показало, что было обеспечено сквозное проникание метаемых частиц и, следовательно, объемная активация. При проведении исследования ХТО, одновременно с образцами активированной стали, использовали контрольные образцы исходных сталей.

Однофазное борирование проводилось в порошковой насыщающей смеси с использованием герметизируемого контейнера. Насыщение проводилось в течение 6 часов при температуре 950°C в электрической камерной печи СНОЛ 1,6.2,5.1/11.

На рисунке 1 видна структура канального образования на фоне боридного слоя, что позволяет сделать заключение об устойчивости канальных дефектов.



а)



б)

Рисунок 1 – Сталь Ст3 после борирования, x200: а) активированная, б) неактивированная.

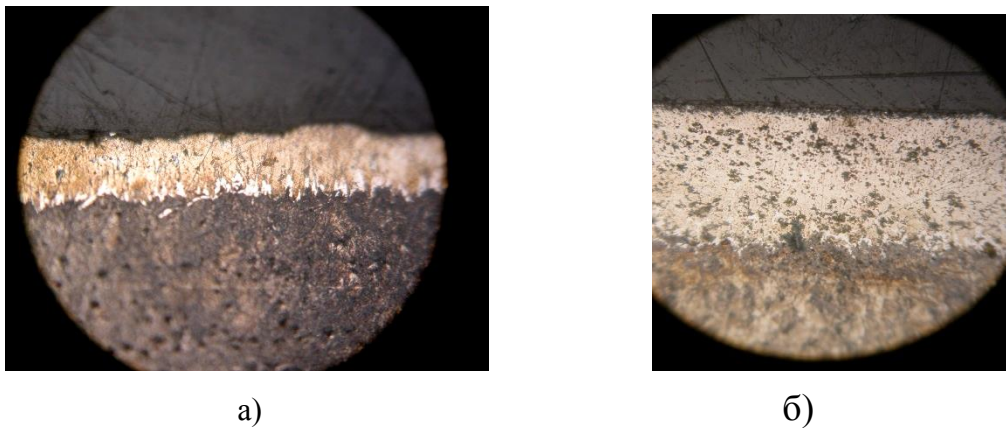


Рисунок 2 – Сталь 65, борирование, x200: а) исходный образец, б) активированный.

На основании исследования микротвердости образцов было установлено, что толщина упрочненного слоя активированных образцов стали Ст3 составила 0,2 мм, в тоже время у исходной стали толщина упрочненного борированием слоя не превышала 100 мкм. В исходной стали на краю шлифа твердость достигала 1340 Нц. Активация в режиме СГП позволила получить на поверхности образца твердости 1440-1460 Нц. В исходной стали 65Г после борирования на краю шлифа микротвердость достигла 2010 Нц. Активация в режиме СГП позволила получить на поверхности образца твердости 2010-2140 Нц. Изучение результатов воздействия на Р6М5 показывает, что при борировании упрочненный слой (1612-1944 Нц) наблюдался во всех образцах на глубинах 0,03 мм. В активированных образцах этой стали упрочненный слой (749-1215 Нц) наблюдался до глубины 0,2 мм. В дальнейшем микротвердость в активированных образцах несколько снизилась (660-700 Нц) и оставалась постоянной до центра. В неактивированном образце микротвердость колебалась в диапазоне значений 424-567 Нц.

Таким образом, было установлено, что структурные новообразования, создаваемые в объеме сталей, активируемых высокоэнергетическим потоком порошковых частиц являются устойчивыми при обработке в режиме борирования и оказывают влияние на свойства получаемых слоев. Данные исследования показывают, что обнаружена новая возможность управления таким известным и распространенным технологическим процессом как химико-термическая обработка.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ

А.Г. Гривачевский, Р.Л. Кулик

Государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси»

Модуль автоматизированного проектирования технологических процессов сварки является составной частью комплекса программных средств автоматизации технологической подготовки производства на машиностроительных предприятиях с единичным и серийным типами производств, разрабатываемым в рамках одного из заданий ГНТП «Интеллектуальные информационные технологии».

Комплекс предназначен для повышения уровня автоматизации технологической подготовки производства с получением технико-экономического эффекта за счет снижения трудоемкости и сокращения сроков технологического проектирования.

Программные средства комплекса обеспечивают:

- ввод информации с электронных чертежей и 3D-моделей, созданных в разных графических системах;
- автоматизированное проектирование технологических процессов в сквозном режиме по направлениям: механическая обработка, холодная штамповка, сварка, нанесение гальванических покрытий, нанесение лакокрасочных покрытий, раскладка деталей из листового металлопроката для резки на машинах термической резки и гильотинных ножницах, а также профильного металлопроката для резки на отрезных станках.

Модуль предназначен для автоматизированного проектирования технологических процессов по наиболее распространенным способам сварки: электродуговая сварка, сварка в защитных газах и т.д.

Модуль позволяет выбирать оборудование, приспособления, вспомогательные и измерительные инструменты, назначать режимы сварки, нормы времени, рассчитывать расход сварочных материалов, формировать технологические карты изготовления сварных конструкций.

Предусматривается проектирование технологических процессов для сварки конструкций любой сложности, составляющие детали которых изготовлены из однородных металлов и сплавов – стали (углеродистые, легированные и т.д.), алюминий и алюминиевые сплавы, медь и медные сплавы.

Результаты проектирования выдаются в виде комплекта документации, описывающего технологический процесс изготовления сварной конструкции в соответствии с требованиями стандартов.

Компонентами модуля сварки являются:

- архив технологической документации;
- база данных
- генератор формирования форм технологической документации.

База данных модуля содержит следующие разделы:

- основные материалы;
- оборудование;
- вспомогательные материалы;
- инструкции по охране труда;
- операции;
- переходы;
- оснастка;
- способы сварки;
- виды швов;
- расположение сварных швов в пространстве.

Предусмотрены следующие режимы формирования карт технологических процессов:

- проектирование нового техпроцесса;
- проектирование нового техпроцесса путем редактирования ранее спроектированного.

Для работы с комплексом необходим компьютер следующей конфигурации: процессор с количеством ядер не менее двух и с тактовой частотой 2,7 ГГц и выше; оперативная память (ОЗУ) объемом не менее 2 ГБ; 5 ГБ свободного места на диске; видеопамять не менее 256 МБ; принтер формата А4.

Базовое программное обеспечение: ОС Windows 7 и выше, Microsoft SQL Server, Microsoft Word, AutoCAD, КОМПАС.

Программный комплекс обеспечивает сквозное формирование технологической документации по обработке сварных конструкций:

- на детали, входящие в сварной узел;
- на операции сборки- сварки сварного узла;
- на операции обработки сварного узла после сварки.

Разработанные алгоритмы, программные средства и эксплуатационные документы модуля информационной поддержки процессов автоматизированного формирования технологических процессов сварки обеспечивают необходимое качество продукции, высокую производительность при изготовлении деталей и снижение трудоемкости.

Пилотная версия проекта внедрена в ОАО «Минский Агросервис» на базовом программном обеспечении (графический пакет «Компас в.15», СУБД MS SGL-сервер).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ СОЗДАНИЯ НЕРАЗЪЕМНЫХ АДГЕЗИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЛАСТИК-МЕТАЛЛ ДЛЯ МОДЕЛЬНОЙ ОСНАСТКИ

М.Л. Калиниченко, Л.П. Долгий

Белорусский национальный технический университет

e-mail: m.kalinichenko@bntu.by

В настоящий момент при производстве металлических изделий все большее внимание уделяется созданию готовых изделий с помощью 3D-прототипирования, порошковой металлургии и прочих технологий. При этом по энергетическим затратам традиционное литейное производство дешевле порошковой металлургии на 40 % [1], а 3D-прототипирование превышает еще в несколько раз. Как результат, для выживания на конъюнктурном рынке литейного производства необходимо повышать конкурентоспособность, в частности точности литья, и возникает необходимость внедрения передовых и экологически чистых материалов, способных создать необходимую точность получаемых изделий, что является одной из приоритетных задач литейного производства.

В настоящее время для создания мобильных формовочных комплектов для мелкого и среднесерийного производства деталей применяются различные типы разнородных материалов на основе древесины, МДФ, пластических масс, металлов и т.д., которые после обработки монтируются на модельной плите различными способами (штифтование, соединения типа гайка-винт, склейка и т.д.). Материалы, используемые для модельных комплектов, имеют различную плотность, твердость, влагонасыщаемость и адгезивную способность и, как следствие, различные показатели прочности на сжатие, изгиб и т.д., что определяет общие физико-механические свойства комплекта в целом. Для их монтажа и ремонта существует широкий диапазон крепежа, при этом штифтовые и винтовые соединения имеют возможность «расшатывания» в процессе эксплуатации. Поэтому для повышения надежности предлагаются долговременные и временные клеи и ремонтные пасты, предназначенные для тяжелых условий эксплуатации.

При изготовлении модельной оснастки применяется крепление пластических масс в различных комбинациях, например, пластик-пластик, пластик-металл, пластик МДФ и их комбинации в любой последовательности. Для снижения себестоимости комплекта были проведены механические испытания на разрыв комбинированных образцов, которые могут использоваться в комбинированных модельных комплектах, состоящих из разнородных материалов, в том числе в виде центрующих направляющих и т.д. Для данных испытаний были использованы те же виды пластика, что и ранее, однако в отличие от испытаний, указанных выше, использовали крепление данных сортов пластика с основой из стали Ст 45 и нержавеющей стали при помощи универсального адгезива DP 8005 (компания 3M). Было отмечено, что практически все образцы на основе пластических масс имеют однородную структуру разрушения, характе-

ризующуюся изначальным растяжением и последующим моментальным разрушением с потерей всех пластичных свойств. Полученный результат может гарантировать использование данных материалов в зоне заранее установленных нагрузок в массе формовочной смеси. В табл. 2 приведены результаты прочностных испытаний на разрыв образцов склеенных модельных пластиков с металлическими стержнями при помощи адгезива DP 8005.

Таблица 2. Прочностные испытания на разрыв склеенных образцов модельных пластиков с металлическими стержнями при помощи адгезива DP 8005 (3M).

Видпластика (цвет)	Плотность, г/см ³	Нагрузка, МПа	
		Соединение пластик-сталь Ст45	Соединение пластик-нержавеющая сталь
PRO LAB-65 (красный)	0,65	13,437	9,69
LAB 850 (синий)	1,18	13,401	16,57
WB-1404 (желтый)	1,4	23,328	22,41
PRO LAB-75 (серый)	0,78	12,732	19,29
Obo-Werke 1000 (белый)	0,95	13,99	18,64

Из таблицы следует, что использованный в работе адгезив DP 8005 является весьма универсальным, так как показывает стабильность роста механических свойств при создании комбинированных склеенных структур металл-пластик для всех видов пластика, что может быть объяснено более высокой степенью однородности материала с материалом подложки, связанной с высокой плотностью используемых пластиков. Максимальная прочность соединенных материалов при использовании универсального клея DP 8005 достигается на пластике WB-1404 плотностью 1,4 г/см³. Для особо мягких пластиков плотностью до 0,65 г/см³ (PRO LAB-65) разрыв наблюдается не по клеевому шву, а по телу образца, как результат, данные не могут быть включены в статистический ряд, так как в большей или меньшей степени отражают прочностные свойства исходного материала

Вывод. В результате выполненной работы были проведены исследования, показавшие, что универсальный клей DP 8005 (3M) может заменить широкую гамму рекомендуемых производителями модельных клеев практически для всех композиций пластик-металл, что может принести значительный экономический эффект.

Список использованных источников

1. Затуловский, С.С. Литые композиционные материалы / С.С. Затуловский, В.Я. Кезик, Р.К. Иванова. Киев: Техника, 1990. 240 с.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СКОРОСТНОГО
ГОРЯЧЕГО ВЫДАВЛИВАНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО
ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

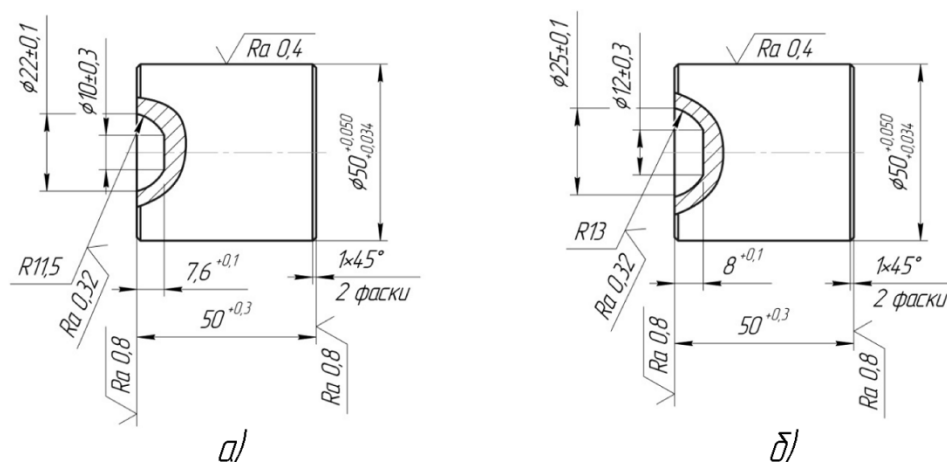
И.В. Качанов, М.В. Кудин, С.А. Ленкевич, В.В. Власов
Белорусский национальный технический университет
e-mail: LwSwA@yandex.ru

В современном инструментальном хозяйстве машиностроительных предприятий остро встает проблема повышения характеристик выпускаемой продукции наряду со снижением экономических затрат на ее изготовление, поэтому создание инновационных ресурсосберегающих технологий является приоритетным направлением научных изысканий в данной сфере.

В связи с этим развитие технологий высокоскоростного пластического формоизменения следует считать наиболее перспективным направлением в части создания разнообразного штампового инструмента.

Процессы скоростного формоизменения, особенно скоростного горячего выдавливания (СГВ), создают благоприятные условия для обработки малопластичных и труднодеформируемых материалов с возможностью получения биметаллического соединения с целью экономии дорогостоящих штампово-инструментальных сталей и одновременным повышением механических свойств готового штампового инструмента.

Для проведения исследований процесса скоростного горячего выдавливания биметаллических формообразующих деталей штамповой оснастки, в качестве деталей-представителей были выбраны вставки пуансона №№ 9719-2431, 9719-2431-01 из номенклатуры инструментально-штампового производства для метизного цеха ОАО «МАЗ» (рисунок 1), применяемые для изготовления заклепок диаметром 14 и 16 мм.



а)-№ 9719-2431; б)-№ 9719-2431-01

Рисунок 1 – Эскиз деталей «вставка пуансона»

Наиболее общей причиной преждевременного выхода из строя вставок пуансона является их низкая технологическая прочность, обусловленная наличием концентраторов напряжений (результат перерезания волокон по месту сопряжения поверхностей при изготовлении инструмента механической обработкой резанием). Для снижения этого недостатка по заводской технологии используют штамповые стали трехкратной перековки, что дополнительно повышает стоимость изготовления инструмента.

Для устранения этих недостатков был разработан способ скоростного горячего выдавливания составных заготовок для получения деталей «вставка пуансона», который позволяет получать изделие с минимальными припусками под шлифовку за один удар, а за счет формирования биметаллического соединения экономит до 60 % дорогостоящих высоколегированных штамповых сталей.

Фото полученных поковки, шлифа и обработанной детали «вставка пуансона» представлены на рисунке 2.



а) – поковка детали «вставка пуансона»; б) – шлиф детали «вставка пуансона»; в) – вставка пуансона после операции шлифования

Рисунок 2 – Внешний вид полученных изделий «вставка пуансона» из номенклатуры ОАО «МАЗ»

Наряду с обеспечением точности и экономии штамповой стали рассмотренный способ выдавливания обеспечивает повышение прочностных характеристик материала на формообразующей рабочей поверхности штампового инструмента, что объясняется такими факторами как формирование благоприятно ориентированной макро- и микроструктуры и прохождением упрочняющего импульса сжимающих напряжений по объему поковки.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО СТЕРЖНЕВОГО ИНСТРУМЕНТА МЕТОДОМ СКОРОСТНОГО ГОРЯЧЕГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

И.В. Качанов, М.В. Кудин, В.В. Власов, С.А. Ленкевич
Белорусский национальный технический университет
e-mail: vlasov881988@gmail.com

Анализ существующих в настоящее время способов и технологий, изготовления многоступенчатого биметаллического стержневого инструмента на отечественных машиностроительных предприятиях показывает, что они являются экономически не выгодными, т.к. характеризуется низким коэффициентом использования дорогостоящих инструментальных сталей и значительными припусками на механическую обработку, низкой стойкостью. Отсутствие внедренных современных, наукоемких технологий и специализированного оборудования в сфере инструментального производства приводит к снижению качества выпускаемой технологической оснастки и инструмента и, как следствие, потере конкурентоспособности основной продукции валообразующих предприятий - автомобилей, тракторов, холодильников, станков и пр.

В этой связи использование скоростных процессов объемного формоизменения, особенно в части изготовления многоступенчатого биметаллического стержневого инструмента, следует отнести к перспективным направлениям современной металлообработки, потому что высокоскоростная штамповка обеспечивает получение точных заготовок с повышенными механическими свойствами, она может быть использована как технологический процесс изготовления стержневых деталей штамповой оснастки, работающих в условиях повышенных нагрузок и износа.

Существенным инновационным решением в разработанных техпроцессах является формирование сварного соединения разнородных сталей на основе диффузионного переноса легирующих элементов в зоне соединения, что обеспечивает высокое качество и прочность соединения.



Рисунок 1 – Многоступенчатый биметаллический инструмент изготовленный методом СГВ

Процесс получения многоступенчатого биметаллического инструмента, заключается в том, что заготовка изготавливается составной с основой из конструкционной стали 40Х до (90%), а ее рабочая часть - из высоколегированной штамповой стали. Рабочая и основная части составной заготовки собирались по прессовой посадке путем операции дорнирования (внедрение цилиндрической рабочей части с конической вершиной в глухое цилиндрическое отверстие с коническим дном, выполненное в основной части). Геометрические размеры и форма рабочей и основной частей заготовок были установлены на основе теоретических, компьютерных и экспериментальных исследований. После нагрева составной заготовки до температуры штамповки осуществлялось скоростное горячее выдавливание биметаллического инструмента с формированием неразъемного соединения разнородных сталей. Конструкция штампа для скоростного горячего выдавливания позволяет мгновенно извлекать готовую поковку и осуществлять высокотемпературную термомеханическую обработку, которая обеспечивает формирования комплекса повышенных физико-механических свойств и увеличивает срок эксплуатации инструмента, снизив количество поломок при высоких степенях нагружения.

В результате использования данной технологии создаются следующие преимущества:

- экономия до 90% высоколегированных штамповых сталей 5ХНМ, 5ХЗВЗМФС, 3Х2В8Ф;

- инструмент, полученный по технологии скоростного горячего выдавливания в режиме высокотемпературной термомеханической обработки, характеризуется повышением ударной вязкости на 40-55%, технологической прочности на 23-27%, сопротивления абразивному износу на 25-45%, что приводит в результате к повышению его стойкости в 1,5-3 раза.

- скоростное воздействие в режиме ВТМО на составную заготовку позволяет изготовить инструмент с относительно вязкой сердцевиной (45-52HRC) и с мелкозернистым (балл зерна 12-14) упрочненным поверхностным слоем, насыщенным мелкодисперсными карбидами (63 – 70HRC) за счет локализации деформации на рабочей части.

ЛИТЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ И МЕДИ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В.А. Калиниченко

Белорусский национальный технический университет

e-mail: kvlad@bntu.by

При эксплуатации машин и оборудования важную роль играет снижение расходов на техническое обслуживание, плановые и текущие ремонты [1]. Одним из методов их уменьшения является повышение надежности узлов и агрегатов. В узлах трения данный аспект может быть решен с помощью выхода эксплуатационных свойств материала в режим «безизносного трения». Литые композиционные материалы (КМ) на основе медных сплавов и чугуновых гранул или алюминиево-медные КМ максимально приближены к заявленному принципу. За счет введения в металлическую матрицу высокопрочных и высоко модульных гранул удается резко повысить прочность, жаропрочность, трещиностойкость, вязкость, жесткость материалов. Сочетание матрицы и гранул, обладающих специальными физическими свойствами, открывает широкие возможности для создания новых уникальных композиционных материалов, что дает возможность эксплуатировать машины в тяжелых условиях, включая режимы сухого трения.

При изготовлении (литье и термическая обработка) деталей узлов трения из литых КМ на основе литых гранул чугунов марки ДЛЧ с матрицей из бронзы БрКЗМц1 установлено образование массивной прослойки интерметаллида (200-500мкм). При таких толщинах этот интерметаллид должен разрушаться уже при минимальных динамических нагрузках. Однако в действительности этого не происходит. С появлением данного интерметаллида можно связать высокую износостойкость этого КМ в различных условиях по сравнению с другими материалами подобного типа. Он уже применяется для тяжело нагруженных пар трения, в различных областях промышленности.

Отдельную нишу занимают композиционные материалы на основе алюминия применяемые не только в узлах трения, но и в качестве конструкционных материалов. Известно [2], что широкую нишу в производстве занимают алюминево-медные сплавы, имеющие повышенные физико-механические характеристики, по сравнению со всеми стандартными силуминами. Известна высокая растворимость меди в алюминиевых сплавах, как результат возникают сложности для создания алюминево-медных композиционных материалов из-за высокой потенциальной опасности растворения медных составляющих. Как результат представляет интерес разработка параметров и технологических основ для создания вышеупомянутых композиций. Как результат, была испытана композиция силумин-медные гранулы. Медь после зачистки поверхности была помещена в графитовую форму, в которой и была проведена сифонная заливка промышленного силумина АК7 ГОСТ 1583-93. В результате был получен композиционный материал с типичной для данного типа материалов

структурой, представленный на рисунке 1. Как видно после затвердевания, произошло хорошее взаимодействие армирующей фазы с матричным расплавом. При этом наблюдается частичное растворение армирующей фазы, без ее полного перехода в расплав, с созданием межфазных зон контакта обеспечивающих высокую степень крепления материалов композиции.

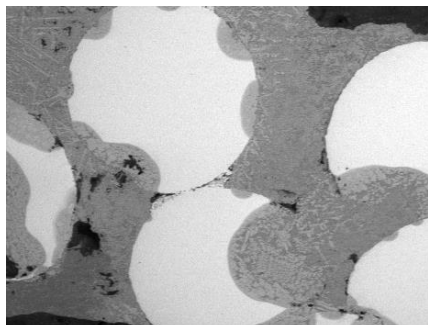


Рисунок 1 – Общий вид алюминий - медного композиционного материала и пример изделия на его основе

Из разработанных материалов могут изготавливаться изделия практически любой геометрической формы и размера, включая биметаллические заготовки, например, направляющие различного назначения, червячные колеса, втулки, подшипники скольжения. Благодаря особенностям и высоким механическим свойствам композиции (общий износ пары трения – не более 0,1 мм/ км пути; коэффициент трения со смазкой – 0,04-0,06; удельное давление – до 100 кг/см²; электрохимическая стойкость при работе с ответной парой трения) данный тип материалов может эксплуатироваться в ряде агрессивных сред с высокой запыленностью, повышенной температурой или влажностью и др. Температура эксплуатации изделий составляет до 500°С. Разработанные композиционные материалы были использованы для изготовления линейных подшипников скольжения, которые были применены в на ОАО «Бобруйский завод Автогидроусилитель» и других предприятиях Республики и стран Евросоюза (например NEST Baltija Kaunas, Литва). Литые алюминий-медные материалы целесообразно использовать для производства высокоэффективных композиционных конструктивных узлов, композиты по причине их более низкой стоимости (25-40%) по сравнению с аналогами, получаемыми методами порошковой металлургии и обладающими более ускоренным временем производства не требующим дорогостоящего оборудования.

Список использованных источников

1. Kalinichenko A.S., Kezik V.Ya., Bergmann H.W., Kalinitchenko V.A. Structure of surface layers of metal matrix composites // *Materialswissenschaft und Werkstofftechnik*. - 1999, V. 30. P. 136-144.
2. *Немененок Б.М.* Теория и практика комплексного модифицирования силуминов / Б.М. Немененок; под. ред. Р.И. Есьмана – Минск: Технопринт, 1999 – 272 с.

ЭКОЛОГИЯ, РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ, ЭНЕРГЕТИКА

УДК 628.54:628.3

КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

А.В. Поспелов, А.В. Дубина

*УО «Белорусский государственный технологический университет»
e-mail dubina@belstu.by*

На долю деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной отрасли приходится не менее 5% объема используемой свежей воды промышленности и 6% сброса сточных вод в поверхностные водоемы. В состав сточных вод таких предприятий входят лигнины, деготь, метиловый спирт, формальдегид, фенолы, полисахариды и т.д. Большинство соединений труднобиоразлагаемы, что представляет серьезную проблему и угрозу окружающей среде.

На предприятиях деревообрабатывающей промышленности загрязненные сточные воды образуются: в процессе химической переработки древесины; при конденсации пара, применяемого для обогрева или перегонки продуктов; при промывке продуктов или разбавление реагентов; в процессе склеивания и окраски древесины; в процессе производства термообработанной древесины под действием физико-химических процессов.

Средние значения концентраций загрязняющих веществ в сточных водах деревообрабатывающего производства: рН 4,5–7,0; концентрация взвешенных веществ до 8,5 г/л; БПК₅ 3000–18000 мг О₂/л; БПК₂₀ 8000–26000 мг О₂/л; ХПК 11000–120000 мг О₂/л, углеводы в пересчете на глюкозу – до 500 мг/л; содержание сухого остатка – до 8000 мг/л.

В частности фанерное производство, где основным сырьем для производства является березовая древесина, которую обрабатывают острым паром. Пропарка сырья производится при температуре 80–140 °С. После пропарки, в результате гидролиза 10-15% органических веществ древесины переходят в растворенное состояние и вымываются из древесной массы. В случае использования в технологическом процессе сырья с корой и древесины лиственных пород – концентрация растворенных органических веществ будет максимальной, а величина ХПК достигает 100000 мг О₂/л.

Предлагаемая комплексная технология для очистки высококонцентрированных сточных вод обеспечивает безотходность процесса очистки сточных вод и позволит использовать все образующиеся продукты: до 80-90% очищенной воды возвращается обратно в производственный цикл, твердый остаток используется в качестве удобрения пролонгированного действия (содержание азота в твердом остатке 30-40%). Степень очистки сточных вод с

помощью данной технологии достигает 99% по показателю ХПК. Стадии очистки сточных вод:

1. Механическая очистка.

2. Вакуум-перегонка. Из резервуара-усреднителя сточные воды подаются в вакуум-выпарной аппарат (с рекомпрессией пара), при помощи которого происходит перегонка сточных вод (до 90%). Неконденсирующиеся пары из вакуум-выпарного аппарата последовательно проходят конденсатор, каплеотделитель и адсорбер-1 для доочистки выбросов.

3. Адсорбция (обработка конденсата (дистиллята)). Получаемый конденсат (дистиллят) направляется в адсорбер-2 для доочистки от растворенных органических соединений. После стадии доочистки вода направляется в сборник, откуда возвращается в водооборотный цикл предприятия.

4. Обработка концентрата (кубового остатка). Концентрат (кубовый остаток) из вакуум-выпарного аппарата (10-30% от исходного количества сточных вод) направляется в реактор смешения. Полученный кубовый остаток (концентрат) представляет собой жидкость с высокой концентрацией растворенных органических веществ. Для связывания растворенных веществ и перевода концентрата в твердую фазу в реактор смешения добавляются определенные реагенты: карбамидоформальдегидная смола (до 10%), ингредиент-отвердитель и концентрированная серная кислота (до pH=2). В результате обработки кубового остатка получается пастообразная масса.

5. Получение удобрения. Пастообразная масса из реактора смешения направляется на экструдер. На выходе из экструдера образуются гранулы размером 5-10 мм, которые используются в качестве удобрения контролируемого и пролонгированного действия.

Эффективность очистки сточных вод представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Эффективность очистки сточных вод

Показатель	Состав сточных вод фанерного предприятия	Состав сточных вод фанерного предприятия после очистки	Степень очистки
Концентрация растворимых органических веществ (ХПК)	60000-100000 мгО ₂ /л	не более 200 мгО ₂ /л	99,66%
Формальдегид	1500 мг/л	0,4 мг/л	99,97%

ПРОБОПОДГОТОВКА ПИРОЛИЗНОГО МАСЛА ДЛЯ ГХ-МС АНАЛИЗА

Т.Н. Генарова^{1,2}, С.М. Лещев², В.А. Левкина³

*¹ГНУ «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова
Национальной академии наук Беларуси»*

²Белорусский государственный университет

*³Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
e-mail: tatiana-susliako@mail.ru*

Пиролизное масло содержит различные классы веществ с огромным разбросом молекулярной массы органических соединений [1]. Основными методами анализа жидких продуктов пиролиза являются газовая хроматография с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС), элементный анализ, ЯМР- и ИК-спектроскопия. Известно, что результаты анализа жидких пиролизатов указанными методами зачастую не однозначны: существуют проблемы наложения пиков и неверной интерпретации полученных результатов, обусловленные сложностью матрицы и многокомпонентностью состава [2].

В связи с вышеизложенным, можно предположить, что корректное исследование химического состава пиролизных масел возможно после предварительного фракционирования исходного продукта на группы соединений со схожими свойствами. Существующие методы – перегонка, вымораживание, сорбция и т.д. – малоэффективны и длительны, в то время как экстракция – простой, быстрый и эффективный метод.

Сам подход к выбору экстрагента и условиям экстрагирования пиролизных масел осуществляется на эмпирической основе [3]. В работах [4-6] имеются многочисленные данные по экстрагированию разнообразных соединений в ряде экстракционных систем, которые обобщены в виде банка инкрементов метиленовой и функциональной групп, а также разработаны способы описания и прогнозирования константы распределения и экстракции различных органических соединений, в том числе в пиролизных маслах.

Предложен способ экстракционной пробоподготовки пиролизного масла, получаемого из отработанных автомобильных шин, при хроматографическом определении его компонентного и количественного состава. Способ основан на последовательном экстрагировании из гексанового раствора пиролизного масла содержащихся в нем соединений с помощью ряда селективных растворителей и реагентов с последующим выделением компонентов из экстрактов и их ГХ-МС анализом. Пиролизное масло может быть разделено на водорастворимые полярные вещества сравнительно небольшой молекулярной массы, в том числе органические кислоты и основания; водонерастворимые вещества с полярными функциональными группами в молекуле; многоядерные арены конденсированного строения; алифатические и нафтеновые углеводороды, не содержащие других классов органических соединений.

Гексановый раствор пиролизного масла последовательно экстрагировали водой (с добавками минеральной кислоты и щелочи), этиленгликолем (с добав-

ками минеральной кислоты и щелочи), диметилсульфоксидом, а затем обрабатывали олеумом. Хромато-распределительным методом установлено, что пиролизное масло содержит алифатические и непредельные углеводороды, производные бензола, нафталина, полициклические ароматические углеводороды, сера- и азотсодержащие органические соединения, фенолы и др. Таким образом, предварительное экстракционное разделение компонентов пиролизного масла позволяет увеличить число идентифицированных компонентов и повысить достоверность ГХ-МС анализа.

Список использованных источников

1. Ramirez-Canon A., Muñoz-Camelo Y.F., Singh P. Decomposition of used Tyre Rubber by pyrolysis: enhancement of the physical properties of the liquid fraction using a hydrogen stream // *Environments*. 2018. Vol. 5, № 6. P. 72-83.
2. Characteristics of pyrolysis products from waste tyres and spent foundry sand co-pyrolysis progress in rubber / D. Perondi [et al.] // *Plastics and Recycling Technology*. 2016. Vol. 32, no. 4. P. 213-240.
3. О количественной оценке гидрофобного эффекта растворителя / Г. Л. Старобинец [и др.] // *Доклады АН БССР*. 1983. Т. 27, № 11. С. 1009-1011.
4. Коренман И. М. Экстракция в анализе органических веществ М.: Химия, 1977. 200 с.
5. Экстракция полициклических ароматических углеводородов полярными органическими растворителями и ионными жидкостями / С. М. Лещев [и др.] // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия хим. Наук*. 2013. Т. 54, № 3. С. 45–49.
6. Leschev S.M. Regularities of extraction in systems on the basis of polar organic solvents and use of such systems for separation of important hydrophobic substances // *Ion Exchange and Solvent Extraction*. 2001. V.15. P. 295 – 330.

СОВМЕСТНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ КИСЛЫХ ГУДРОНОВ СО ШЛАМОМ ХИМВОДОПОДГОТОВКИ С ТЭЦ В ПРОИЗВОДСТВЕ БИТУМНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ю.А. Булавка

УО «Полоцкий государственный университет»

e-mail: u.bylavka@psu.by

Кислые гудроны в нефтехимическом производстве образуются при серно-кислотной очистке минеральных масел, получении сульфонатных присадок, в процессах алкилирования с использованием серной кислоты в качестве катализатора и других. Данный вид отходов относится к наиболее трудно утилизируемым и представляет серьезную экологическую проблему. Кислый гудрон накапливается в отвалах и открытых прудах-накопителях, где с течением времени происходит вымывание кислоты атмосферными осадками и выделение SO_2 и SO_3 , в результате чего загрязняются водный и воздушный бассейны. В списке нефтеотходов кислые гудроны по объему занимают второе место и относятся к наиболее трудно утилизируемым отходам. В тоже время кислый гудрон является ценным вторичным материальным ресурсом для получения товарных нефтепродуктов [1].

К отходам производства также относят шламы химводоподготовки ТЭЦ, которые образуются при водоподготовке на стадиях предварительной очистки воды в процессе устранения временной жесткости, являются отходом 5 класса, как правило, не находят квалифицированного применения, а скапливаются в отвалах и подлежат захоронению в поверхностных хранилищах. В состав шламов химводоподготовки ТЭЦ входят $CaCO_3$, CaO , $MgCO_3$, MgO , $Fe(OH)_3$, SiO_2 – основными компонентами являются гидроксид и карбонат кальция. Несмотря на то, что подобные отходы не содержат высокотоксичных веществ и в настоящее время остается проблема с их складированием на местности. Что обусловлено необходимостью отчуждения значительных площадей для поверхностных хранилищ, угрозы засоления территории, увеличения степени минерализации подземных вод [2].

Выполнена нейтрализация кислых гудронов (КГ) производства сульфонатных присадок нефтехимического предприятия шламом химводоочистки ТЭЦ с $pH = 11$ с получением на основе продуктов нейтрализации мастики битумной кровельной, соответствующей ГОСТ 2889.

Кислый гудрон нагревали при температурах $80...110\text{ }^\circ\text{C}$ и смешивали с шламом химводоподготовки ТЭЦ в концентрациях 5-20 % мас. на КГ, время нейтрализации 20 минут. В состав взятого для анализа КГ входят: серная кислота 4% мас., масла (1-3 гр. ароматических и нафтеново-парафиновых углеводородов) – 45 % мас., асфальтены - 10% мас., смолы - 10% мас., а содержание сульфокислот в пересчете на группу $-SO_3H$ составляет 25% мас. Исходный образец кислого гудрона характеризуется кислотностью 11,34%; кислотным числом 117,07 мг NaOH/г (по ГОСТ 6307).

Установлено, что практически нейтральный продукт можно получить при обработке кислого гудрона производства сульфонатных присадок нефтехимического предприятия шламом химводоподготовки ТЭЦ концентрацией около 15% мас. (остаточная кислотность 0,53%; кислотное число 26,05 мг NaOH/г).

На основе продуктов нейтрализации кислого гудрона нефтехимического предприятия шламом химводоподготовки ТЭЦ предлагается получение мастики битумной кровельной горячей соответствующей требованиям ГОСТ 2889. При вовлечении в битумное вяжущее БНД 60/90 продукта нейтрализации КГ с 15% мас. шлама химводоподготовки ТЭЦ (образец 1) получили мастику битумную кровельную соответствующую требованиям марки МБК-Г-65 (см. таблицу 1): теплостойкость в течение 5 ч не менее 65°C, температура размягчения по КиШ 74,5°C, температура хрупкости ниже -15°C, выдерживает испытание на гибкость, при этом содержание пылевидного наполнителя не более 15% мас.

Таблица 1 – Характеристика мастик битумных кровельных

Наименование показателя	МБК-Г-65 по ГОСТ 2889	Образец 1
Теплостойкость в течение 5 ч, °С	не менее 65	выдерживает при 65
Температура размягчения по КиШ, °С	68-72	74,5
Гибкость при температуре (18±2) °С на стержне диаметром, мм	15	15 (выдерживает)
Содержание наполнителя, % мас.: пылевидного	25-30	до 15
Содержание воды	следы	отсутствие
Температура хрупкости битумного вяжущего, °С не выше	-15	ниже -15

Таким образом, целесообразным способом совместной утилизации кислых гудронов производства сульфонатных присадок нефтехимических предприятий и шлама химводоподготовки ТЭЦ, является нейтрализация кислых гудронов шламом химводоподготовки, последующее смешение с битумными вяжущими для получения товарного продукта – мастики битумной кровельной.

Список использованных источников

1. Булавка Ю.А., Вишнякова Ю.В., Ляхович В.А., Москаленко А.С. Получение на основе нейтрализованных кислых гудронов нефтехимических предприятий битумных материалов // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки, 2018. № 11. С. 108-111.

2. Николаева Л.А., Бородай Е.Н. Ресурсосберегающая технология утилизации шлама водоподготовки на ТЭС//Монография. Казань.: КГЭУ, 2012. 110 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В УСЛОВИЯХ IN VITRO

Т.В. Никонович, И.Е. Зайцева, Т.В. Кардис

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия
tvnikonovich@gmail.com

В последние десятилетия активно разрабатываются энергоэффективные технологии для выращивания растений в условиях защищенного грунта, где в качестве дополнительного источника освещения используются экспериментальные светодиодные светильники. Основное отличие светодиодов от традиционно применяемых люминесцентных ламп и ламп накаливания в том, что в них происходит преобразование электрического тока в световое излучение, обеспечивая, таким образом, низкое энергопотребление. Продолжительность работы светодиодов без замены может достигать более 30 тысяч часов, а отсутствие ртути и стекла делает их экологически безопасными. Кроме того, излучение, исходящее от светодиода, имеет четкую направленность, а свечение может быть различных цветов, что обеспечивает для разных растений и процессов оптимальный спектр света. Указанные преимущества позволяют применять светодиодные светильники в контролируемых условиях *in vitro*, где для работы на клеточном или тканевом уровне важно оптимизировать не только состав искусственной питательной среды, интенсивность светового потока, но и его спектральные характеристики.

Целью наших исследований было выявить особенности каллусогенеза и регенерации растений в различных условиях светодиодного освещения *in vitro* на примере эксплантов томата, сирени и винограда.

Указанные виды являются удобными объектами для культивирования *in vitro*, что сделало их модельными культурами для выполнения различных молекулярно-биологических и генно-инженерных манипуляций. Однако, несмотря на накопленные знания о биологии и генетике, остаётся открытым вопрос о ведении работ с томатом, виноградом и сиренью в культуре *in vitro*. Составляющие успешного выращивания этих видов растений в стерильных условиях могут быть самыми разнообразными, включая световой режим и спектральный состав света.

Эксперименты, проведены в лаборатории биотехнологии кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, которая оснащена необходимым оборудованием для выполнения биотехнологических исследований.

В качестве экспериментальных источников освещения использовались светодиодные ленты *Red, Blue; White, Green, Yellow*, варианты с различными сочетаниями цветов, а также светодиодный светильник, в качестве основных источников света, содержащий два типа светодиодов: синий, красный и дополнительный – зеленый и модельный ряд светодиодных светильников серии «Светодар» производства Государственного предприятия «ЦСОТ НАН Белару-

си». Всего 21 вариант освещения. Люминесцентная лампа марки OSRAM L 36W/765 Cool Daylight применялась в качестве контрольного варианта при получении растений-регенерантов, полная темнота - при изучении каллусогенеза.

В результате выполнения исследований определен наиболее пригодный гормональный состав питательной среды для получения растений-регенерантов из семядолей томата трех сортов. Сочетание ИУК и кинетина способствовали формированию эмбрионного каллуса. У 20% эксплантов на 25 день культивирования были получены растения-регенеранты. Причем наиболее перспективным для ускоренного получения регенерации являлся синий свет светодиодного освещения при интенсивности 90-150 лк. Этот спектральный состав света и его интенсивность стимулировали каллусогенез и образование растений-регенерантов. На питательных средах, содержащих в качестве цитокинина 6-бензиламинопурина, первичные экспланты образовывали корни, то есть наблюдался типичный соматический ризогенез. Это свидетельствует о доминировании влияния на регенерационный процесс ауксина, входящего в состав искусственной питательной среды, причем не зависимо от спектрального состава света.

Установлено, что на этапе пролиферации побегов винограда *in vitro* для эксплантов наиболее приемлемой является интенсивность освещения не более трех тысяч люкс, что соответствует ≈ 60 мкмоль/с·м².

Выявлены условия освещения, при которых формируются нормальные растения-регенеранты сирени. Этому свидетельствует оптимальное отношение высоты растения к корневой системе, которое должно стремиться к единице. Так в условиях освещения, у которого спектральное соотношение R/B («красный»/«синий») находилось на уровне 3,06-4,22 формировались растения сирени сорта Франк Патерсон высотой 70,3-83,3 мм, что достоверно превышало среднее значение признака на 9,8-22,8 мм. Длина корней у этих растений была на уровне 70,7-73,3 мм. Таким образом, индекс формирования растения находился на уровне 0,95-1,2. Наиболее значимым признаком при анализе состояния растений-регенерантов является количество листьев, что прямо свидетельствует о коэффициенте размножения в условиях *in vitro*. Наибольший коэффициент размножения установлен при освещении, у которого поток фотонов в диапазоне длин волн 400-800 нм равен 69,1-73,3 мкмоль/с, и составлял 1:29-30.

Таким образом, нами установлено, что используя различные световые решения в условиях *in vitro*, возможно получать значительно более эффективный регенерационный процесс, чем при контрольных вариантах освещения.

Работа выполнена по гранту № Б19-112 БРФФИ от 02.05.2019 г. «Оценка генетико-биохимических особенностей морфогенеза растений в условиях *in vitro* при различном светодиодном освещении».

ТЕПЛООБМЕННИКИ-УТИЛИЗАТОРЫ НА ТЕПЛОВЫХ ТРУБАХ

*Л.Л. Васильев**, *А.С. Журавлёв*, *Л.П. Гракович*, *М.И. Рабецкий*, *В.А. Олехнович*
Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси

**e-mail: LVASIL@hmti.ac.by*

Развитие цивилизации сопровождается ростом потребления энергии, в то время как мировые топливные запасы ограничены и цены на них растут, а использование ископаемого топлива сопровождается негативным воздействием на экологию. Очевидна целесообразность перехода на энергосберегающие технологии, диверсификации источников энергии, совершенствования оборудования для утилизации низкопотенциального тепла, в том числе аппаратов на базе тепловых труб (ТТ) и термосифонов (ТС) – устройств с испарительно-конденсационным циклом, превосходящих по теплопередающей способности самые высокотеплопроводные материалы. Альтернативными источниками тепла являются солнце, воздух, грунт, водные бассейны, сточные воды. Солнечная радиация – один из основных возобновляемых источников энергии, она используется для прямого преобразования в электрическую энергию, а также подогрева воды в системах горячего водоснабжения, отопления при пониженных температурах и получения холода с целью создания комфортных условий в помещениях летом.

В Институте тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси создан пародинамический термосифон (ПДТ), способный передавать тепловой поток в горизонтальном направлении на расстояния в десятки метров. Его можно использовать в оборудовании для нагрева и охлаждения воздуха, предотвращения образования льда и снежного покрова на крышах зданий, тротуарах, стоянках автомобилей и т. д. Пародинамические термосифоны с паровой камерой в качестве подложки к PV и PVT-панелям (рис. 1) способны интенсивно отводить от них тепло, обеспечивая изотермичность поверхности и поддерживая температуру, близкую к температуре окружающей среды, создавая условия для эффективного использования фотопреобразователей.

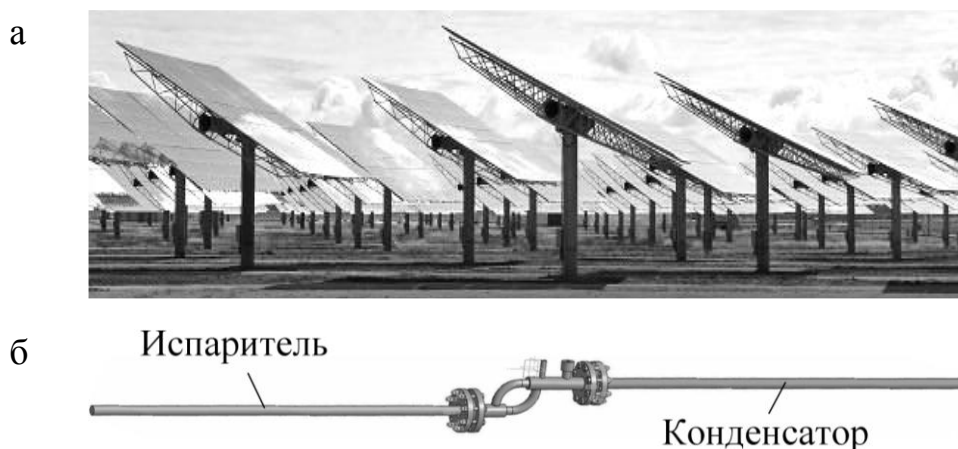


Рисунок 1 – PVT-панели (а) и пародинамический термосифон – теплотвод (б)

Пародинамические термосифоны могут быть выполнены с объемным либо удлиненным испарителем. Устройства с протяженным испарителем целесообразно применять с рассредоточенными источниками тепла. Такие ПДТ удобно монтировать, например, для организации теплообмена в адсорберах теплового насоса или холодильника на твердых сорбентах с приводом от альтернативных источников энергии. Теплообменники на тепловых трубах и термосифонах позволяют осуществить интенсивный теплообмен между входящим и выходящим потоками воздуха, а охладитель сорбционного теплового насоса конденсирует пары воды в потоке воздуха, контролируя таким образом его влажность на выходе системы кондиционирования (рис. 2).

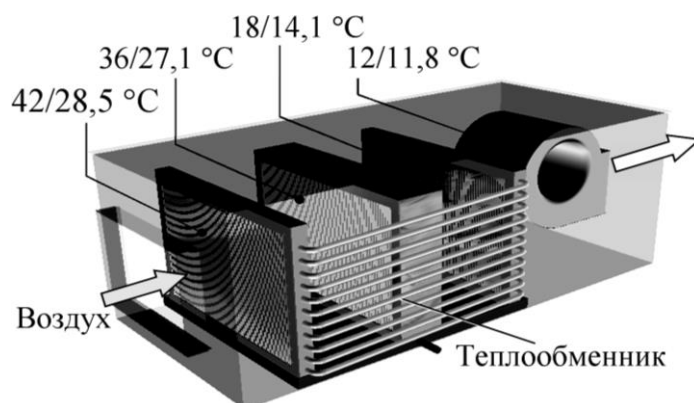


Рисунок 2 – Кондиционер воздуха с теплообменником-утилизатором на основе пародинамических термосифонов

Потребителями низкотемпературной энергии могут быть хлебопекарные, обжарочные и кондитерские печи. В теплообменнике (газ/воздух) на базе ПДТ используется тепловая энергия отходящих газов для нагрева чистого воздуха в камере термообработки. Горячий воздух с помощью вентилятора равномерно нагревает хлебобродуки. Обеспечиваются однородность температурного поля внутри камеры и, соответственно, высокое качество продукта.

С помощью тепловых труб можно утилизировать низкопотенциальную энергию грунта, биомассы, водных бассейнов и использовать ее для обогрева жилых и хозяйственных помещений. Вертикально погруженные в грунт тепловые трубы передают тепло испарителям тепловых насосов, а горизонтально расположенные принимают тепло от конденсаторов тепловых насосов и обогревают воздух в помещении. В Институте тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси разработаны длинномерные вертикально располагаемые в земле тепловые трубы и термосифоны, способные извлекать и передавать тепло с минимальными потерями. Корпус таких проводников тепла изготавливается из стали, в качестве рабочей жидкости применяются пропан, пропилен. Накоплен большой опыт создания и исследований тепловых труб и термосифонов разнообразных конструкций для работы в различных температурных условиях, имеются разработки оборудования на основе таких устройств, позволяющего полезно использовать тепло возобновляемых источников для технических и бытовых нужд.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ УТИЛИЗАТОРЫ ТЕПЛА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

*И.И. Жуковский¹, О.А. Корзун¹, А.Д. Чорный², Ю.В. Жукова², А.С. Побожный³,
В.Н. Коршун³, С.Н. Барнюк³*

¹*Общество с ограниченной ответственностью «СПЕЦТЕПЛОБЕЛ»*

²*Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси*

³*Открытое акционерное общество «Берёзастройматериалы»
e-mail: exsvan@list.ru¹, anchor@hmti.ac.by², korshunvictor@mail.ru³*

Экономия топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) – это одна из актуальных проблем, решение которой необходимо для повышения эффективности предприятий металлургической, машиностроительной, химической и нефтехимической отрасли, коммунального хозяйства, при производстве строительных материалов, поскольку коэффициент полезного использования энергоресурсов в Республике Беларусь и странах Евразийского экономического союза недостаточно высок, не превышая в ряде случаев 40%.

Согласно Государственной программе «Энергосбережение», повышение конкурентоспособности экономики за счет увеличения энергоэффективности при внедрении энергосберегающих мероприятий является приоритетом развития Республики Беларусь на 2016–2020 гг. Таким образом, использование вторичных энергоресурсов – один из основных путей экономии ТЭР и является повышением эффективности их использования путем утилизации тепла уходящих газов.



Рисунок 1 – Внешний вид

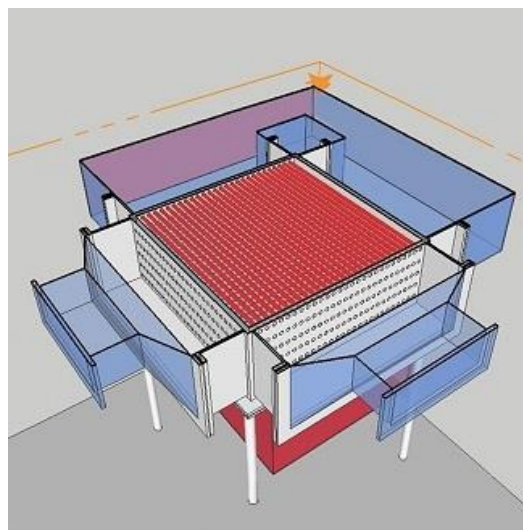


Рисунок 2 – Секции теплообменных поверхностей, вид в сечении

Предложенная конструкция теплопередающих поверхностей газовоздушного теплообменника (рисунок 1) выполнена в виде чередующихся, последовательно соединенных и перекрестно расположенных секций теплообменных труб (рисунок 2) с силовым замыканием зоны контакта гладких или

профилированных труб круглого сечения. Теплопередающие поверхности труб омываются поперечным потоком теплоносителя, в качестве которого могут выступать дымовые газы или воздух. Подобный тип конструкции может быть реализован и для газо-водяных теплообменных аппаратов.

Инновационное решение новой конструкции утилизатора тепла уходящих дымовых газов позволяет при одних и тех же габаритах не только увеличить площадь теплопередающей поверхности, но и турбулизовать потоки поступающего теплоносителя при повышении коэффициента теплоотдачи, а также реализовать самоочистку теплообменных поверхностей и устранить зоны с низким локальным коэффициентом теплоотдачи в кормовой части теплообменных труб.

С точки зрения технологии, при изготовлении теплообменных аппаратов такого типа отсутствует операция сварки теплообменных труб и трубных досок и, как следствие, в процессе эксплуатации нет коррозии в околошовных сварных зонах.

Технологическое пресловое оборудование профилирования теплопередающих поверхностей обеспечивает высокую производительность и постоянство исходных геометрических параметров в процессе производства и эксплуатации.

Аналогов разработанной конструкции теплообменного аппарата не существует в мировой практике, а рынком сбыта могут быть не только предприятия Республики Беларусь, но и стран Евразийского экономического союза.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Н.И. Камоцкая

Белорусский национальный технический университет

e-mail: kamozkaya@mail.ru

Энергетическая безопасность ТЭК и страны обеспечивается комплексом нормативно-правовых, научно-технических, экономических, организационных и других мер, которые способствуют выживанию предприятий в условиях кризиса, защите собственных интересов по развитию ресурсного потенциала, защите от угроз, обеспечению нормального уровня жизни населения страны.

Проведя анализ государственной структуры регулирования энергетической безопасности, можно сделать вывод о том, что в стране разбросанная структура управления, многие органы дублируют свою деятельность по реализации мер по обеспечению энергетической безопасности и повышению энергетической эффективности, что осложняет управляемость энергетической сферы. Так же, серьезным недостатком является великое множество постановлений, программ, которые в общем виде представляют собой ничем не подкрепленные планы.

Проведенный анализ с точки зрения законодательства и управляемости в энергетической сфере вызывает необходимость разработки комплексной системы обеспечения энергетической безопасности, которая способна не только предотвратить развитие негативных явлений, но и дать принципиальное решение стоящих задач. Комплексная система обеспечения энергетической безопасности должна содержать действенные механизмы и методы и стать инструментом целевого стратегического регулирования развития энергетического комплекса страны. Однако сложность в том, что подобной системы в нашей стране пока не выработано. Есть лишь отдельные фрагменты госрегулирования энергетического сектора и управления производством, но они не охватывают всю проблематику энергетической безопасности.

Разработаны организационно-экономический механизм обеспечения энергетической безопасности и дорожная карта обеспечения энергетической безопасности Республики Беларусь, в которой определены системные меры по 9 этапам и мероприятиям обеспечения критериев энергетической безопасности, что свидетельствует о сквозном характере и системности разработки, выполненной впервые. Новизна состоит – как в организационном построении системы обеспечения энергетической безопасностью сверху донизу, охватывающем все необходимые уровни иерархического управления и хозяйственные звенья, так и в содержательном наполнении уровней предложенной дорожной карте и этапов по ее реализации, которые включают весь необходимый инструментарий – экономический, правовой, регулятивный, организационный, ресурсный и т.п.

Указанные обстоятельства определяют суть методической базы создания системы обеспечения энергетической безопасности, отвечающей следующим

требованиям: 1) построение организационно-экономического механизма обеспечения энергетической безопасности и дорожная карта ее реализации должны ложиться в основу при осуществлении программной и проектной деятельности и развития энергетической сферы; 2) применение программно-целевого и проектного подходов должны стать обязательным условием на всех уровнях обеспечения критериев и параметров энергетической безопасности; 3) программные и проектные цели энергетической безопасности должны быть сбалансированы по экономической, финансовой, материально-технической, технологической, организационной, управленческой, инвестиционной и инновационной составляющим; 4) обеспечение согласованных мер и действий всех уровней государственного и хозяйственного управления, которые должны быть ориентированы на достижение параметров энергетической безопасности; 5) разработка научно-обоснованных критериев и показателей (параметров) энергетической безопасности с учетом показателей физической и экономической доступности энергетических ресурсов для населения и субъектов хозяйствования, а также организация контроля их исполнения, как инструмента поддержания устойчивости и сбалансированности внутреннего энергетического рынка; 6) оптимизация всей системы обеспечения ТЭК, позволяющая выстроить организационно и обеспечить экономически эффективное функционирование энергетической сферы исходя из целевых критериев, потребностей и интересов страны с учетом внешних и внутренних факторов.

Дорожная карта обеспечения энергетической безопасности и выработка рекомендаций по обеспечению энергетической безопасности страны должны сопровождаться анализом по девяти уровням (предложен алгоритм действий при разработке дорожной карты позволяющий: 1) разработку сценариев внешних условий; 2) разработку сценариев глобальных энергетических прогнозов и их влияние на энергетику страны; 3) прогнозирование социально-экономического развития Республики Беларусь и ее областей; 4) прогнозирование спроса на энергию и формирование энергетических балансов; 5) развитие топливно-энергетического комплекса в целом) обеспечения энергетической безопасности Республики Беларусь. Это позволяет создавать уникальные многоуровневые прогнозы, открывает широкие возможности для долгосрочной оптимизации ситуации на внутреннем рынке электроэнергии и топлива и их взаимодействия с внешними рынками энергоресурсов, проверять соответствие прогнозов производства и потребления энергоресурсов с точки зрения их экономической доступности и финансовой жизнеспособности для общества, энергетических отраслей и субъектов рынка.

Реализация предложенных мероприятий обеспечит и повысит уровень энергетической безопасности страны, а развитие теоретико-методических основ ляжет в основу формирования научно-практических исследований в сфере энергетической безопасности как отдельной области научного знания в Республике Беларусь.

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРПЕНОИДНЫХ ПРОДУКТОВ

И.А. Латышев, Е.И. Гапанькова, А.Ю. Клюев, Н.Г. Козлов
**Государственное научное учреждение «Институт физико-органической
химии Национальной академии наук Беларуси»**
e-mail: irinalatyshevitch@gmail.com

Для Республики Беларусь сосновая живица является основным видом возобновляемого терпеноидного сырья. Наличие карбоксильных групп и систем сопряженных двойных связей делает ее альтернативным сырьем для создания новых функциональных продуктов с комплексом полезных свойств и высокоэффективных, практически важных композиционных составов целевого назначения – модельные составы (МС) для точного литья металлических изделий сложной конфигурации с использованием модифицированной диспропорционированной канифоли и термоотверждаемых лаковых композиций для защиты поверхности металлических изделий.

Впервые для получения МС была использована диспропорционированная канифоль (ДЖК). Для повышения ее пластичности получали триэтаноламиновую соль (ТДЖК) путем смешивания с триэтаноломином.

Введение в рецептуру МС ДЖК от 2,5 до 15 мас. % соответствует содержанию ТДЖК от 4,0 до 22,5 мас. % (массовый процент соли канифоли определяется суммарным содержанием массовых процентов канифоли и триэтанолamina) значительно улучшает физико-механические характеристики состава. С увеличением введения в МС ДЖК, а значит и с повышением содержания ТДЖК в нем, значительно увеличивается теплоустойчивость МС с 38,0 до 48,0°С. Однако при этом наблюдается снижение предела прочности при статическом изгибе с 9,0 до 6,0 МПа.

Полученные результаты исследования легли в основу разработки рецептуры и технологии получения МС марки ЗГВ-103М. Опытные образцы составов, полученные с использованием ДЖК, прошли успешные лабораторные и расширенные производственные испытания на ОАО «ММП имени В.В. Чернышева» (Российская Федерация, г. Москва) и были рекомендованы для производства на ОАО «Завод горного воска» (Республика Беларусь, г.п. Свислочь) с последующим их использованием в литейном производстве для точного литья по выплавляемым моделям.

Вторым перспективным направлением переработки сосновой живицы является получение канифолетерпеномалеиновых аддуктов (КТМА), которые можно использовать для получения термоотверждаемых лаков для защиты металлических изделий.

Новым направлением для аддуктов является использование их в качестве отвердителей эпоксидных композиций при изготовлении препрегов, имеющих широкий спектр применения (строительство, армирующие элементы, изготовление спортивного инвентаря).

Производство КТМА заключается в использовании терпентина, который не требует затрат на ректификацию. Доступность исходного сырья, простота получения КТМА, высокие ее реакционные свойства делают эту смолу ценным химическим источником для получения новых продуктов.

Для синтеза КТМА и модифицированных КТМА (МКТМА) были использованы скипидарные растворы, содержащие смоляные кислоты и скипидар в соотношении от 30/70 до 70/30 мас. %, а в качестве модификатора нами был использован ацетат цинка, который позволяет получать лаковые покрытия с высокими физико-механическими свойствами. Условия, при которых проходит химическое модифицирование, просты и не требуют сложного технологического оборудования. Количество модификатора варьировали от 1,0 до 5,0 мас. %. С увеличением количества модификатора, вводимого в реакционную смесь, приводит к повышению T_p и снижению КЧ.

Для всех лаковых покрытий, полученных с использованием синтезированных МКТМА один из эксплуатационных показателей лаковых покрытий – удельное объемное электрическое сопротивление - больше 10^{13} Ом·м. Использование в качестве модификатора ацетата цинка приводит к снижению температуры (на 40,0 °С) и времени (в два раза) отверждения лакового покрытия. С увеличением глубины модифицирования КТМА происходит рост физико-механических характеристик: прочность при ударе увеличивается в 5 раз, твердости – в 2 раза, и адгезии - до 1 балла.

Препреги, полученные с использованием КТМА, имеют прочность на разрыв 400-600 МПа, модуль упругости 33–35 ГПа, жизнеспособность при 20°С не менее 30 суток.

Таким образом, КТМА являются эффективными отвердителями эпоксидных смол и могут составить конкуренцию импортным лакам и связующим для изготовления препрегов, поставляемых в Республику Беларусь.

Проведенные исследования показывают, что сосновая живица, при ее рациональном использовании, является незаменимым природным источником для разработки и выпуска новых продуктов – МС для точного литья, термоотверждаемых лаков для защиты металлических изделий и отвердителей эпоксидных композиций для изготовления препрегов.

УСТАНОВКА ВАКУУМНОГО ВЫСУШИВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ

В.М. Комаровская¹, О.И. Терещук¹, А.И. Дуцник², Р.В. Пигаль²

¹Белорусский национальный технический университет

*²УО «Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники»*

e-mail: maratovna81@tut.by

В Республике Беларусь содержится около 1,5 тысяч крупных животноводческих комплексов. Количество голов скота, содержащихся на таких комплексах составляет в рамках страны внушительную цифру: коровы – 1498 тыс.; свиньи – 2841 тыс.; овцы и козы – 151 тыс.; лошади – 43 тыс.; птицы – 50,7 млн. [1].

По воздействию на окружающую среду животноводческие фабрики приравниваются к промышленным компаниям: сельскохозяйственный производственный кооператив (СПК), где содержится 2,5 тысячи свиней, создает такое же количество отходов, какое образуется в результате жизнедеятельности поселка населением 7,5 тысяч человек [2]. Общеизвестно, что отходы жизнедеятельности скота используются в качестве удобрения на полях, однако большое его количество становится проблемой, поэтому навоз необходимо предварительно подготовить для использования в качестве удобрения, вносить его по установленным правилам и в определенных количествах, т.к. избыточное количество навоза приводит к обратному эффекту, когда культивируемые растения не воспринимают излишки, химическими элементами, находящимися в навозе, отравляется почва, ядовитые соединения вымываются осадками в водоемы [3].

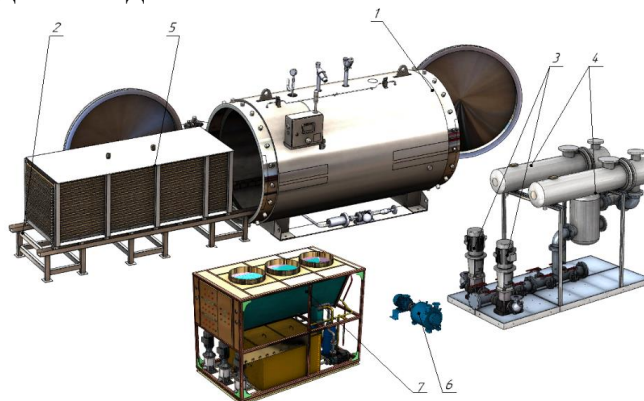
Для решения вышеописанных проблем в последнее время активно применяются установки, позволяющие перерабатывать навозную жижу непосредственно в готовые удобрения, и, что более интересно, вырабатывать из навоза энергию. В этих целях используются биогазовые установки, получившие наибольшее распространение в качестве источника «зеленой» энергии, и некоторые другие, гораздо менее распространенные способы переработки отходов жизнедеятельности скота [4].

Однако себестоимость энергии, получаемой с использованием биогаза из биогазовых установок, велика, ввиду высоких расходов на строительство и эксплуатацию подобных станций, и дотируется государством. Как показывают некоторые расчеты и первые опыты по получению энергии из навоза, использование самого навоза в качестве топлива более выгодно и позволяет добиваться большей энергоэффективности при меньших затратах.

Теплотворность сухого навоза составляет 16 МДж/кг. Для сравнения высушенная при атмосфере древесина с влажностью 20% имеет теплотворность в 15 МДж/кг; солома в тюках – 15 МДж/кг; уголь – 20 МДж/кг; пеллета из опилок – 17,17 МДж/кг; пеллета из соломы – 14,51 МДж/кг.

Количество навоза, производимого в среднем в год от разных видов скота: коровы – 6 т/год; свиньи – 1 т/год; лошади – 4,5 т/год; овцы и козы – 0,65 т/год. В рамках Республики Беларусь, даже с учетом того, что значительное количество навоза пойдет на удобрение, цифры, которые могут пойти на использование навоза в качестве топлива, колоссальны.

На рисунке 1 представлена вакуумная сушильная установка навоза, для высушивания и создания в дальнейшем топливных навозных брикетов.



- 1 – сушильная вакуумная камера; 2 – направляющие для загрузки оснастки с навозом в камеру;
 3 – водяные насосы для подачи теплоносителя к противням; 4 – бойлеры; 5 – прогреваемая оснастка, в которой располагаются слои навоза для высушивания; 6 – водокольцевой вакуумный насос;
 7 – чиллер для охлаждения вакуумной камеры

Рисунок 1 – Вакуумная сушильная установка

Загружаемый на противни с подогревом (5) навоз поступает в вакуумную камеру (1), где с помощью подаваемого теплоносителя (подогретой воды до температуры в 50 °С, в зависимости от степени вакуума) активно высушивается, после чего пар конденсируется на охлаждаемых с помощью подаваемой из чиллера (7) воды стенках вакуумной камеры и откачивается водокольцевым вакуумным насосом (6). На выходе из 1 тонны навоза получается примерно до 400 кг высушенного материала.

По расчетам, себестоимость одной тонны такого высушенного навоза, пригодного для использования в качестве топливных брикетов, составляет 150 руб./тонна.

Список использованных источников

1. AgroWeb Беларусь. Агрегатор статистической информации по сельскому хозяйству Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aw.belal.by/russian/belal.htm>.
2. Завтра твоей страны. Интернет портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zautra.by/news/news-21880>.
3. Минеев, В. Г. Агрохимия / В. Г. Минеев. – Москва: Изд-во МГУ, изд-во КолосС, 2004. – 720 с.
4. Хеннинг, Ф. Энергия из навоза скота. Положение, технологии и инновации в Дании / Ф. Хеннинг. – Тьеле: Agro Business Park A/S, 2018 – 40 с.

ВЫБОР РЕЖИМОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

А.А. Волков

Белорусский национальный технический университет

e-mail: volkovalex@mail.ru

Для обеспечения требуемого уровня напряжения в узлах распределительной электрической сети напряжением 6-10 кВ и в точках присоединения потребителей используются в основном трансформаторы напряжением 35 - 220/10(6) кВ в центрах питания (ЦП) и трансформаторы напряжением 10(6)/0,4 кВ на трансформаторных подстанциях (ТП).

Трансформаторы ЦП оснащены переключающими устройствами, которые позволяют регулировать коэффициент трансформации без отключения нагрузки (РПН). Трансформаторы в зависимости от напряжения и мощности выпускаются со ступенями регулирования от 1,25 до 1,78% и диапазонами регулирования от ± 10 до $\pm 16\%$. Регулирование напряжения с помощью трансформаторов с РПН может производиться как вручную, так и автоматически при наличии и настройки соответствующей автоматики регулирования напряжения (АРНТ). Возможность изменения коэффициента трансформации под нагрузкой позволяет использовать трансформаторы с РПН для осуществления встречного регулирования в течение суток.

Трансформаторы ТП оснащены устройствами переключения без возбуждения (ПБВ), которые позволяют изменить коэффициент трансформации только после его отключения от электрической сети. Трансформаторы выпускаются со ступенями регулирования 2,5% и диапазонами регулирования от $\pm 5\%$. Так как изменение коэффициента трансформации на таких трансформаторах связано с перерывом энергоснабжения потребителей, то такие трансформаторы не могут участвовать в суточном регулировании напряжения. Переключения могут проводиться несколько раз в год для коррекции напряжения при значительном сезонном изменении нагрузки и неудовлетворительном уровне напряжения у потребителей.

Наиболее эффективной методикой определения режима регулирования напряжения в распределительных электрических сетях представляется совместный выбор режима регулирования напряжения в ЦП и ответвлений трансформаторов с ПБВ.

На кафедре «Электрические системы» БНТУ составлен алгоритм и программа для совместного выбора ответвлений трансформаторов центра питания (ЦП) и трансформаторных пунктов (ТП) в распределительных электрических сетях.

В результате работы над алгоритмом и программой составлена диаграмма для выбора режима регулирования напряжения. Общий вид диаграммы пред-

ставлен на рисунке 1. Данная диаграмма позволяет наглядно провести совместный выбор ответвлений трансформаторов ЦП и ТП для различных режимов на основании значений потерь напряжения от шин низшего напряжения (НН) ЦП до шин НН ТП, а также потерь напряжения в сети 0,4 кВ до наиболее удаленного потребителя. С помощью диаграммы можно определить допустимые значения потерь напряжения до ТП и до потребителей, и наметить мероприятия в тех случаях, если не удастся выбрать сочетания ответвлений трансформаторов ЦП и ТП.

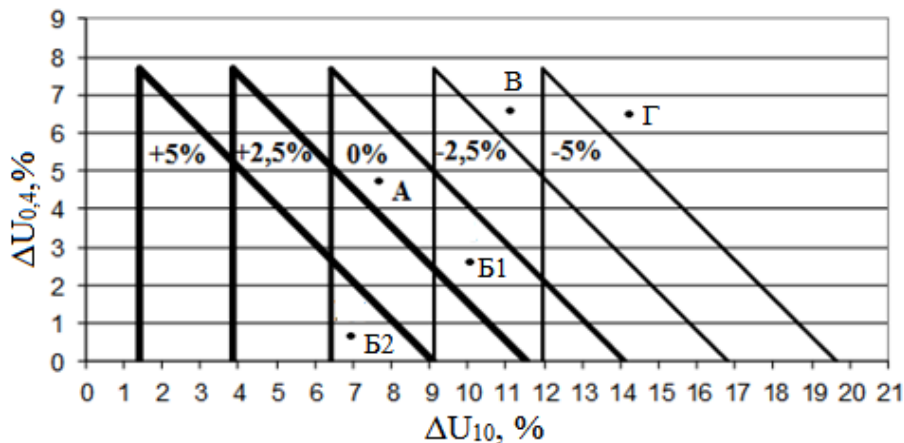


Рисунок 1 – Диаграмма для совместного выбора режима регулирования напряжения

Определены значения потерь напряжения в распределительных сетях 6-10 кВ и 0,4 кВ при которых возможен совместный выбор ответвлений трансформаторов ЦП и ТП. Для электрической сети 0,4 кВ потери напряжения от шин НН ТП до наиболее удаленного потребителя:

$$\Delta U_{\text{нн.у}} = \delta U_{+} + \Delta U_{\text{ннб}} - 2 \cdot \delta U_{\text{рег}} - \delta U_{-},$$

где δU_{+} и δU_{-} - верхний и нижний пределы отклонения напряжения в точке подключения потребителя; $\Delta U_{\text{ннб}}$ – потери напряжения от шин НН ТП до ближайшего потребителя; $\delta U_{\text{рег}}$ – точность регулирования напряжения на трансформаторе ЦП.

Наибольшее допустимое значение потерь напряжения в сети 0,4 кВ имеет место при точном поддержании напряжения в ЦП (без учета зоны нечувствительности АРНТ) $\Delta U_{\text{нн.у}} = 10\%$. С учетом зоны нечувствительности $\Delta U_{\text{нн.у}} \leq 8\%$.

Допустимые значение потерь напряжения в сети 6-10 кВ зависят от потерь напряжения от шин НН ТП до наиболее удаленного потребителя и регулировочного диапазона трансформаторов ТП.

Выполненные расчеты режимов распределительных электрических сетей при различных возможных сочетаниях напряжения в ЦП и ответвлениях трансформаторов ТП показали, что при увеличении напряжения в центре питания и учете статических характеристик нагрузки общие потери активной мощности (нагрузочные и холостого хода) могут увеличиваться.

ВЫБОР СРЕДСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО СЕКЦИОНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Е.В. Калентионок

Белорусский национальный технический университет

e-mail: ekol5@tut.by

Автоматическое секционирование, т.е. деление линии на несколько участков с помощью автоматически управляемых коммутационных аппаратов, позволяет отключить только поврежденный участок и сохранить электроснабжение значительной части потребителей. В этом случае существенно уменьшается недоотпуск электроэнергии потребителей при возникновении повреждений в электрической сети и тем самым повышается надежность электроснабжения потребителей.

В качестве коммутационных аппаратов для автоматического секционирования могут быть использованы: выключатели; реклоузеры; выключатели нагрузки; разъединители; отделители.

Однако, дополнительная установка средств автоматического секционирования требует затрат (инвестиций).

В условиях рыночной экономики для оптимизации секционирования сети целесообразно использовать чистый дисконтированный доход (ЧДД). При установке секционирующего устройства в течение одного года, ЧДД при установке i -го секционирующего устройства можно записывать в виде

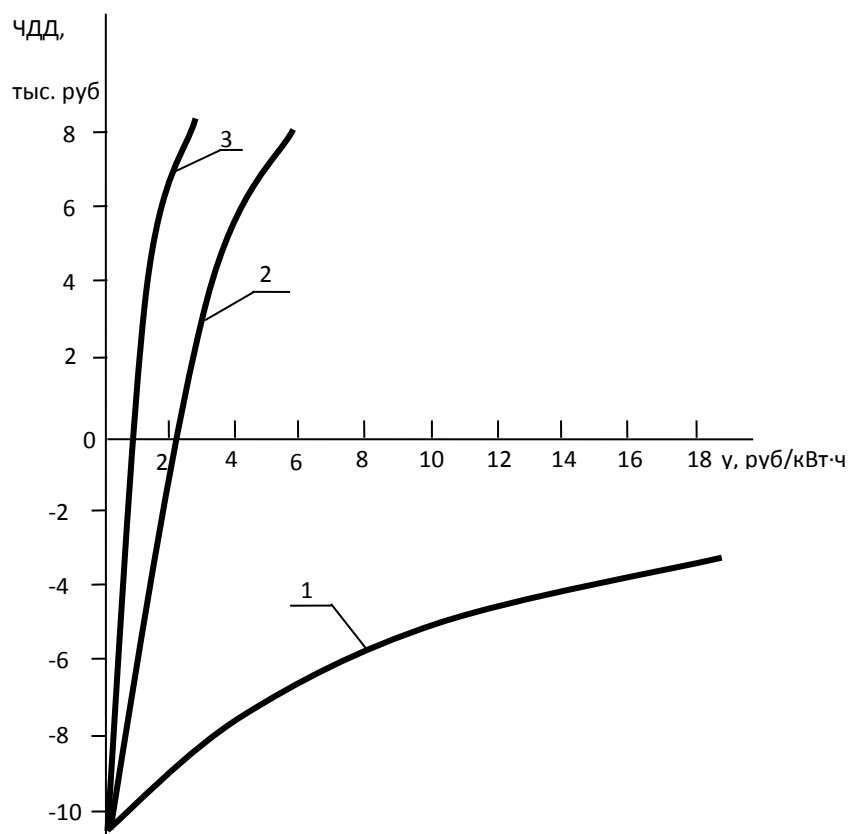
$$\text{ЧДД}_i = \sum_{t=1}^T \frac{D_{it} - I_{it} - K_{it}}{(1 + E)^t},$$

где T – расчетный период; D_{it} – доход от i -го секционирующего устройства в год t ; I_{it} – издержки в i -е секционирующее устройство в год t ; K_{it} – капитальные затраты в i -е секционирующее устройство в год t ; E – норма дисконта.

Доход в год t от установки i -го секционирующего устройства определяется в виде сокращения затрат электрических сетей на определение и выделение поврежденного участка линии электропередачи и снижение ущерба от перерывов электроснабжения.

Результаты расчетов ЧДД_i при различных значениях удельного ущерба у потребителей представлены в виде графика 1, приведенного на рисунке 1. Поскольку чистый дисконтированный доход при принятых параметрах имеет отрицательное значение, то установка реклоузера на рассматриваемой линии является экономически не целесообразна.

Зависимости 2 и 3 рисунка 1 построены для двух других линий электропередачи различной длины и мощности потребителей. Для этих линий экономически целесообразна установка секционирующего устройства при $u > 2$ руб/кВт·ч (зависимость 2) и при $u > 1$ руб/кВт·ч (зависимость 3).



1 – линия $L = 9,27$ км, $P = 459$ кВт; 2 – линия $L = 13,9$ км, $P = 890$ кВт;
3 – линия $L = 15,8$ км, $P = 2010$ кВт.

Рисунок 1 – Зависимость чистого дисконтированного дохода от удельного ущерба у потребителей от перерыва электроснабжения

Выполненные многовариантные расчеты с помощью специально составленной на кафедре «Электрические системы» БНТУ программы на ЭВМ, позволили установить, что эффективность установки дополнительных секционирующих устройств, зависит от их типа и стоимости, надежности электроснабжения потребителей, повреждаемости, коэффициентов загрузки и длины распределительных линий электропередачи, принятого расчетного периода и выполнения технических ограничений в электрической сети.

Показано, что наиболее перспективным техническим решением для автоматического секционирования распределительных электрических сетей является использование дистанционно управляемых выключателей нагрузки, как в трансформаторных подстанциях, так и на воздушных линиях электропередачи.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ОГНЕУПОРНЫЙ ПРИПАС ИЗ КВАРЦЕВОЙ КЕРАМИКИ

Ю. Г. Павлюкевич, Н. Н. Гундилович

УО «Белорусский государственный технологический университет»

e-mail: pauliukevich@belstu.by

Развитие и активное внедрение наукоемких технологий в металлургии, машиностроении, керамической и стекольной промышленности привело к необходимости совершенствования существующих и создания новых огнеупорных материалов, обладающих высокими физико-химическими свойствами, способных работать при значительных перепадах температур и термоциклировании. В Республике Беларусь огнеупорные изделия широко востребованы в металлургии и технологии строительных материалов и изделий, причем значительная их часть импортируется из стран ближнего и дальнего зарубежья. В свою очередь в Республика Беларусь существуют предпосылки для создания собственного производства вышеуказанных изделий, что позволит частично удовлетворить потребности внутреннего рынка и создать ориентированный на экспорт продукт, способствующий импортозамещению и развитию отечественных высоких технологий.

Одним из наиболее перспективных материалов для получения огнеупорного припаса, отвечающих высоким требованиям современной промышленности, является кварцевая керамика. Характеристики кварцевой керамики изотропны по объему и определяются основным сырьевым компонентом – кварцевым стеклом, которое обладает набором ценных физико-химических свойств: высокой химической устойчивостью, огнеупорностью, радиационной стойкостью, электроизоляционными свойствами, а также термостойкостью вследствие низкого коэффициента линейного термического расширения $(0,5-1,0) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (в диапазоне температур от 20 до 1400 °С). Материалы, получаемые на основе кварцевого стекла по керамической технологии по сравнению с кварцевым стеклом, обладают, кроме того, повышенной термостойкостью и теплоизоляционными свойствами. В зависимости от условий эксплуатации кварцевая керамика может использоваться вплоть до температуры плавления аморфным оксидом кремния, а при очень коротком времени (в течение нескольких секунд) температура поверхности изделий из кварцевой керамики может достигать 2200 °С без нарушения целостности [1, 2].

Обеспечение требуемых физико-химических свойств при получении кварцевых керамических огнеупорных изделий осложняется нежелательными процессами кристаллизации при обжиге, которые проявляются при температурах выше 1100 °С, причем с повышением температуры интенсивность процесса возрастает, что обуславливает необходимость поиска путей снижения температуры спекания кварцевой керамики. Кварцевое стекло, является термодинамически неустойчивым, поскольку его свободная энергия больше свободной энергии любой кристаллической формы кремнезема [3, 4].

Снижение температуры обжига при получении кварцевых керамических материалов может быть достигнуто при использовании активных добавок или связующих веществ, интенсифицирующих процесс спекания кварцевой керамики. Кроме того, использование связующих обусловлено необходимостью обеспечения формовочных свойств керамической массы при получении фильтрующих изделий методами полусухого прессования и экструзии, а также технологических свойств полуфабриката. Применение традиционных керамических технологических связующих, таких как глинистые компоненты и фосфатные связующие, недопустимо в связи с их значительным влиянием на процессы кристаллизации кварцевого стекла и физико-химические свойства материала. Введение большинства добавок в сырьевую композицию приводит к интенсификации процесса кристобалитизации [3, 4].

Особую группу материалов, представляющую интерес в качестве связующего для получения кварцевых керамических материалов, составляют кремнийорганические соединения [5]. Пиролиз кремнийорганических соединений приводит к образованию SiO_2 , CO_2 и H_2O . Формирующийся SiO_2 способен оказывать влияние на процессы структурообразования в материале, а пары воды, в соответствии с [1, 3], изменяют кристаллизационную устойчивость кварцевого стекла. В настоящее время вопрос влияния природы и количества связующих веществ на физико-химические свойства, структуру и фазовый состав кварцевой керамики изучен недостаточно и требует уточнения.

Научно обоснована и экспериментально подтвержденная целесообразность применения полифенилсилоксана в качестве сырьевого компонента при получении кварцевой керамики, что обусловлено его высокими пластифицирующими свойствами, а также интенсификацией процесса спекания за счет формирования в области контакта частиц тонкодисперсного аморфного оксида кремния, обладающего повышенной реакционной способностью, что позволило достичь механической прочности при сжатии 22–35 МПа/

Список использованных источников

1. Пивинский, Ю. Е. Кварцевая керамика / Ю. Е. Пивинский, А. Г. Ромашин. – М.: Металлургия, 1974. – 264 с.
2. Ходкевич, Л. П. Кварцевое стекло в производстве электровакуумных изделий / Л. П. Ходкевич; под общ. ред. Р. А. Нилендера. – М.: Энергоиздат, 1981. – 89 с. – (Библиотека технолога радиоэлектронной аппаратуры; вып. 23).
3. Алоян, Р. М. О процессе спекания и кристаллизации кварцевой керамики / Р. М. Алоян, С. С. Матинян, Т. Г. Ветренко // Науч. обозрение. – 2011. – № 4. – С. 30–34.
4. Влияние модифицирующих добавок на структуру и свойства пористой силикатной керамики / Т. А. Азарова [и др.] // Материаловедение. – 2008. – № 8. – С. 36–41.
5. Суздальцев, Е. И. Кварцевая керамика, объемно-пропитанная кремнийорганическим связующим спироциклического строения / Е. И. Суздальцев, Е. В. Горелова // Новые огнеупоры. – 2013. – № 7. – С. 27–29.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

С.Е. Баранцева¹, Ю.А. Климош¹, О.Ф. Кузьменкова², А.А. Толкачикова²
¹УО «Белорусский государственный технологический университет»

²Филиал «Институт геологии» Государственного предприятия

«НПЦ по геологии»

e-mail: svetbar@tut.by

Настоящее исследование посвящено изучению актуального вопроса возможности многофункционального применения магматических пород Беларуси, в частности гранитоидных, базальтовых и диабазовых, в качестве основы сырьевых композиций для синтеза силикатных материалов широкого диапазона использования в различных отраслях промышленности и техники.

Химический состав исследуемых пород [1], приведенный в таблице, является обоснованным критерием не только перспективности их использования при получении стекол, стеклокристаллических, керамических, теплоизоляционных и других силикатных материалов, но и улучшения экологической ситуации в регионах, связанных с добычей и переработкой этих полезных ископаемых, повышения эффективности разработки месторождений и расширения минерально-сырьевой базы Беларуси.

Таблица – Усредненный химический состав магматических пород

Порода	Массовое содержание оксидов, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO+ Fe ₂ O ₃	K ₂ O+ Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	п.п.п.
Гранитоиды	61,64	14,86	4,38	3,32	8,94	2,52	0,93	0,35	0,19	2,87
Диабаз	45,54	14,84	7,78	9,43	11,3	4,67	0,59	0,20	0,42	5,23
Базальт	46,11	11,49	5,0	7,87	14,0	4,30	1,74	0,31	–	9,18

Проведенные исследования позволили разработать научные основы синтеза широкой линейки силикатных материалов с использованием в качестве основного компонента сырьевых композиций магматических пород, как индивидуально, так и в комплексе, а также с модификацией различными добавками, придающими специальные свойства разрабатываемым материалам. К ним относятся стекла, минеральные (каменные) волокна, стеклокристаллические материалы (петроситаллы, каменное литье), керамические материалы строительного назначения (керамический кирпич, плитки для настила полов и внутренней облицовки стен), пористые теплоизоляционные наполнители, разделительные покрытия для кокильного литья алюминиевых сплавов, а также безобжиговые огнеупорные материалы на металлофосфатном связующем. Показатели физико-химических свойств разработанных материалов соответствуют требованиям нормативно-технической документации.

Следует отметить, что нижнепротерозойские гранитоидные породы кристаллического фундамента юга Беларуси, добываются при промышленной раз-

работке Микашевичского месторождения (Брестская область) и имеются в достаточном количестве, особенно их некондиционная фракция (отсевы), образующаяся при дроблении и являющаяся отходом производства дорожного щебня РУПП «Гранит», который необходимо утилизировать для улучшения экологической ситуации региона, прилегающего к вышеуказанному горно-перерабатывающему предприятию.

В республике разведаны Новодворское месторождение базальтов вендского возраста (Брестская область) и месторождение диабазов нижнепротерозойского возраста (Гомельская область). Предварительная оценка свидетельствует о значительной мощности залегания пород и их достаточном количестве, поэтому при условии промышленной разработки это сырье из разряда потенциально-перспективного перейдет в реальное.

В результате проведенного исследования определены и конкретизированы основные направления возможного многофункционального использования гранитов, базальтов и диабазов, которые представлены на схеме.



Рисунок 1 – Перспективные направления использования магматических пород

Разработанные рекомендации и оптимизированные технологические параметры получения силикатных материалов с использованием магматических пород Беларуси являются критериальной основой осуществления их масштабного изготовления в производственных условиях.

Список использованных источников

1. Химические анализы горных пород кристаллического фундамента Белоруссии: справочник / А.М. Пап [и др.]. Мн: Наука и техника, 1988. 243 с.

МОДИФИКАЦИЯ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ ОРГАНИЧЕСКИМИ КИСЛОТАМИ

Е.П. Шишаков, В.В. Коваль, С.А. Гордейко
УО «Белорусский государственный технологический университет»
e-mail: eshishakov@mail.ru

Древесные композиционные материалы (древесностружечные плиты, плиты OSB, фанера, древесные пластики) находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. При их производстве применяются клеящие и гидрофобизирующие вещества. В качестве клеящего вещества применяются, главным образом, карбамидоформальдегидные олигомеры, а в качестве гидрофобизирующих – парафин, канифоль, жирные кислоты, растительные и минеральные масла. Значительные перспективы имеет использование таллового масла – побочного продукта сульфатно-целлюлозного производства. Производство таллового масла в количестве до 4000 тонн в год организовано на заводе сульфатной целлюлозы Светлогорского ЦКК.

Использование гидрофильных карбамидоформальдегидных олигомеров и гидрофобных проклеивающих реагентов в процессе изготовления древесных композиционных материалов приводит к межфазному противоречию. Гидрофильный олигомер, нанесенный на поверхность древесной частицы, препятствует смачиванию и проникновению гидрофобного парафина внутрь древесной частицы. И наоборот – гидрофобный парафин препятствует проникновению, а затем и склеиванию древесных частиц отверждающимся олигомером. Указанное противоречие приводит к снижению прочностных свойств изделий и их водостойкости.

Схожие проблемы наблюдаются в технологии бумаги и картона, где также используются упрочняющие и гидрофобизирующие реагенты.

Решить указанную проблему можно путем использования бифункциональных соединений, содержащих гидрофильные и гидрофобные группы. В качестве гидрофильных групп выступают метилольные группы модифицированного карбамидоформальдегидного олигомера, а в качестве гидрофобных – остатки жирных или смоляных кислот таллового масла, соединенные с олигомером эфирной связью. Благодаря наличию большого количества гидрофильных метилольных групп такой олигомер будет хорошо растворяться или диспергироваться в воде и, следовательно, хорошо смачивать поверхность древесных частиц. В процессе изготовления изделий под действием температуры и кислых катализаторов олигомеры конденсируются с образованием прочных и водостойких полимеров, придающих повышенные эксплуатационные свойства изделиям. Одновременно упрощается процесс изготовления древесных композиционных материалов, так как можно использовать один реагент вместо двух.

В настоящей работе изучено влияние температуры, расхода жирных кислот и времени обработки на модификацию промышленной смолы марки КФ-МТ. Установлено, что при нагреве происходит химическое взаимодействие ме-

тилольных групп смолы с жирными кислотами. При этом кислотное число реакционной массы снижается от 20-40 до 2-5 мг на 1 г реакционной смеси. Непредельные кислоты (олеиновая) взаимодействуют быстрее и полнее, чем насыщенные (стеариновая кислота). Полученные закономерности показаны на рисунках 1 и 2.

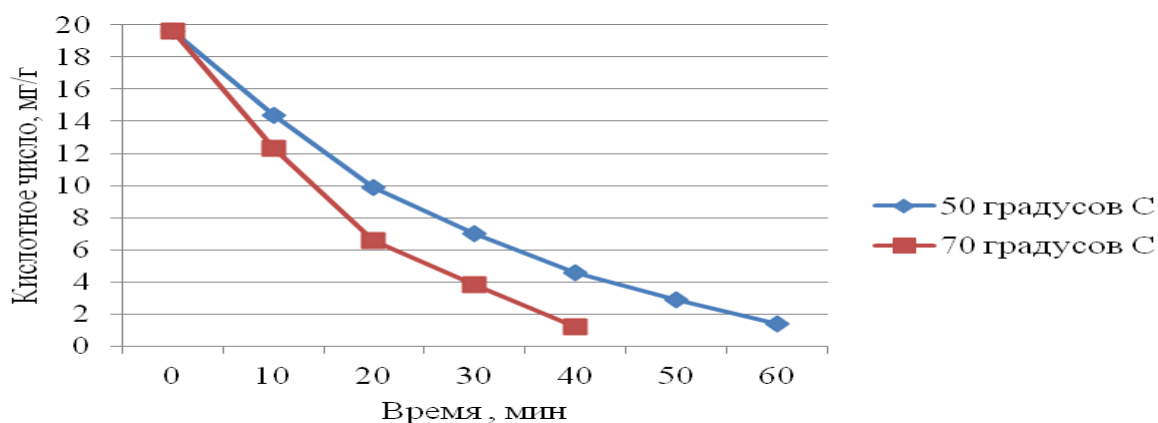


Рисунок 1 – Изменение кислотного числа реакционной смеси при использовании олеиновой кислоты

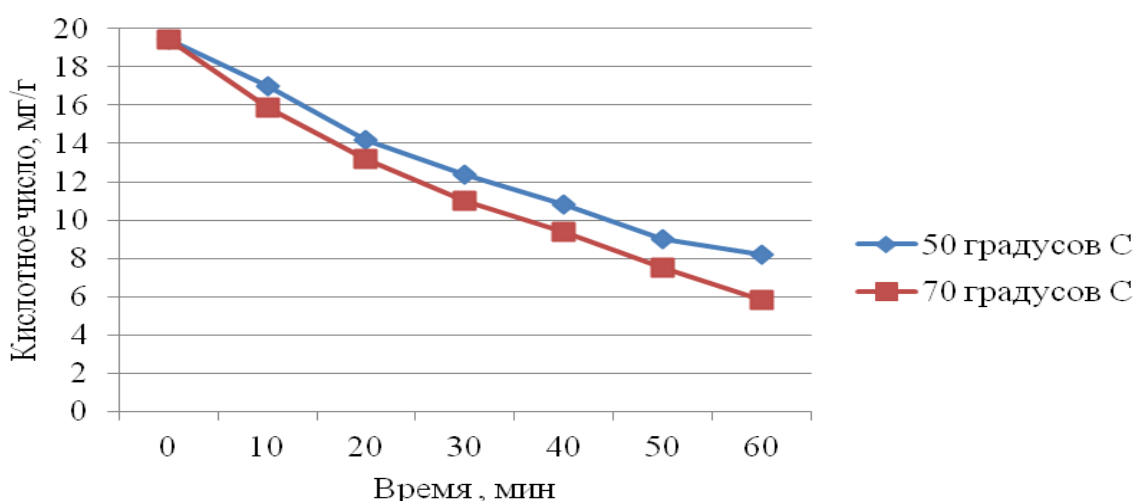


Рисунок 2 – Изменение кислотного числа реакционной смеси при использовании стеариновой кислоты

Модифицированные смолы могут отверждаться как при повышенной (120-170⁰С), так и при комнатной температуре (15-30⁰С).

Получение новых продуктов на основе карбамидоформальдегидных олигомеров, смоляных и жирных кислот, предназначенных для одновременного склеивания и гидрофобизации изделий, представляет научный и практический интерес в области развития лесохимии и деревообработки.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ СТИМУЛЯТОРЫ ПОДСОЧКИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Е.П. Шишаков, В.В. Коваль, С.А. Дашкевич

УО «Белорусский государственный технологический университет»

e-mail: eshishakov@mail.ru

В настоящее время около 38% территории Республики Беларусь покрыто лесами. Основной лесообразующей породой в наших лесах является сосна, составляющая около 70 % от количества лесных пород. Одним из продуктов побочного лесопользования является живица – смолистый продукт, образующийся при нанесении повреждений на стволе дерева. Живица служит исходным сырьем для производства канифоли и скипидара – весьма ценных лесохимических продуктов. Канифоль и продукты на ее основе широко используются в ряде отраслей промышленности: при производстве синтетического каучука, резинотехнических изделий, автомобильных шин, красок, олиф, клеев, продуктов для строительных и дорожных работ. В ряде отраслей, в частности, при синтезе каучука и производстве автомобильных шин альтернативной замены канифоли нет. Одним из крупнейших предприятий по переработке живицы в Республике Беларусь и Европейской части СНГ является ОАО «Лесохимик» (г. Борисов, Минская обл.). В 2015–2018 гг. предприятие ежегодно заготавливало и перерабатывало 3–3,5 тыс. тонн живицы. В тоже время мощности предприятия составляют 10 тыс. тонн живицы в год. Недостаточная загруженность предприятия (30–35%) приводит к высоким удельным затратам и, следовательно, к высокой стоимости канифоли и скипидара. В настоящее время потребность в продуктах на основе канифоли в РБ удовлетворена менее чем на 50%. Недостающее количество продуктов либо завозится из-за рубежа, либо заменяется другими, менее эффективными продуктами. Заготовка живицы является весьма трудоемким, низко производительным процессом с использованием ручного труда. Повысить эффективность заготовки живицы можно путем использования химических реагентов, называемых стимуляторами подсочки. В настоящее время в качестве таких реагентов используются концентрированные растворы щелочей, концентрированная серная кислота, хлорная известь и другие агрессивные реагенты. Эти вещества являются не только опасными в обращении, но они также угнетающе действуют на растущее дерево. Вследствие этого дерево ослабляется, и оно становится менее устойчивым к болезням и вредителям. Ситуация усугубляется неблагоприятными погодными условиями, участившимися в последние годы: засухами, возвратными заморозками, отсутствием снежного покрова в зимнее время. Таким образом, складывается противоречивая, сложная ситуация. С одной стороны, необходимо увеличить заготовку живицы для повышения рентабельности ее переработки и снижения стоимости канифоли и скипидара. С другой стороны – сохранение лесов требует ограничений в подсочке. Разрешить сложившуюся ситуацию можно путем использования новых, неагрессивных стимуляторов подсочки, не оказывающих отрицательного влия-

ния на дерево. В оптимальном варианте стимуляторы подсочки должны улучшить питание дерева и повысить его сопротивляемость болезням и вредителям. В качестве новых стимуляторов подсочки предложено использовать гидролизаты белоксодержащих продуктов: грибного мицелия, дрожжевого осадка, отрубей, солодковых ростков. В настоящее время, эти продукты либо не используются (грибной мицелий производства лимонной кислоты или антибиотиков, дрожжевой осадок вина или пива), либо используются ограниченно (отруби, солодовые ростки). В условиях кислотного или щелочного гидролиза оболочка микробной или растительной клетки разрушается, а ее содержимое переходит в раствор. Таким образом, получается экстракт, обогащенный биологически активными компонентами: аминокислотами, пептидами, витаминами, микро- и макроэлементами. Использование полученных экстрактов не оказывает вредного влияния на дерево и более того приводит к повышению его продуктивности по смолыделению. В настоящей работе изучено влияние режимных параметров щелочного гидролиза грибного мицелия на выход и состав гидролизатов. Установлено, что в процессе щелочной обработки в водорастворимое состояние переходит до 65 % биомассы мицелия. Основную часть водного экстракта составляют углеводы и азотистые вещества. Полученные закономерности приведены на рисунках 1 и 2.

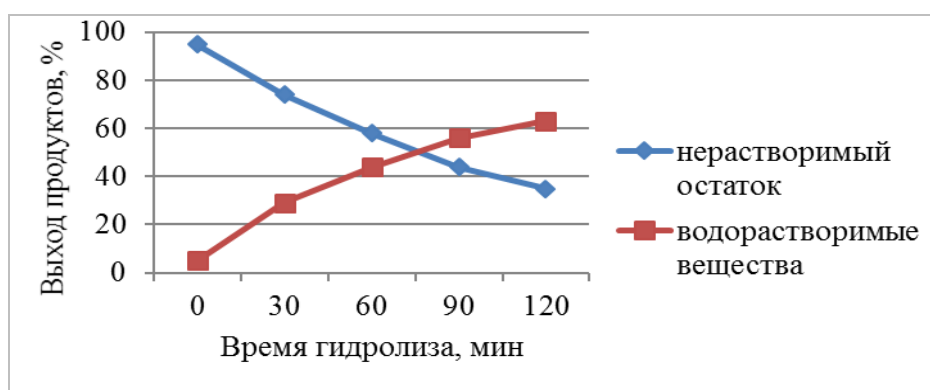


Рисунок 1 – Зависимость выхода продуктов гидролиза от времени реакции

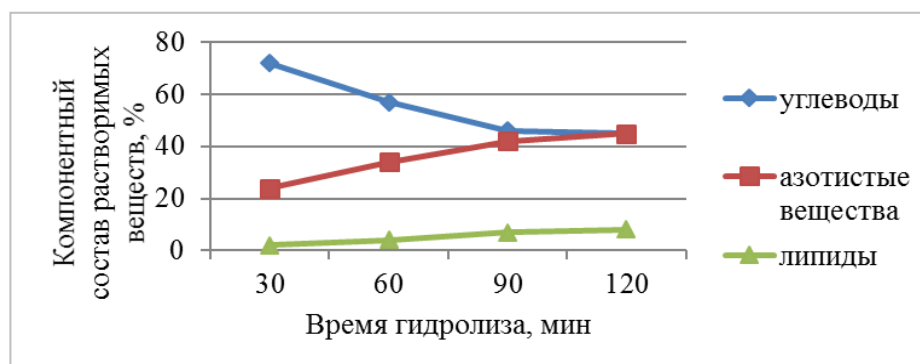


Рисунок 2 – Изменение компонентного состава гидролизата от времени гидролиза

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ТРИПЕПТИДА МЕТОДОМ ВЭЖХ

А.В. Попок, Ю.С. Ремизова, Т.Н. Генарова, Е.Г. Каранкевич, З.И. Куваева
ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси»
email:chempopok@yandex.by

Пептиды – семейство веществ, молекулы которых построены из двух и более остатков аминокислот, соединённых в цепь пептидными связями. Они являются разнообразными и универсальными молекулами, имеют огромный терапевтический потенциал и могут применяться в медицине. Тем не менее, только некоторые пептидные препараты были одобрены для лечения различных заболеваний человека [1].

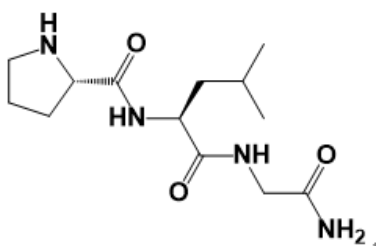


Рисунок – Фрагмент молекулы трипептида

PLG-NH₂ (Pro-Leu-Gly-NH₂) – это биоактивный трипептид, структуру которого образуют такие аминокислоты, как пролин, лейцин и глицин (рис.).

Лейцин обеспечивает азотистый баланс процесса обмена углеводов и белков, регулирует уровень сахара в крови, участвует в синтезе белков. Глицин в медицинской практике назначают в качестве антистрессорного и ноотропного препарата взрослым для повышения умственной работоспособности, при стрессовых ситуациях, психоэмоциональных напря-

жениях, при различных функциональных и органических заболеваниях нервной системы. Пролин входит в состав препаратов для здоровья костей и суставов, так как способствует формированию коллагена, восстанавливает структуру тканей. Кроме того, он препятствует развитию атеросклероза и обеспечивает здоровье кожи.

L-пролил-L-лейцил-глицинамид (PLG-NH₂), также известный как MIF-1 (фактор, ингибирующий высвобождение меланоцит-стимулирующего гормона), является C-концевым трипептидом окситоцина и эндогенным пептидом мозга, который оказывает различные фармакологические эффекты на центральную нервную систему. Клинические исследования показали, что MIF-1 может использоваться как лекарственный препарат при болезни Паркинсона и психической депрессии [2]. Так, при внутривенном введении пациентам с паркинсонизмом, получающим леводопу, PLG-NH₂ способствовал облегчению клинических симптомов [1].

Для анализа пептидного состава различных препаратов и выделения индивидуальных пептидов, в основном, используют газовую хроматографию и электрофорез. Однако, они имеют ряд недостатков: газовая хроматография не пригодна для анализа средних и длинных пептидов, а электрофорез не обеспечивает воспроизводимость разделения при рутинном анализе. Эффективное определение достигается при использовании высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) в обращенной фазе, которая лишена перечисленных недостатков. Стоит отметить, что методы ВЭЖХ вошли в фар-

макопей разных стран мира в качестве официальных методов, а также в ГОСТы и рекомендации по анализу многих соединений.

ВЭЖХ применяется для различных анализов пищевых продуктов, для ранней диагностики заболеваний по анализам биологических маркеров. Кроме того, используется в судебных и судебно-медицинских экспертизах. ВЭЖХ — один из наиболее важных методов исследования метаболитов лекарств, изучения процессов фармакокинетики [3].

В ряде работ проведены качественные и количественные анализы рассматриваемого трипептида с использованием ВЭЖХ. Это, например, исследование метаболизма PLG-NH₂ в плазме человека и крысы, анализ влияния трипептида на активацию работы мозга [2,4].

Таким образом, ВЭЖХ является перспективным и наиболее приемлемым методом для количественного определения трипептидов в различных объектах.

Список использованных источников

1. Case, T.C. Active and inactive L-prolyl-L-leucyl-glycinamide synthetic analogs in rat models of levodopa-treated Parkinson's diseases/ T.C. Case, S.R. Snider, V.J. Hruby, T. Rockway//Life Sciences. – Vol.36. – P. 2531-2537.
2. Khan, R.S. Brain Activation by Peptide Pro-Leu-Gly-NH₂ (MIF-1)/ R.S.Khan [et al.]//International Journal of Peptides. – 2009. – Vol.2010. – 10p.
3. Яшин, Я.И. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Состояние и перспективы/ Я.И. Яшин, А.Я.Яшин//Рос, хим. ж. (Ж. Рос, хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2003. – Т. XLVII, № 1. – С. 64-79.
4. Witter, A. H-Pro-[³H]Leu-Gly-NH₂: Metabolism in Human and Rat Plasma Investigated by High-Pressure Liquid Chromatography/ A. Witter, H. Scholliens, J. Verhoef//Neuroendocrinology. – 1980. – №30. – P.377-381.

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ю.М. Кротюк, А.Г. Гривачевский, В.В. Ткаченко

*Государственное научное учреждение «Объединенный институт
проблем информатики Национальной академии наук Беларуси»*

e-mail: krotiouk@newman-bas-net.by

Способ послойного синтеза (наращивания) детали, а также сложность самого технологического процесса спекания частиц порошка определяет особые требования к расчетным методикам автоматизированной подготовки управляющих программ металлургического 3D принтера [1]. При этом крайне важной является совместимость конструкторской, расчетной и технологической моделей при организации взаимодействия между CAE и CAM системами. Это порождает запрос на программные продукты, охватывающие полный цикл подготовки аддитивного производства, включающего функции расчета потребного количества ресурсов на изделие (материалов, времени, стоимости изготовления), компоновки рабочей камеры оборудования, генерации послойного представления модели с дополнительными поддерживающими элементами для будущей детали и составления управляющих команд в форматах данных для используемого оборудования. Указанные базовые функции дополняются также программно-алгоритмическими средствами, в которых учитывается специфика процесса 3D печати с использованием высокомошных концентрированных потоков энергии, решаются задачи анализа термо-нагруженного состояния, прогнозирования напряжений, расчета прочности и деформаций, топологической оптимизации конструкции и другие.

Технологическая подготовка в аддитивном производстве включает следующие этапы:

- валидация геометрии модели – визуальная и алгоритмическая проверка целостности геометрического представления модели, обеспечения заданной технологической точности;

- компоновка рабочего стола или камеры – импорт моделей в заданном объеме и с заданной точностью, приведение единиц измерений, позиционирование моделей в системе координат печатающего устройства;

- проектирование оснастки / поддержек – выявление мест, требующих проектирования дополнительной оснастки или поддержки, обеспечение наполняемости внутренних объемов;

- проверка аппаратной совместимости – проверка компоновки моделей на технологические и температурные ограничения печатающего устройства;

- генерация управляющих программ – составление и проверка числовых программ оборудования.

Отсутствие единой среды разработки приводит к разнообразию методологий проектирования и настроек рабочей среды, формирующих индивидуальный стиль и мешающих групповой работе. Очевидно, что необходимо наличие программных решений, которые обеспечили бы возможность построения интегрированных сред проектирования с учетом специфики решаемых ими задач, возможность их развития и адаптации при проектировании. С этой целью в ОИПИ НАН Беларуси проводились исследования по формированию интегрированных сред информационной поддержки процессов конструкторско-технологического проектирования и инженерного анализа конструкции сложных технических объектов (ИСППИА).

В работе ставится задача создания экспериментального образца системы информационной поддержки процессов конструкторско-технологического проектирования, компьютерного моделирования и технологической подготовки с использованием технологий аддитивного производства (АП). На базе совокупности математических и инструментальных средств (в том числе, на базе отраслевых суперкомпьютерных конфигураций), методов проектирования, моделирования и решения оптимизационных задач, результатов предыдущих исследований [2] по разработке инструментальных программных средств построения ИСППИА будет разработан экспериментальный образец ИСППИА АП, проведено тестирование экспериментального образца ИСППИА АП.

Для достижения поставленной цели в соответствии с базовыми направлениями исследований в рамках задания необходимо:

- объединить в рамках единого графического интерфейса и на основе единой базы данных программные средства построения интегрированной среды, а именно: среду графического моделирования, среду компьютерного моделирования аддитивных технологий, пакеты инженерного анализа и специализированные приложения, используемые для реализации процедур расчетов и оптимизации параметров элементов конструкции и этапов технологии аддитивного производства;

- провести тестирование экспериментального образца ИСППИА на реальной информации о проектируемых объектах и используемой для этого оборудовании.

Новизна предлагаемой работы заключается в разработке методических и программных средств по созданию ИСППИА АП с настраиваемой конфигурацией.

Список использованных источников

1. Ильющенко, А.Ф. Аддитивные технологии и порошковая металлургия / А.Ф. Ильющенко – Мн.: Медисонт – 2019. – 268 с.
2. Гривачевский А.Г. Инструментальные программные средства для создания САПР сложных технических объектов / А.Г. Гривачевский, Ю.М. Кротюк // Проблемы создания информационных технологий. Сб. научных трудов / – Мн.: Государственное предприятие «Информационно-вычислительный центр Белстата» –2018. – Вып. 28. – С.23 – 31.

СРЕДА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ
КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
(ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ОБРАЗЕЦ)

Ю.М. Кротюк, А.Г. Гривачевский

***Государственное научное учреждение «Объединенный институт
проблем информатики Национальной академии наук Беларуси»
krotiouk@newman-bas-net.by***

Применение современных методов и средств проектирования изделий на предприятиях связано с необходимостью согласования технологических схем проектирования с методологиями проектирования и инженерного анализа, реализованными в составе используемых программных продуктов. Специфика работы многих отечественных проектных организаций, занятых проектированием машиностроительных конструкций, заключается в вынужденном использовании нескольких САД-систем, а также пакетов математического моделирования и сред для проведения инженерных расчетов и исследований. Отсутствие единой среды разработки приводит к разнообразию методологий проектирования и настроек рабочей среды, формирующих индивидуальный стиль и мешающих групповой работе. Очевидно, что необходимо наличие программных решений, которые обеспечили бы возможность построения интегрированных сред проектирования самими проектировщиками с учетом специфики решаемых ими задач, возможность их развития и адаптации при проектировании сложных технических объектов.

С этой целью в ОИПИ НАН Беларуси проводились исследования по формированию сред информационной поддержки процессов проектирования и инженерного анализа конструкции сложных технических объектов (ИСППИА). Такие среды предназначены для обеспечения совместного функционирования приложений различных разработчиков, используемых в процессе проектирования и инженерного анализа конструкции, и объединяет в рамках единого графического интерфейса и на основе единой базы данных среду графического моделирования с пакетами инженерного анализа и специализированными приложениями, используемыми в заданной предметной области для реализации процедур расчетов и оптимизации параметров элементов конструкции и конструкции в целом.

Основная цель работы – на базе совокупности математических и инструментальных средств (в том числе, на базе отраслевых суперкомпьютерных конфигураций), методов проектирования, моделирования и решения оптимизационных задач, разработать и исследовать экспериментальный образец интегрированной среды информационной поддержки процессов проектирования и инженерного анализа конструкции сложных технических (ИСППИА). Для достижения поставленной цели в соответствии с базовыми направлениями исследований в рамках работы выполнено следующее:

– объединены в рамках единого графического интерфейса и на основе единой базы данных разработанные на предыдущем этапе исследования инструментальные программные средства построения интегрированной среды, среда графического моделирования, пакеты инженерного анализа и специализированные приложения, используемые в заданной предметной области для реализации процедур расчетов и оптимизации параметров элементов конструкции и конструкции в целом;

– разработаны алгоритмы функционирования ИСППИА в режиме клиент серверного приложения;

– проведено тестирование экспериментального образца среды на реальной информации о проектируемых объектах.

ИСППИА обеспечивает возможность автоматизированного выполнения перечисленных ниже функций:

– функции создания и ведения базы данных, обеспечивающей: хранение библиотечных сборочных моделей конструктивных элементов и моделей элементов конструкции, а также шаблонов их чертежей; хранение параметров проектов конструкций и файлов моделей этих проектов.

– функции редактирования элементов конструкции проекта путем ввода, замены, удаления значений параметров с применением специальных форм;

– функции расчета параметров геометрических моделей проектируемых элементов конструкции;

– функции взаимодействие со средой геометрического моделирования: открытие, перестроение моделей элементов конструкции, создание сборочных конструкций;

– функции поддержки процессов оптимизации параметров конструкции, которая осуществляется путем вариации параметров формы, размеров и свойств конструкции;

– поддержку процессов инженерного анализа элементов конструкции, включая подготовку данных для расчет напряженно-деформированного состояния конструкции, проведение прочностных расчетов балочных элементов и рам);

– функцию поддержки процессов выпуска конструкторской документации (чертежи, спецификации).

Использование разработанной на основе инструментальных программных средств среды показало ее функциональную достаточность и эффективность.

Список использованных источников

1. Гривачевский А.Г. Инструментальные программные средства для создания САПР сложных технических объектов / А.Г. Гривачевский, Ю.М. Кротюк // Проблемы создания информационных технологий. Сб. научных трудов / – Мн.: Государственной предприятие «Информационно-вычислительный центр Белстата» –2018. – Вып. 28. – С.23 – 31.

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСФЕРА ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОМ БИЗНЕСЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

О.И. Жук

Белорусский национальный технический университет

olgha.zhuk.95@gmail.com

Аннотация: в статье рассмотрены причины фрагментарного деления технологического развития промышленного производства Республики Беларусь. Это создает полярную дифференциацию территорий страны по уровню технологической модернизации и эффективности промышленного бизнеса.

Ключевые слова: трансфер технологий, цифровые технологии, промышленный бизнес, технологическая модернизация.

Трансфер цифровых технологий представляет собой основное направление экономического развития в постиндустриальной экономике, где информационные сети играют роль основы экономической инфраструктуры и взаимодействия, а цифровые технологии обеспечивают прорывную эффективность информационного обмена и управления на основе информации.

Среди белорусских ученых, исследующих трансфер технологий, можно выделить Данильченко А.В., Семака Е.А., Юрика С.В., Бертош Е.В. Однако ученые исследуют трансфер технологий как основополагающий аспект международного содействия стран, а именно, международный трансфер [1-3].

С точки зрения социально-экономического развития Республики Беларусь, трансфер цифровых технологий в промышленный бизнес представляет собой акселератор постиндустриализации, повышения конкурентоспособности национальных предприятий и их продукции, достижения стратегических целей развития экономики страны.

В настоящее время в промышленном бизнесе Республики Беларусь модели трансфера технологий включают их передачу по внутрифирменным структурам, межфирменным каналам и в международном обмене. Несмотря на такое количество используемых механизмов трансфера, большинство промышленных предприятий остаются слабо вовлеченными в технологическую трансформацию. Причины невовлеченности промышленного бизнеса в процесс трансфера цифровых технологий состоят в нестабильности взаимодействия научно-технической и производственной сфер экономики страны: совместные проекты реализуются не на постоянной основе (по заказу бизнес-сообщества), а эпизодически, в рамках программ и проектов, реализуемых на государственной основе и по инициативе специализированных технопарков и фондов.

В результате сложившейся ситуации в Беларуси образовалось разделение экономического производственного пространства – на центр, где активно внедряются и применяются передовые цифровые технологии, и на периферию, где промышленный бизнес ведется на экстенсивной основе, пользуясь технология-

ми 5-10-летней давности, обслуживает нужды местного населения и предприятий, но не является конкурентоспособным в национальных и международных сопоставлениях.

Список использованных источников

1. Бертош Е.В. Трансфер технологий как современная форма международных отношений / Е.В. Бертош // Коммуникации в информационном обществе: проблемы и возможности. – 2017. – С. 37-39.
2. Данильченко А.В. Современные модели международной экономической интеграции / А.В. Данильченко, Е.А. Семак // Веснік БДУ. Серыя 3, Гісторыя. Эканоміка. Права. – 2016. – № 2. – С. 81-85.
3. Юрик С.В. Международный трансфер новейших технологий и совершенствование его внешнеторгового регулирования в Республике Беларусь / С.В. Юрик. – Автореф. дисс. канд. экон. наук 08.00.14 Мировая экономика. – Минск, 2016. – 26 с.

Научное издание

**СОТРУДНИЧЕСТВО – КАТАЛИЗАТОР ИННОВАЦИОННОГО
РОСТА**

Сборник материалов
5-го Белорусско-Балтийского форума

Минск, 9–10 октября 2019 года

Подписано в печать 03.10.2019. Формат 60x84 ¹/₈. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 10,70. Уч.-изд. л. 4,18. Тираж 100. Заказ 709.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.



5й БЕЛОРУССКО-БАЛТИЙСКИЙ ФОРУМ

«Сотрудничество-катализатор инновационного роста»



Государственный комитет по науке и технологиям
Республики Беларусь
www.gknt.gov.by



Министерство образования Республики Беларусь
www.edu.gov.by



Белорусский национальный технический университет
www.bntu.by



Государственное предприятие «Научно-технологический
парк БНТУ «Политехник»
www.park.bntu.by



Посольство Литовской Республики
в Республике Беларусь
www.by.mfa.lt



Посольство Латвийской Республики
в Республике Беларусь
www.mfa.gov.lv

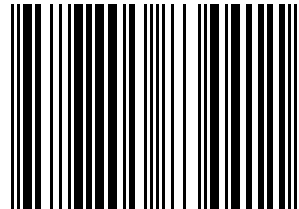


Латвийское агентство инвестиций и развития
www.liaa.gov.lv



Институт строительных материалов Вильнюсского
технического университета им. Гедиминаса
www.vgtu.lt

ISBN 978-985-583-441-1



9 789855 834411