

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Новосибирский государственный технический университет
Сибирское отделение Российской академии наук
Академия Военных Наук
Российская академия Ракетных и Артиллерийских наук
Межрегиональная ассоциация «Сибирское Соглашение»
Федеральное государственное казенное военное образовательное
учреждение высшего образования
Новосибирское высшее военное командное училище

НАУКА ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ОБОРОНА

**ТРУДЫ
XXII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
ПОСВЯЩЕННОЙ 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ПЕРВОГО ПОЛЁТА
ЧЕЛОВЕКА В КОСМОС**

г. Новосибирск, 21-23 апреля 2021 г.

Том III

СЕКЦИИ:

*ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ
БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ
ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ*

Новосибирск
2021

УДК 62+623](063)

ББК 72я431

Н 34

12 апреля 2021 г. исполнилось 60 лет со дня первого полета человека в космос. Его совершил гражданин СССР Юрий Гагарин. Стартовав с космодрома Байконур на корабле-спутнике "Восток", он провел в космосе 108 минут и благополучно вернулся на Землю. Первый полёт человека в космос имел важнейшее значение для дальнейшего развития космонавтики и всего человечества.

Н 34 **Наука Промышленность Оборона:** труды XXII Всероссийской научно-технической конференции: в 4 т. / коллектив авторов; под редакцией С.Д.Саленко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2021.

ISBN 978-5-7782-4411-5

Том 3: – 192 с.

ISBN 978-5-7782-4414-6

Редакторы тома:

Атапин В. Г., д.т.н., профессор (Секция №6. Технологические процессы в промышленности)

Коробейников С.М., д.ф.-м.н., профессор (Секция №7. Безопасность технологических процессов и производств)

Ларичкин В.В., д.т.н., профессор (Секция №10. Экология, природопользование, защита окружающей среды)

Представлены труды XXII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов «Наука Промышленность Оборона – 2021». Материалы представлены по следующим секциям:

- *технологические процессы в промышленности;*
- *безопасность технологических процессов и производств;*
- *экология, природопользование, защита окружающей среды.*

УДК 62+623](063)

ISBN 978-5-7782-4414-6 (Том 3)

ISBN 978-5-7782-4411-5

© Коллектив авторов, 2021

© Новосибирский государственный
технический университет, 2021

СОСТАВ ОРГКОМИТЕТА

Председатель оргкомитета:

Пустовой Н.В., д.т.н., профессор, председатель совета ректоров Сибирского Федерального округа, президент Новосибирского государственного технического университета (НГТУ).

Сопредседатели:

Диканский Н.С., академик РАН, советник РАН, профессор, д.ф.-м.н.;

Заболотный П.В., генеральный директор АО «НПО НИИИП-НЗиК»;

Серьезнов А.Н., д.т.н., профессор, научный руководитель государственного Сибирского научно-исследовательского института авиации имени С.А. Чаплыгина (СибНИА);

Панасенко С.Н., заместитель Генерального директора ПАО "Компания "Сухой", директор НАЗ им. В.П. Чкалова;

Фомин В.М., академик РАН, профессор, д.ф.-м.н., научный руководитель Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения РАН (ИТПМ СО РАН);

Марковчин С. Г., полковник, начальник Новосибирского Высшего Военного Командного училища;

Эдвабник В.Г., к.т.н., д.э.н., член-корреспондент РАН, зав. кафедрой АИУС, зам. генерального директора по развитию ОАО Научно исследовательский институт электронных приборов (НИИЭП).

Хмельников Е.А., д.т.н., профессор, Нижнетагильского технологического института (филиала) Уральского федерального университета имени первого президента России Б.Н. Ельцина, ученый секретарь РУСЦ РАН, член-корреспондент РАН, действительный член АВН,

Терехов В.И. д.т.н., профессор кафедры Технической теплофизики (ТТФ), ведущий научный сотрудник лаб. Термогазодинамики Института теплофизики СО РАН им. С.С. Кутателадзе.

Члены Оргкомитета:

Атапин В.Г., д.т.н., профессор, кафедра «Прочности летательных аппаратов» (ПЛА) НГТУ;

Балаганский И.А., д.т.н., профессор, кафедра «Газодинамических импульсных устройств» (ГДУ) НГТУ;

Гуськов А.В., д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Газодинамических импульсных устройств» (ГДУ) НГТУ – ответственный секретарь, действительный член Академия военных наук АВН;

Горбачев М.В., к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Технической теплофизики» (ТТФ) НГТУ;

Дьяченко Ю.В., д.т.н., профессор, кафедра «Технической теплофизики» (ТТФ) НГТУ;

Киселёв А.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Радиоприемных и радиопередающих устройств» (РПиРПУ) НГТУ;

Коробейников С.М., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой «Безопасности труда» (БТ) НГТУ;

Костин В.В., президент ООО «Авиатехснаб»;

Красноруцкий Д.А., к.т.н., доцент, кафедра «Прочность летательных аппаратов» ПЛА (НГТУ);

Курлаев Н.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Самолето- и вертолетостроения» (СиВС) НГТУ;

Ларичкин В.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Инженерных проблемы экологии» (ИПЭ) НГТУ;

Легкий В.Н., д.т.н., доцент, кафедра «Автономных информационных и управляющих систем» (АИУС) НГТУ;

Литвинцева Г.П., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой «Экономической теории и прикладной экономики» (ЭТПЭ) НГТУ;

Милевский К.Е., к.т.н., доцент, кафедра ГДУ НГТУ, член-корреспондент АВН;

Немировский Ю.В., д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник ИТПМ СО РАН, действительный член АВН;

Обуховский А.Д., к.т.н., доцент, заместитель заведующего кафедрой «Аэрогидродинамики» (АГД) НГТУ;

Поляков С.А., к.ю.н., доцент, заведующий кафедрой «Правоведения» (Правоведения) НГТУ;

Подружин Е.Г. д.т.н. профессор, кафедра «Прочности летательных аппаратов» (ПЛА) НГТУ;

Саленко С.Д., д.т.н., профессор, декан факультета летательных аппаратов НГТУ, заведующий кафедрой «Аэрогидродинамики» (АГД) НГТУ;

Чичиндаев А.В., д.т.н., профессор, кафедра «Технической теплофизики» (ТТФ) НГТУ;

Санков О.В., ст. преподаватель, кафедра «Автономных информационных и управляющих систем» (АИУС) НГТУ;

Рынгач Н. А., к.т.н., доцент, кафедра «Самолето- и вертолетостроения» (СиВС) НГТУ.

Редакционная коллегия сборника трудов научно-технической конференции «НПО-2021»

Саленко С.Д., д.т.н., профессор- председатель
Атапин В.Г., д.т.н., профессор
Балаганский И.А., д.т.н., профессор
Гуськов А.В., д.т.н., доцент- учёный секретарь
Горбачев М.В., к.т.н., доцент
Карпович А.И., д.э.н., профессор
Коробейников С.М., д.ф.-м.н., профессор

Красноруцкий Д.А., к.т.н., доцент
Курлаев Н.В., д.т.н., профессор
Ларичкин В.В., д.т.н., профессор
Легкий В.Н., д.т.н., профессор
Литвинцева Г.П., д.э.н., профессор
Обуховский А.Д., к.т.н., доцент
Поляков С.А., к.ю.н., доцент

СЕКЦИЯ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 678(075.8)

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ СИЛОВЫХ ПАНЕЛЕЙ ТАРЫ С БУМАЖНЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ ЯЧЕИСТОГО КАРТОНА

*Дюльдина Мария Владимировна, Ягрушкина Ирина Николаевна,
Калиновский Дмитрий Сергеевич*

Самарский государственный технический университет, 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус тел. (846)337-12-93

Дюльдина М.В., email dyuldina-marija@rambler.ru

Ягрушкина И.А., email htpkm@samgtu.ru

Калиновский Д.С., email kalinovskii.dima127@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Дюльдина Мария Владимировна,
Самарский государственный технический университет, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус тел. (846)337-12-93

Аннотация. Была изучена возможность замены фанеры на трехслойную конструкцию из двух листов стеклотекстолита с помещенным между ними сотовым наполнителем, выполненным из бумаги. Проведены механические испытания полученных образцов в лабораторных условиях. Проведена сравнительная оценка механических характеристик в зависимости от составов связующих. Показано, что данные материалы по своим механическим свойствам не уступают фанере, и, следовательно, позволяют решить вопрос по замене природного материала на синтетический.

Ключевые слова: силовые панели, бумажный наполнитель, тара, образцы.

Актуальной проблемой современного мира является замена природного сырья на синтетические материалы. На данный момент для перевозки различных грузов за рубеж широко используется тара из древесных листовых материалов. [1]. Как известно, для производства деревянной тары используются чаще всего хвойные и лиственные породы. Объемы потребления натуральной древесины во всем мире постоянно возрастают, причем возобновляемость лесных ресурсов не успевает за их потреблением [2]. Оценки Института мировых ресурсов показывают, что при современных темпах вырубки деревьев около 30-40% малонарушенных лесов могут исчезнуть в течение 10-20 лет. Мероприятия по восстановлению лесных ресурсов практически не проводятся. [3]. Перед российским лесным хозяйством стоит много проблем, которые сдерживают его развитие: это и низкий съем древесины с единицы площади эксплуатационных лесов, и малая эффективность лесовосстановления, не обеспечивающая темпы

воспроизводства хозяйственно ценных лесов на наиболее продуктивных и транспортно-доступных лесных землях и др. [4].

Эффективным путем решения проблемы сохранения сырья из древесины и увеличения запасов лесов является замена тары из природного материала на синтетическую. Внедрение полимерной тары снизит использование древесины, сократит материальные и временные издержки [5].

В данной работе изучена возможность замены фанеры на трехслойную конструкцию с бумажным наполнителем из ячеистого картона для производства тары. Цель работы – разработка трехслойных конструкций и оценка их физико-механических характеристик.

Образцы испытывали в лабораторных условиях по методикам, которые соответствуют действующим нормативно-техническим документам.

По результатам испытаний было проведено сравнение характеристик полученных образцов с механическими свойствами фанеры общего назначения с наружными слоями из шпона листовых пород ГОСТ 3916.1-96.

Технология получения трехслойных сотовых панелей заключалась в изготовлении несущих слоев, подготовке наполнителя, сборке и прессовании панели. Листы стеклотекстолита изготавливались толщиной 2 мм на основе стеклоткани марки Т-11 (ГОСТ 19170-73), пропитанной эпоксидной смолой ЭД-20, раствором эпоксидной смолы ДЭГ-1 и ЭД-20, полиэфирной смолой [6]. В качестве наполнителя применяли полимерсотопласт ПСП-1 (ТУ 1-5960103-82). Изготовление образцов начиналось с приготовления связующего и препрегов. Отвердители смол и режимы отверждения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Режимы отверждения смол

Компоненты связующего	Состав связующего для приготовления препрега		
	Образец №1	Образец №2	Образец №3
Смола	ЭД-20	ЭД-20	полиэфирная
отвердитель	ДЭГ-1	Изо-МТГФА	Изо-МТГФА
пластификатор	-	ДЭГ-1	-
ускоритель	-	АТК-02.1	-
наполнитель	30% тальк	30% тальк	30% тальк
Способ отверждения	холодное	горячее	холодное

Изготовление препрегов проводилось методом пропитки. Сущность пропитки заключалась в том, что стеклоткань в пропитывающем устройстве контактировала с вращающимся роликом, поверхность которого была покрыта полимерным связующим. На контактируемую с роликом поверхность наносилось связующее, которое под действием капиллярных сил мигрировало в глубь стеклоткани. При этом происходило равномерное насыщение стеклоткани связующим. Перед прессованием между бумажным наполнителем с двух сторон прикладывали листы препрега [7].

Образцы изготавливали методами холодного и горячего прессования. Горячее прессование заключалось в одновременном воздействии на материал давления и температуры. Под действием повышенной температуры связующее, находящееся в пропитанной стеклоткани, глубоко пропитывает листы наполнителя, образуя пакет и склеивает их друг с другом. Затем смола отверждается под действием высокой температуры и давления и окончательно скрепляет между собой листы наполнителя и наполнителя. В результате образуется плотный и монолитный материал [8].

Для проведения испытаний на изгиб вырезались образцы в виде полосы прямоугольного сечения размерами (длина $40H+10$, шириной $10\pm 0,5$). Испытания на сжатие проводились на образцах в соответствии с ГОСТ 56809-2015. Для каждого вида испытаний было изготовлено по 5 образцов.

В процессе перевозки грузов на транспортную тару действуют нагрузки сжатия и изгиба. Соответственно тара должна иметь высокую прочность и обладать высоким сопротивлением этим видам нагрузки. Таким образом испытания полученной конструкции проводились для определения разрушающей ее нагрузки на сжатие и изгиб. Таким же испытаниям подвергались образцы из фанеры общего назначения (ГОСТ 3916.1-2018) толщиной 6,5мм [9]. Испытания проводятся на машине ВТ1-ФВ010ТН.Д30.

Результаты исследований представлены на рис. 1,2 и в таблице 2.

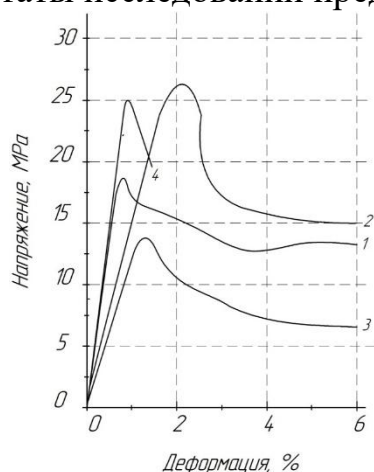


Рис 1. График зависимости напряжения от деформации при проведении испытаний на изгиб

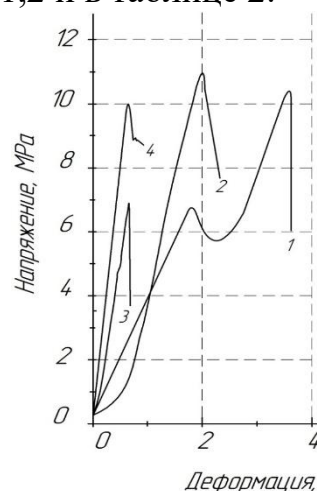


Рис 2. График зависимости напряжения от деформации при проведении испытаний на сжатие

Как видно из таблицы результаты проведенных физико-механических испытаний образцов указывают на повышенные прочностные характеристики некоторых полученных образцов трехслойных конструкций. Самые высокие физико-механические характеристики имеет образец №2- конструкция на основе стеклотекстолита на эпоксидном связующем. Данный образец по пределу прочности при сжатии и пределу прочности при изгибе может заменить фанеру общего назначения толщиной 6,5 мм.

Результаты проведенных физико-механических исследований в сравнении с фанерой убедительно доказывают, что этот материал обладает

повышенными прочностными характеристиками и может заменить её в производстве тары.

Таблица 2

Результаты механических испытаний

Испытание	Материал			
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4 (фанера)
Предел прочности при сжатии σ_m , МПа	10,32	11,73	6,63	8,5-11
Предел прочности при изгибе, МПа, не менее	18,6	26,3	13,83	25

Использование полимерных композиционных материалов предлагает множество возможностей по замене природного материала на синтетический, что значительно улучшит экологическую составляющую лесной отрасли. Таким образом, данный материал может быть рекомендован как альтернативная замена природному сырью, а именно фанере.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Максимова В. Ф. Экономическая теория: учебник / В. Ф. Максимова. – М.: Юрайт, 2014.
2. Bruce F. Kay Sikorsky S-75 ACAP Helicopter, March 7, 2013 © Copyright 2011 Sikorsky Archives.
3. Ендогур А.И., Кравцов В.А. Идеология проектирования авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов // Труды МАИ, 2015, № 81: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php ID=57755>
4. Kemethmueller S., Nagymasi M., Stiegelschmitt A. Viscous flow as the driving force for the densification of low-temperature co-fired ceramics // Am.Ceram.Soc.- 2007.- V. 90.-№1.-P.64-70.
5. Особенности механической обработки алюминиевых сотовых конструкций / В. В. Злотенко, Н. Н. Ишенина // Вестник СибГАУ. 2005. № 4 (10). С. 2.
6. Александров, А. Я. Конструкции с наполнителем из пенопласта/ А. Я. Александров и др. - М.: Машиностроение, 1972. – 211с.
7. Deshpande, V. S. Collapse of truss core sandwich beams in 3-point bending/V. S. Deshpande, N. A. Fleck // Int. J. Solids & Structures, 2001.- vol. 38.- Pp. 62-75.
8. Александров, А. Я. Многослойные пластинки и оболочки / А. Я. Александров, Л. И. Куршин // VII Всесоюзная конференция теории оболочек и пластинок. - М.: Наука, 1970. - С.714-721.
9. Абдуллин, И. Н. Трехслойные конструкции с ферменным наполнителем/И. Н. Абдуллин, С. М. Мусави Сафави, А. Джаварзадех // Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и

энергетики. Международной научно-технической конференции. Т1, Казань, 2015. - С.9-12

DEVELOPMENT OF COMPOSITE POWER PANELS FOR CONTAINERS WITH PAPER FILLERS MADE OF CELLULAR CARDBOARD

Dyuldina Maria Vladimirovna, Kalinovsky Dmitry Sergeevich, Yagrushkina Irina Nikolaevna

Samara state technical University, 443100, Russia,
Samara, Molodogvardeyskaya str., 244, Main building tel. (846)337-12-93

Dyuldina M. V., email dyuldina-marija@rambler.ru

Yagrushkina I.A., email htpkm@samgtu.ru

Kalinovsky D. S., email kalinovskii.dima127@mail.ru

Correspondence address: Dyuldina Maria Vladimirovna, Samara state technical University, 443100, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244, Main building tel. (846)337-12-93

Abstract. The article examines the possibility of replacing plywood with a three-layer structure of two sheets of glass-fiber with a honeycomb filler made of paper placed between them. Mechanical tests of the obtained samples were performed under laboratory conditions. A comparative assessment of the mechanical characteristics depending on the composition of the binder. The article proves that these materials are not inferior to plywood in their mechanical properties, and, therefore. They can solve the problem of replacing natural material with synthetic.

Key words: power panels, paper aggregate, containers, samples.

УДК 629.7.023.222

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА

*Малашенко Дмитрий Игоревич*¹², студент; *Лойченко Евгений Андреевич*¹

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-02-31

² Новосибирский авиационный завод им. В.П. Чкалова, 630051, Россия, г. Новосибирск, Ползунова, 15, тел. (383)278-85-01

Малашенко Д. И., email 410nsk@mail.ru

Лойченко Е. А., email ya.loy4encko@yandex.ru

Адрес для корреспонденции: *Малашенко Дмитрий Игоревич*, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-02-31

Аннотация. Данная статья рассматривает методы совершенствования процесса производства обшивок военной авиационной техники. Актуальность

данной темы обусловлена тем, что при производстве обшивок военной авиационной техники зачастую детали изготавливаются с дефектами. За счёт этого тратятся как денежные ресурсы предприятия, так и временные ресурсы. Чтобы избежать ряд проблем, нужно усовершенствовать производство обшивок. В данной статье приведены возможные варианты решения данной проблемы, с приведением положительных и отрицательных свойств различных методов.

Ключевые слова: совершенствование, химическое травление металла, изоляционный слой, дефект, технологический процесс.

1. Введение

При изготовлении обшивок размерным химическим травлением нередко образуется брак, так как места на детали, которые защищены изоляционным слоем повреждаются, и раствор серной кислоты попадает на эти участки. Задача заключается в том, чтобы предотвратить попадание раствора серной кислоты в заизолированные места детали.

2. Теория

Особенность изготовления обшивок заключается в переменной толщине листа детали. Чтобы достичь разную толщину на определённых местах в обшивке применяют размерное химическое травление. Площадь обшивки, которая должна остаться не изменённой закрывают изоляционным материалом. Зачастую применяют клей ХВК-2а. Данный клей наносится 1 слоем на поверхность заготовки. После чего обрабатываемую деталь опускают в 10% раствор серной кислоты. Далее заготовка проходит ряд обработки: раствор воды. После данной процедуры снимается изоляционный клей и происходит визуальный контроль детали. Зачастую на этом этапе обнаруживается брак, так как изоляционный клей был нанесён не ровным слоем или повреждён.

Совершенствование процесса производства обшивок заключается в создании нового метода изготовления, будут рассмотрены и экспериментально протестированы следующие методы:

- создание нового изоляционного материала, при использовании которого будет исключен человеческий фактор нанесения покрытия неровным слоем;
- создание подслоя для нанесения на границы обрабатываемой детали, при контакте с раствором серной кислоты, данное покрытие полностью нейтрализует его, тем самым защитит деталь от возможного образования дефектов;
- универсальное приспособление для разделения обрабатываемых и не обрабатываемых поверхностей. Данное приспособление будет крепиться вакуумно к границе не обрабатываемой поверхности. Данное приспособление полностью устранил возможность попадания раствора серной кислоты на поверхность детали, которая находится за пределами приспособления.

3. Результаты и обсуждение

После проведения ряда экспериментов, расчётов было выявлено:

- создание универсального приспособления для разделения обрабатываемых и не обрабатываемых поверхностей слишком трудозатратно и не подходит под различные виды обшивок, но не пропускает раствор серной кислоты на поверхности обшивки, не предназначенные для размерного химического травления;
- был создан новый изоляционный материал на основе эмали КЧ-7101, но с лучшими качествами по сравнению с предыдущим изоляционной эмалью. Данная эмаль не разрушается в растворе серной кислоты и наносится ровным слоем на обшивку. После нанесения требуется горячая сушка при температуре 150-200 градусов по Цельсию в течении 20-30 минут. Но данный изоляционный материал имеет недостаток – плохо удаляется с заизолированной поверхности;
- были проведены экспериментальные исследования по созданию подслоя для нанесения на границы обрабатываемых деталей. Благодаря экспериментам удалось выявить, что данный подслоя хорошо контактирует с изоляционной эмалью КЧ-7101, за счёт чего эмаль плотно прилегает к обшивке и не разрушается при попадании в раствор серной кислоты. Так же данный подслоя показал хорошую нейтрализацию серной кислоты, но побочным эффектом оказывается выпадение белого осадка на заготовку. Подслоя был протестирован из гидроксида натрия, оксидом бария и с добавлением цинка.

4. Выводы

Изготовление обшивок очень трудоёмкий процесс, который обусловлен рядом трудностей. При совершенствовании данного процесса были проведены различные эксперименты, было изучено много материала, был создан новый изоляционный материал и универсальное изоляционное устройство.

Можно сделать следующий вывод: совершенствование процесса изготовления обшивок военной авиационной техники лучше производить всего через создание нового подслоя для нанесения на границы обрабатываемой детали, при контакте с раствором серной кислоты, так как данный метод показал наилучшие положительные результаты в экспериментах при незначительных выявленных минусах.

Использование нового изоляционного материала на основе эмали КЧ-7101 считаю не востребованным, так как данный клей плохо удаляется с поверхности обрабатываемой детали, и зачастую приходится прибегать к удалению эмали при помощи различных инструментов.

Так же создание универсального приспособления для изоляции считаю не актуальным, так как нужно будет создавать различные приспособления для различных видов обшивок, к тому же нужно использовать такой материал, который будет не подвергаться растворению от раствора серной кислоты, но

при этом будет вакуумно прилегать к заготовке. Это показывает значительную трату временных и денежных ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ямпольский А.М., Ильин В.А. Краткий справочник гальванотехника. – Санкт-Петербург: Машиностроение, 2012. – 269 с.
2. Астахин В.В., Трезвов В.В., Суханова И.В. Электроизоляционные лаки. – М.: Химия, 2015. – 216 с.
3. Стерин И.С. Машиностроительные материалы для молодых рабочих. – Санкт-Петербург: Лениздат, 2017. – 272 с.
4. Лайнер В.И. Техминимум по гальваностегии. – М.: Полиграфика, 2014. – 343 с.
5. Вячеславов П.М. Оборудование цехов электрохимических покрытий. – Санкт-Петербург: Машиностроение, 2016. – 309 с.
6. Чеботаревский В.В., Кондрашов Э.К. Технология лакокрасочных покрытий в машиностроении. М.: Машиностроение, 2018. – 295 с.
7. Ануров А.А., Нестеров Ю.И. Гальванические токопроводящие покрытия. – М.: Машиностроение, 1983. – 63 с.
8. Государственные стандарты. Лаки, краски и вспомогательные материалы. Часть 1. – М.: Государственное издательство стандартов, 1963. – 276 с.
9. Гольдберг М.М. Лакокрасочные покрытия в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1974. – 576 с.
10. Ажогин Ф.Ф., Беленький М.А., Галль Е.И. Гальванотехника. – М.: Металлургия, 1987, 736 с.
11. Сухотин А.М. Справочник по электрохимии. – Санкт-Петербург: Химия, 1981. – 488 с.
12. Байсупов И.А., Волосатов В.А. Справочник молодого рабочего по электрохимобработке. – М.: Высшая школа, 1983. – 175 с.
13. Как просто! [Электронный ресурс]: Как нейтрализовать серную кислоту // <http://www.kakprosto.ru/> -. <https://www.kakprosto.ru/kak-107720-kak-neytralizovat-sernuyu-kislotu> - Загл. с экрана.
14. Химия. Секреты химии [Электронный ресурс]: Травление // <https://himya.ru/> -. <https://himya.ru/travlenie.html> - Загл. с экрана.
15. Инфрахим [Электронный ресурс]: Эмаль КЧ-7101 // <https://www.infracim.ru/> -. <https://www.infracim.ru/products/1763/> - Загл. с экрана.
16. ГОСТ 30535 – 97. Клеи полимерные. Номенклатура показателей. – Введ. 2002-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 – 17 с.
17. ГОСТ 9.049 – 91. Единая система защиты от коррозии и старения. Материалы полимерных и их компоненты. – Введ. 1972-07-01. – М.: Издательство стандартов, 1994 – 45 с.
18. ГОСТ 6433.3 – 71. Материалы электроизоляционные твёрдые. – Введ. 1972-07-01. – М.: Издательство стандартов, 1998 – 52 с.
19. ГОСТ 270 – 75. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении. – Введ. 1978-01-01. – М.: Стандартиформ, 2008 – 59 с.

20. ГОСТ 9.902 – 81. Единая система защиты от коррозии и старения. Материалы полимерные. – Введ. 1982-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1987 – 37 с.

IMPROVEMENT OF THE CHEMICAL PROCESS ETCHING ALUMINUM ALLOY PARTS

Malashenko Dmitry Igorevich^{1,2}, student; *Loichenko Evgeny Andreevich*¹

¹ Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073, Russia, tel. (383)346-02-31

² Novosibirsk Aviation Plant named after V. P. Chkalov, 630051, Russia, Novosibirsk, Polzunova, 15, tel. (383)278-85-01

Malashenko D. I., email 410nsk@mail.ru

E. A. Loichenko, email ya.loy4encko@yandex.ru

Correspondence address: Dmitry I. Malashenko, Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073, Russia, tel. (383)346-02-31

Abstract. This article examines methods for improving the production process of skins for military aircraft. The relevance of this topic is due to the fact that in the production of skins for military aircraft, parts are often made with defects. Due to this, both the financial resources of the enterprise and the time resources are spent. To avoid a number of problems, it is necessary to improve the production of skins. This article provides possible solutions to this problem, with a summary of the positive and negative properties of various methods.

Keywords: improvement, chemical etching of metal, insulating layer, defect, technological process.

УДК 669.018.44

МИКРОСТРУКТУРА ЖАРОПРОЧНОГО НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ЖС6У ПОСЛЕ НАПЛАВКИ ЭЛЕКТРОННЫМ ЛУЧОМ И ОТЖИГА

*Масс Анна Владимировна*¹, магистрант; *Фелюфьянова Анна*

*Владиславовна*¹, аспирант; *Хабиров Роман Рафаэлович*¹, магистрант

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (952)936-65-84

Масс А. В., email annmass@mail.ru

Фелюфьянова А. В., e-mail anna.felofyanova@mail.ru

Хабиров Р. Р., e-mail surlyrockfox@rambler.ru

Адрес для корреспонденции: Масс Анна Владимировна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (952)936-65-84

Аннотация. В данной работе исследована микроструктура никелевого сплава ЖС6У после наплавки электронным пучком и отжига при 1210 ° С с

выдержкой 1 час. Исследуемый материал после наплавки имел характерную дендритную структуру. В матрице γ -фазы обнаружены включения дисперсных частиц γ' -фазы. В междендритных промежутках и на границах кристаллитов образовались включения, которые можно идентифицировать как карбиды различной морфологии. После отжига дендритная структура сохранилась, а морфология карбидных включений не изменилась. Междендритные промежутки увеличились в результате диффузии атомов при повышенной температуре. В результате распада γ -фазы образовались мелкодисперсные частицы γ' -фазы, повышающие длительную прочность сплава. Это показывает эффективность отжига для сплава ЖС6У. Необходимо изучить влияние времени выдержки при отжиге на микроструктуру и свойства материала.

Ключевые слова: никелевый жаропрочный сплав; послойная наплавка; отжиг; γ -фаза; γ' -фаза; карбидные частицы.

Введение

Повышение коэффициента полезного действия – одна из основных задач при разработке современных авиационных газотурбинных двигателей [1]. Повышение рабочей температуры и давления в камере сгорания ГТД позволяет повысить удельную тягу и уменьшить расход топлива и массу [2]. В связи с этим актуальна задача повышения механических свойств материалов для ГТД. Одна из самых нагруженных его частей – лопатки, которые подвергаются механическим нагрузкам от давления газа при высокой температуре в течение длительного времени. Материал для лопаток должен обладать высоким пределом длительной прочности и жаростойкостью [3].

Жаропрочные никелевые сплавы имеют высокие эксплуатационные характеристики, поэтому являются основным материалом для изготовления турбинных лопаток. ЖС6У относится к литейным сплавам. Его матрица состоит из γ твёрдого раствора никеля, упрочнение достигается за счёт дисперсных частиц интерметаллидов γ' -фазы и карбидных включений [5].

Актуальной задачей является разработка эффективных методов изготовления деталей из жаропрочных никелевых сплавов и способов повышения их механических свойств. Наплавка пучком электронов позволяет точно контролировать кристаллизацию и обеспечивает высокую скорость наплавки. ТО сплава для турбинной лопатки должна проводиться при температуре, превышающей температуру эксплуатации изделия [6]. В данном исследовании сплав ЖС6У, полученный электронно-лучевой наплавкой подвергался отжигу при 1210 °С с выдержкой 1 час. Цель работы заключается в изучении микроструктуры сплава ЖС6У после наплавки и отжига.

Материалы и методики

В качестве подложки для наплавки использовалась коррозионностойкая сталь AISI 321. Наплавляемый материал состоял из никелевой оболочки и порошкового наполнителя, содержащего легирующие элементы сплава ЖС6У.

Термическая обработка образцов проводилась в муфельной печи с охлаждением вместе с печью. Для изучения микроструктуры материала применялась световая и растровая электронная микроскопия.

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 представлена микрофотография образца после наплавки. Заметно характерное для литого сплава дендритное строение. В матрице γ -фазы обнаружены неравноосные частицы γ' -фазы. В междендритных областях и на границах зёрен расположены карбидные частицы различной морфологии.

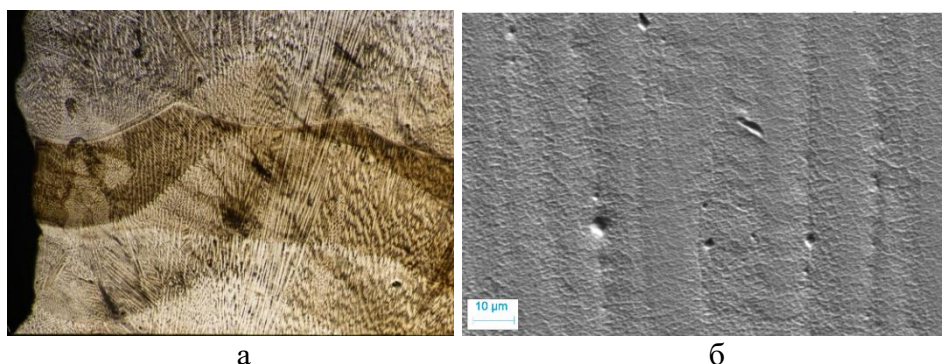


Рисунок 1 – Микроструктура ЖС6У после наплавки до отжига: а – световой микроскоп, б – растровый электронный микроскоп

Микроструктура после отжига показана на рисунке 2. Дендритная структура сохранилась, однако междендритные промежутки увеличились. Это свидетельствует о диффузии атомов и начале распада дендритов, но процесс не был завершен, вероятно, из-за малого времени выдержки при отжиге. Интерметаллиды γ' в материале не наблюдаются. В работе [6] зафиксировано образование γ' -фазы с размером частиц менее 0,3 мкм. Вероятно, при отжиге сплава из твёрдого раствора выделились мелкодисперсные интерметаллидные частицы, не видимые при данном увеличении микроскопа. Согласно [7, 8] формирование частиц γ' -фазы с малым размером и кубической формой зёрен приводит к повышению длительной прочности сплава. Морфология и распределение карбидных частиц после отжига не изменились. В работе [7] отмечается, что первичные карбиды типа M_3C , повышающие механические свойства сплава, формируются в междендритных промежутках, а на границах зёрен располагаются твердые карбиды $M_{23}C_6$ и M_6C , охрупчивающие сплав.

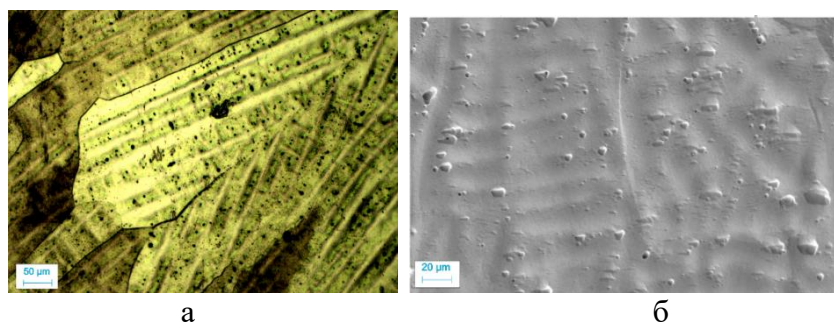


Рисунок 2 – Микроструктура ЖС6У после отжига: а – световой микроскоп, б – растровый электронный микроскоп

Выводы

Микроструктура сплава ЖС6У состоит из дендритных кристаллов, дисперсных включений интерметаллидов и карбидов. Отжиг при 1210 °С в течение 1 часа приводит к формированию мелкодисперсных частиц γ' -фазы, однако его длительности недостаточно для формирования гомогенной структуры. Также необходимо изучить зависимость морфологии и расположения карбидных частиц от режимов термической обработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агульник А. Б., Гусаров С. А., Омар Х. Х. О. Выбор основных параметров циклов газопаротурбинной установки для газоперекачивающего агрегата //Труды МАИ. – 2017. – №. 92. – С. 16-16.
2. Базылева О. А., Аргинбаева Э. Г., Туренко Е. Ю. Высокотемпературные интерметаллидные сплавы для деталей ГТД //Авиационные материалы и технологии. – 2013. – №. 3 (28).
3. Каблов Е. Н. Стратегические направления развития конструкционных материалов и технологий их переработки для авиационных двигателей настоящего и будущего / Е. Н. Каблов, О. Г. Оспенникова, Б. С. Ломберг // Автоматическая сварка. - 2013. - № 10-11. - С. 23-32.
4. Каблов Е. Н. Никелевые жаропрочные сплавы для литья лопаток с направленной и монокристаллической структурой / Е.Н. Каблов, И.Л. Светлов, Н.В. Петрушин /Материаловедение. – 1997. – №. 4. – С. 32-39
5. Рогов В. А. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Штамповочное и литейное производство: учебник для вузов / В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2018. — 330 с.
6. Корниенко Е. Е. Влияние термической обработки на структуру и свойства жаропрочного никелевого сплава ЖС6У / Е. Е. Корниенко, М. В. Рашковец, Д. В. Лазуренко // Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа : 8 Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 50-летию основания Ин-та химии нефти : тез. докл., Томск, 1–5 окт. 2019 г. – Томск : Изд. Дом ТГУ, 2019. – С. 443-444
7. Кишкин С. Т. Литейные жаропрочные сплавы на никелевой основе / С.Т. Кишкин, Г.Б. Строганов, А.В. Логунов /М.: Машиностроение. – 1987. – 116 с.
8. Sims C. T. Superalloys II / C.T. Sims, N.S. Stoloff, W.C. Hagel / New York: Wiley, 1987. – P. 198.

MICROSTRUCTURE OF HEAT-RESISTANT NICKEL ALLOY ZHS6U AFTER ELECTRONIC BEAM SURFACING AND ANNEALING

Mass Anna Vladimirovna¹, Master's Degree student; Felofyanova Anna Vladislavovna¹, Ph. D. student; Khabirov Roman Rafaelovich¹, Master's Degree student

Novosibirsk State Technical University, 20, Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073,
Russia, tel. (952)936-65-84

Mass A. V., email annmass@mail.ru

Felofyanova A. V., e-mail anna.felofyanova@mail.ru

Khabirov R. R., e-mail surlyrockfox@rambler.ru

Abstract. In this work, the microstructure of the ZhS6U nickel alloy was investigated after surfacing with an electron beam and annealing at 1200 °C with a holding time of 1 hour. The studied material after surfacing had a characteristic dendritic structure. In the matrix of the γ -phase, inclusions of dispersed particles of the γ' -phase were found. In the interdendritic gaps and at the boundaries of crystallites, carbide inclusions were formed. The dendritic structure was preserved and the morphology of the carbide inclusions did not change after annealing. The interdendrite gaps have increased as a result of diffusion of atoms. The particles of the γ' -phase were not detected at the used magnifications of the scanning electron microscope. Probably, as a result of the decomposition of the γ -phase, finely dispersed particles of the γ' -phase, which increase the long-term strength of the alloy, were formed. This shows the efficiency of annealing as a treatment for ZhS6U alloy. It is necessary to study the effect of the exposure time of annealing on the microstructure and properties of the material.

Keywords: Nickel heat-resistant alloy; layer-by-layer surfacing; annealing; γ -phase; γ' -phase; carbide particles.

УДК 159.944.3

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕЛЕДИАГНОСТИКИ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

*Коротких Владимир Владимирович*¹; *Белокопытов Сергей Викторович*¹;
*Меньшов Антон Альбертович*², магистрант

¹ Новосибирское высшее военное командное училище,
630117, Россия, г. Новосибирск, ул. Иванова, 49

² Новосибирский государственный аграрный университет,
630039, Россия, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160

Коротких В.В., email: korotkich77@mail.ru

Белокопытов С.В., e-mail: belokop_sv@yandex.ru

Меньшов А.А., e-mail: foura@211.ru

Адрес для корреспонденции: *Коротких Владимир Владимирович*,
Новосибирское высшее военное командное училище,
630117, Россия, г. Новосибирск, ул. Иванова, 49
(кафедра эксплуатации и ремонта ВВТ), тел. 8-905-931-24-08

Аннотация. Обоснована актуальность применения теледиагностики для бронетанкового вооружения и техники (БТВТ) и военной автомобильной

техники (ВАТ). Проанализированы различные способы передачи диагностических данных о техническом состоянии мобильных объектов на расстояние. Описан принцип и основные составляющие технической системы для дистанционной передачи диагностической информации. Установлено, что наиболее удобными и приемлемыми способом передачи диагностической информации является спутниковые системы, и проанализирован один из вариантов применения таких систем в виде сети подвижной спутниковой службы. В результате проведенного анализа предложена обобщенная схема теледиагностики БТВТ и ВАТ и описана суть её функционирования.

Ключевые слова: техническая диагностика, дистанционная передача информации, техническое обслуживание, ремонт, теледиагностика.

Введение.

Выступая на коллегии Министерства обороны 24 декабря 2019 года Главнокомандующий РФ Путин В.В. выделил четыре основных задачи по укреплению и развитию армии и флота. Первой из задач ставится достижения уровня оснащения армии и флота современным оружием и техникой не менее 70 процентов до конца 2020 года [1].

Более того, Владимир Владимирович, указывает на то, что: «...Этот уровень – имею в виду 70 процентов новой техники в войсках – важно достичь и стабильно поддерживать в будущем...» [1].

Стабильная поддержка 70%-го уровня современной техники обеспечивается системой комплексного технического обслуживания и ремонта вооружения и военной техники (ВВТ), одной из неотъемлемой частью которой, в соответствие с п.11 Приказа № 33 [2], является контроль технического состояния ВВТ.

Перспективным при контроле технического состояния является применение теледиагностики (дистанционного диагностирования) для БТВТ и ВАТ. Теледиагностика позволит повысить своевременность и правильность диагностирования неисправностей БТВТ и ВАТ. В связи с этим применение теледиагностики для мобильных технических объектов, к которым относятся БТВТ и ВАТ, является актуальным.

Анализ.

Теледиагностика – процесс выявления дефекта на стадии его зарождения и оценка технического состояния техники с использованием современных средств передачи информации на большие расстояния.

Для сбора и накопления информации о состоянии контролируемых блоков служит устройство, передающее информацию на сервер с определенной частотой в случае нахождения в зоне покрытия сети, или накапливающая для последующей передачи при отсутствии связи [3].

Устройство, позволяющее диагностировать контролируемые блоки техники и передавать на сервер информацию о их состоянии должно поддерживать связь с электронным блоком управления техники, иметь датчики первичной информации (GPS, акселерометр и гироскоп), иметь память для

записи телеметрической диагностической информации в случае нахождения вне зоны покрытия сети, прямо-передающее устройство для соединения с сервером. Данное устройство представлено на рисунке 1.

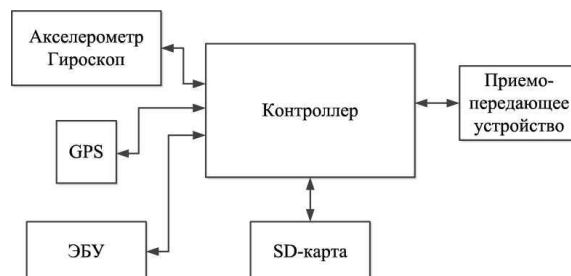


Рисунок 1 – Структурная схема устройства диагностирования техники

Ведущие машиностроители занимаются активной разработкой систем удаленной диагностики автомобилей. Особое внимание данному направлению уделяют такие производители, как Chevrolet, Volkswagen и другие.

Сотовая связь, или GSM-стандарт, использует определенную ширину частот, позволяет каждой технике присвоить определенный позывной, что влияет на идентификацию.

Радиосвязь, как и GSM-стандарт, использует определенную широту частот, но в меньшем количестве, при этом связь между определенной группой осуществляется на одной частоте, что затрудняет распознавание техники, с которой прислан код.

При использовании Bluetooth или Wi-Fi модуля необходимо учитывать малый радиус действия до 15 метров, техника постоянно должна находиться в этом радиусе или попадать в него с определенным интервалом времени для считывания необходимой информации.

Наиболее удобными и приемлемыми способом передачи диагностической информации является спутниковые системы. В связи с этим проведем более подробный анализ этого способа передачи телеметрических данных [4].

Подвижная спутниковая служба – спутниковая служба, обеспечивающая радиосвязь между подвижными земными станциями и одной или несколькими космическими станциями; или между космическими станциями, используемыми этой службой; или между подвижными земными станциями посредством одной или нескольких космических станций [5] (рисунок 4).

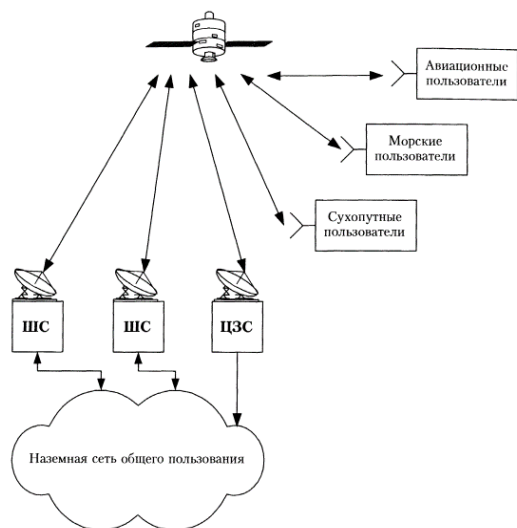


Рисунок 4 – Конфигурация сети подвижной спутниковой службы

Результаты и обсуждения.

В результате проведённого анализа предложена обобщённая схема теледиагностики БТВТ и ВАТ (рисунок 5).

Суть теледиагностики БТВТ и ВАТ, согласно данной схемы, сводится к следующему:

1. Диагностические данные по телеметрическому каналу связи поступают с БТВТ и ВАТ на сервер подразделения технического обслуживания и ремонта (ТОР).
2. На этом сервере производится обработка информации и при выходе диагностических данных выше или ниже заданного диапазона фиксируется неисправность, дата, время и сопутствующие показатели.

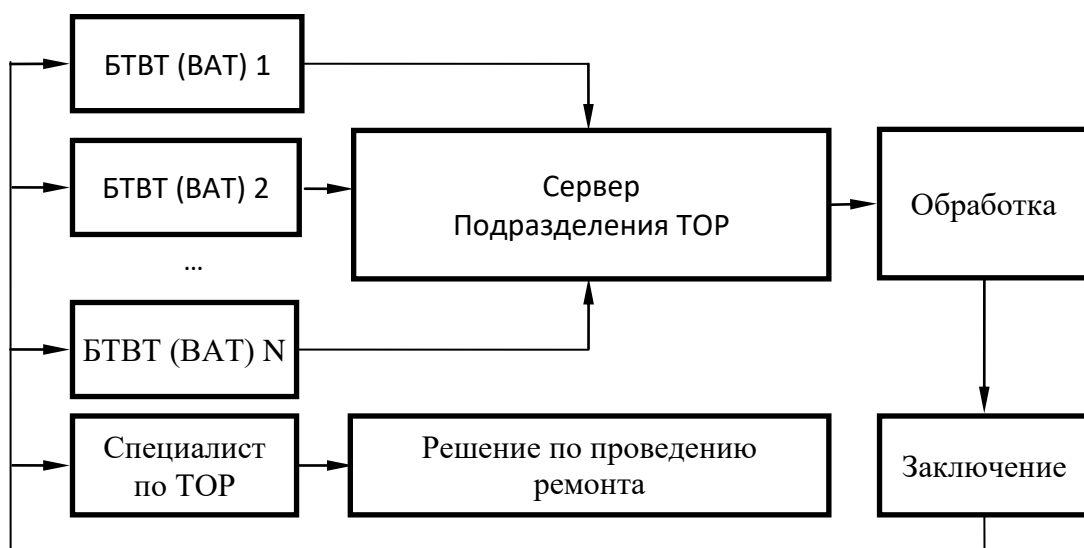


Рисунок 5 – Обобщённая схема теледиагностики БТВТ и ВАТ

3. Полученная диагностическая информация по телеметрическому каналу связи передаётся специалисту, выполняющему техническое обслуживание и ремонт данной техники.

4. Специалист просматривает данные и условия возникновения отклонений.

5. Принимается решение о срочности принятия мер.

6. По необходимости дается онлайн консультация механику-водителю.

Выводы.

- применение теледиагностики позволит ускорить процесс определения технического состояния БТВТ и ВАТ, сократить трудовые и материальные ресурсы на операции диагностики, технического обслуживания и ремонта машин;

- наиболее приемлемым техническим решением по дистанционной передаче диагностической информации являются спутниковые системы, но для эффективности их применения необходимо проработать ряд технических вопросов;

- обобщённая схема дистанционного диагностирования БТВТ и ВАТ может быть взята за основу при формировании и применении теледиагностики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Заседание коллегии Министерства обороны 24 декабря 2019 г. / Электронный ресурс / <http://kremlin.ru/events/president/news/62401>.

2. Приказ МО РФ №33 от 25.01.2018.

3. Инновационные системы контроля и управления промышленными объектами с использованием спутниковых и мобильных средств связи/ М.В. Панарин [и др.] // Тез. докл. Междунар. науч.-практ. симпозиума / Под общ. ред. В.П. Мешалкина. / ТулГУ. 2009. С. 87-89.

4. Малков И.А., Коротких В.В. Краткий обзор спутниковых систем передачи диагностической информации / В сборнике: Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования. Материалы X региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова. / Новосибирский государственный аграрный университет. Инженерный институт. 2018. - С. 168-170.

5. Ост 45.124-2000 Службы связи спутниковые: фиксированная, радиовещательная и подвижная. Термины и определения / Федеральным государственным унитарным предприятием НИИР – Москва, 2001.

ANALYSIS OF TELEDIAGNOSTICS APPLICATION FOR MOBILE TECHNICAL OBJECTS

**Korotkih Vladimir Vladimirovich¹; Belokopytov Sergey Viktorovich¹;
Menshov Anton Albertovich², undergraduate student**

¹ FSKVOU VO "Novosibirsk Higher Military Command School",

630117, Russia, Novosibirsk, st. Ivanova, 49
² Novosibirsk State Agrarian University,
630039, Russia, Novosibirsk, st. Dobrolyubova, 160
Korotkih V.V., email: korotkich77@mail.ru
Belokopytov S.V., e-mail: belokop_sv@yandex.ru
Menshov A.A., e-mail: foura@211.ru

Abstract. The urgency of using telediagnosics for armored weapons and equipment (AWE) and military vehicles (MV) has been substantiated. Various methods of transmitting diagnostic data on the technical condition of mobile objects over a distance are analyzed. The principle and main components of a technical system for remote transmission of diagnostic information are described. It has been established that the most convenient and acceptable way of transmitting diagnostic information is satellite systems, and one of the options for using such systems in the form of a mobile satellite service network has been analyzed. As a result of the analysis, a generalized scheme of telediagnosics of AWE and MV is proposed and the essence of its functioning is described.

Key words: technical diagnostics, remote transmission of information, maintenance, repair, telediagnosics.

УДК 621.2.082.18

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕНИЯ

*Зубашевский Константин Михайлович*¹², аспирант; *Стойновский Олег Иванович*²

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

² Конструкторско-технологический филиал института гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, 630090, Россия, Новосибирск, ул. Терешковой, 29
Зубашевский К. М., email zubaschewsky@yandex.ru

Аннотация. В работе приведена конструктивная схема установки для исследования процесса сухого трения между парой металлов. Движение рассматривается возвратно-поступательное, давление в зоне трения – до 80 МПа.

Ключевые слова: Трение, экспериментальная установка, трибология.

В настоящее время активное развитие получает атомная энергетика, являющаяся одним из наиболее перспективных видов получения электрической энергии. Основной недостаток атомной электростанции (АЭС) – опасные радиоактивные отходы (РО), которые могут быть либо переработаны, либо захоронены. Текущий объем вторичного использования РО на данный момент

недостаточен для переработки образующихся отходов в полном объеме, поэтому основная их часть подлежит захоронению.

Для размещения РО в хранилищах, вне зависимости от их формы, все материалы, подлежащие захоронению, необходимо сегментировать для более компактного и, соответственно, экономически выгодного размещения [1].

Один из методов, применяемый в России – механическая резка на прессе специальным инструментом [2]. В данной работе рассматривается резка отработанных тепловыделяющих сборок (ОТВС), так как экспериментальная установка моделирует условия резки на таком прессе для ОТВС (рис. 1).

Узел трения на прессе представляет собой пару из неподвижной направляющей, являющейся частью корпуса, и подвижных элементов в виде цилиндров, которые запрессованы в подвижный ползун, жестко связанный с режущим инструментом (рис. 2).

Исследование этого узла трения является актуальной задачей, так как этот узел является критически важным для работоспособности всей установки, и при выходе из строя произойдет выход из строя всей установки. Учитывая особенности работы установки, а именно, резку радиоактивных материалов, ее ремонт невозможен без привлечения человеческого труда, что опасно для персонала. При износе узла трения произойдет смещение подвижного ножа установки, что как минимум, ухудшит режимы резки ОТВС, а, в худшем случае, ножи столкнутся и произойдет их разрушение. Исследование пар трения позволит подобрать наиболее износостойкую комбинацию металлов, что увеличит срок службы установки для резки ОТВС.

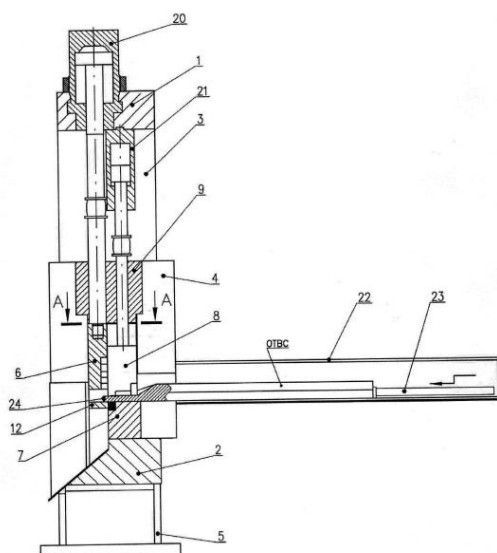


Рис. 1. Установка для резки ОТВС: 6 – подвижный нож, 7 – неподвижный нож, 8 – прижим.

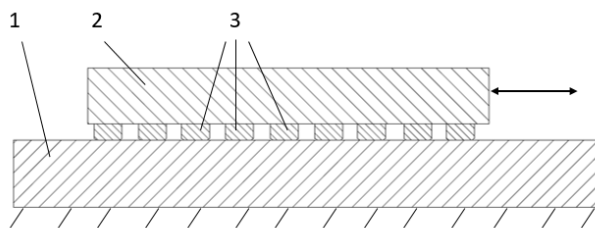


Рис. 2. Схема пары трения прессы: 1 – неподвижная направляющая, 2 – подвижный ползун, 3 – цилиндрические элементы.

Примерное расположение цилиндрических элементов показано на рис. 3.

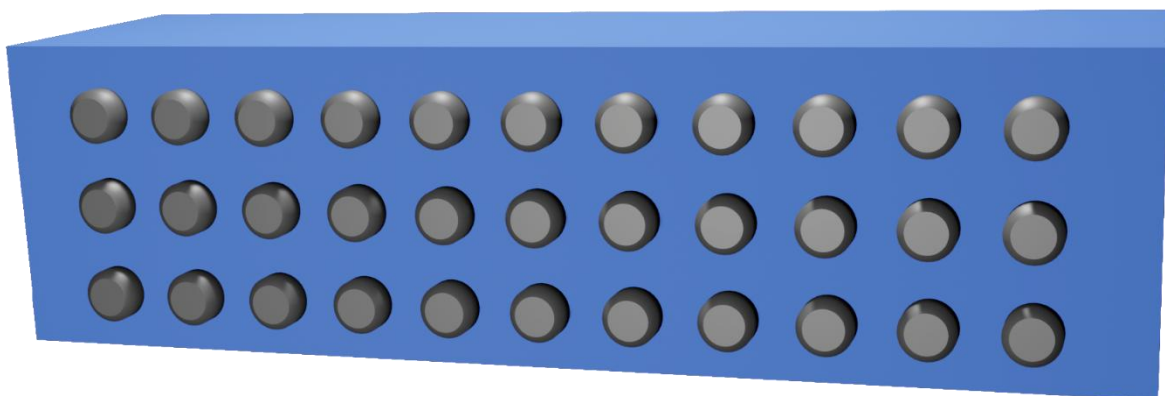


Рис. 3. Расположение цилиндрических элементов на подвижном ползуне.

С помощью экспериментальной установки осуществляется моделирование процесса трения в прессе для резки ОТВС, она работает следующим образом: подвижный ползун 1 приводится в движение мотором 4 и движется по неподвижной направляющей 3 со смазкой. На ползун оказывает давление неподвижный цилиндрический элемент 2, закрепленный в основе 7. Требуемое давление обеспечивается через опору и рычаг 6 с помощью подвешиваемого к нему груза 5 (рис. 4). В условиях эксперимента максимальное прилагаемое давление достигало 80 МПа, что является не максимально достижимым давлением, но максимально использованном.

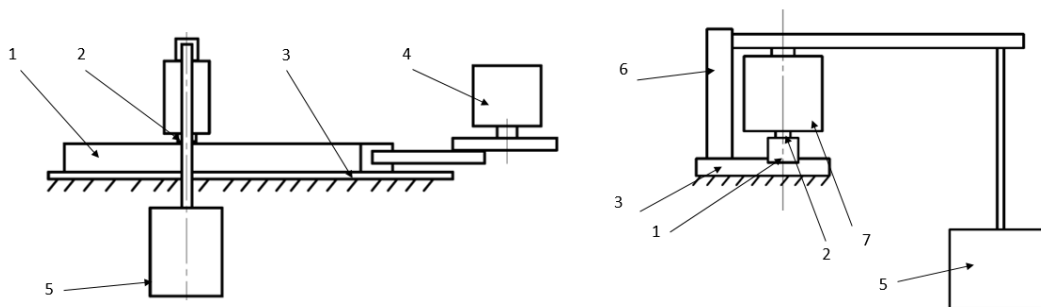


Рис. 4. Схема экспериментальной установки: 1 – подвижный ползун, 2 – цилиндрический элемент, 3 – неподвижная направляющая, 4 – двигатель, 5 – груз, 6 – опора с рычагом, 7 – основа для цилиндрического элемента.

С помощью описанной экспериментальной установки возможно провести исследование износостойкости определенных пар металлов в условиях сухого трения: установить ползун 1 и элемент 2, выполненные из исследуемых металлов, подобрать массу груза 5, исходя из условий эксперимента, осуществить необходимое число циклов возвратно-поступательного движения. После этого непосредственным измерением геометрических параметров профиля трущихся поверхностей можно определить величину износа. Кроме того, с помощью установки также возможно проводить эмпирический подбор оптимальных пар трения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методы сегментации радиоактивных отходов / К. М. Зубашевский, О. И. Стояновский ; [науч. рук. А. В. Гуськов] // Наука. Технологии. Инновации : сб. науч. тр. : в 9 ч. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. – Ч. 9. – С. 131–135.
2. Установка для резки отработавших тепловыделяющих сборок: патент 2732279 Российская Федерация: МПК G 21 C 19/00 / Галуцкий В. Г., Котов И. М., Ляхов В. В., Черендин А. Ф.; заявитель и патентообладатель фед. гос. бюдж. учрежд. науки «Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН». – № 2019132770, заявл. 15.10.2019, опубл 15.09.2020, Бюл. №26 – 11 с.

FRICITION TESTING MACHINE

*Zubashevsky Konstantin Mikhailovich*¹², *post-graduate student; Stoyanovsky Oleg Ivanovich*²

¹ Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073, Russia, tel. (913)005-48-19

² Design and Technological Branch of the Lavrentiev Institute of Hydrodynamics SB RAS, 29 Tereshkova str., Novosibirsk, 630090, Russia
Zubashevsky K. M., email zubaschewsky@yandex.ru

Abstract. Nuclear energy is a perspective and actively developing energy source because of its ecological, economical and many other benefits. But it also has substantial disadvantage which is by-producing of dangerous nuclear wastes. These wastes are need to be disposed, and before they are placed in the storages, we should cut the wastes in smaller parts. The cutting machine for this purpose needs some improvements, which enhance its lifetime. The paper presents a design diagram of the experimental machine for researching a dry friction process between a pair of metals. The movement is considered reciprocating; the pressure in the friction zone is up to 80 MPa.

Keywords: Friction, experimental device, tribology.

СЕКЦИЯ: БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ;

УДК 621.316.933.8

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОВТОРНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

*Брагина Ангелина Александровна, магистрант; Парахин Анатолий
Михайлович, канд. техн. наук*

² Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Брагина А.А., e-mail bragina.an9elina@gmail.com

Парахин А.М., e-mail paraxin@corp.nstu.ru

*Адрес для корреспонденции: Брагина Ангелина Александровна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19*

Аннотация. В современных условиях поражение работника электрическим током во время работы является существенным фактором, влияющим на безопасность труда. Важное место среди факторов, представляющих опасность для работника, является напряжение прикосновения.

Для понижения напряжения прикосновения на открытых проводящих частях (корпусах электрооборудования и др.) и, следовательно, понижения опасности поражения электрическим током при однофазных замыканиях на землю, на открытые или сторонние проводящие части используется повторное заземление.

Целью статьи является изучение влияния повторного заземления на уровень безопасности в электроустановках и оценка его эффективности. Изучение изменения напряжения прикосновения при различных значениях повторного заземления. Сравнение методов проектирования повторного заземления, обоснование их экономической целесообразности. В этой статье будут рассмотрены случаи эффективного использования повторного заземления при однофазных замыканиях в электроустановках.

Ключевые слова: повторное заземление; электрический ток; напряжение прикосновения; зануление; короткое замыкание; система с глухозаземленной нейтралью.

В ряде случаев зануление не может обеспечить необходимый уровень электробезопасности, например, когда возникают относительно низкие

значения тока при однофазном коротком замыкании [2]. В таком случае резко возрастает время отключения, что может быть опасно для персонала [3].

При однофазных замыканиях в электроустановке, а также в случае обрыва РЕ-, PEN- или N-проводника наличие повторного заземления понижает возможное значение напряжения системы уравнивания потенциалов электроустановки здания относительно земли в зависимости от соотношения значений сопротивлений повторного заземления и заземляющего устройства подстанции, а также повышает уровень электробезопасности в электроустановке [3]. Повторное заземление также понижает потенциал относительно земли основной системы уравнивания потенциалов, который может создаваться потерей напряжения в линии, питающей электроустановках [2].

Повторное заземление можно обеспечивать за счет использования естественных заземлителей (фундаментов и коммуникаций сооружения) или проектирования искусственного заземлителя дополнительно к основной системе уравнивания потенциалов [4].

Объект исследования: цех изготовления нестандартизированного оборудования для технического обслуживания и ремонта энергетических установок сельскохозяйственных предприятий. Источник питания – трансформаторная подстанция. Падение напряжения на нулевом защитном проводнике $U_{np} = 61,74 \text{ В}$. Согласно ПУЭ, падение напряжения от ввода в здание до электроприемника не должно превышать 50 В [1]. Для обеспечения безопасной работы рассчитаем необходимое сопротивление исходя из эквивалентной электрической схемы на рисунке 1.

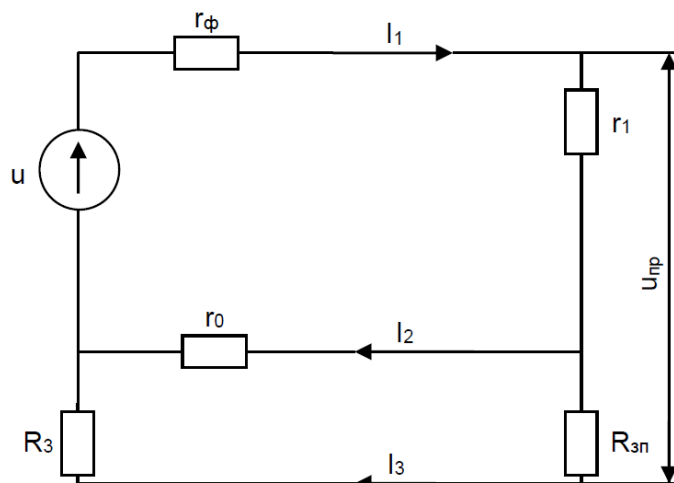


Рис. 1. Эквивалентная схема с двумя сосредоточенными заземлителями [5]

Сопротивлений фазного (0,017 Ом) и нулевого (0,03 Ом) проводов и сопротивление провода, которое соединяет защищаемую установку и ввод в здание (0,33 Ом). Сопротивление рабочего заземления примем 4 Ом. Напряжение на вводе 220 В, напряжение прикосновения должно быть равно 50 В. Тогда $R_{зп} = 2,3 \text{ Ом}$ [5].

Методом коэффициента использования рассчитаем характеристики повторного заземления, спроектированного в качестве искусственного заземления [2].

Стержни искусственного заземлителя можно разместить по контуру цеха, имеющего в плане размеры 12х42 м. Глубина заложения стержней от поверхности земли $H = 0,5$ м. В качестве заземлителей возьмем стержни длиной $l_c = 5(3)$ м из стальных труб $d = 50$ мм. Соединение заземлителей произведем на сварке стальной полосой шириной $b = 40$ мм.

Эквивалентное сопротивление грунта $\rho_3 = 127,75$ Ом·м.

Сопротивление заземляющего устройства:

$$R_{з.у.} = (R_c \cdot R_n) / [(R_c \cdot \eta_n) + (R_n \cdot n_{np} \cdot \eta_c)] \leq R_3 \quad (1)$$

Так как $R_{з.у.} = 1,93$ Ом $<$ $R_{зп} = 2,3$ Ом, значит заземляющее устройство будет обеспечивать необходимый уровень защиты.

Искусственный заземлитель должен состоять из 30 стальных труб длиной 5 м и шириной 50 мм нужно разместить по периметру цеха, соединение заземлителей произведём на сварке стальной полосой шириной 40 мм и длиной 108 м.

Рассчитаем смету затрат (таблица 1) для проектирования такого искусственного заземления ресурсным методом используя нормативы ГЭСН.

Структура совокупной стоимости строительно-монтажных работ проекта

Стоимость**СМР:****Себестоимость****СМР:****Прямые затраты:**

Расход материалов	167 580,1 Р
Оплата труда строителей	18 430,1
Эксплуатация машин	69 533,44

Итого Прямые**затраты:**

255 543,6 Р

Накладные**Расходы:**

80% ФОТ (п.1, п.2)	1 144,39 Р
90% ФОТ (п.5, п.6)	1 215,6
95% ФОТ (п.3)	749,88
105% ФОТ (п.4)	29 626,15

Итого Накладные**Расходы:**

32 736, 02 Р

Итого**Себестоимость:**

288 279, 62 Р

Сметная Прибыль:

45% ФОТ (п.1, п.2)	643,72 Р
60% ФОТ (п.4)	16 929,23
65% ФОТ (п.3)	513,08
70% ФОТ (п.5, п.6)	1 350,67

Итого Сметная**Прибыль:**

19 436,7 Р

Итого Стоимость**СМР:**

307 716,32 Р

Для обеспечения защиты работников от поражения электрическим током нужно установить защитное заземление стоимостью 307 716,32 рубля.

В качестве повторного заземления можно использовать естественные заземлители, достаточно использовать фундамент цеха, представленный в виде вертикальных железобетонных конструкций, соединённых между собой, образующих фундаментное поле. Рассчитанное по методике [6] сопротивление растеканию фундаментного поля, образованного железобетонными фундаментами производственного здания будет равно:

$$R = C \frac{\rho_{\text{э}}}{\sqrt{S}} = 0,566 \frac{127,75}{\sqrt{720,55}} = 2,69 \text{ Ом} \quad (2)$$

Так же можно подключить эстакады трубопроводов для снижения сопротивления по методике [6].

Экономически целесообразнее проектировать повторное заземление в виде естественного заземления, используя фундаменты предприятия, соединяя их горизонтальными стальными полосами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила устройства электроустановок, М.: Главгосэнергонадзор России, 2003 г.;
2. Парахин А.М. Методическое пособие для студентов ФЭН по курсовому и дипломному проектированию и выполнению расчетно-графических работ: Проектирование и расчет защитного заземления - Н.: НГТУ, 2013. - 47 с.;
3. Alipio R., Visacro S. Modeling the frequency dependence of electrical parameters of soil // IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility. 2014. Vol. 56. No. 5. P. 1163–1171.;
4. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. — 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1984. — 448 с.;
5. Манойлов В.Е. Основы электробезопасности. – 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: Энергия, 1976. – 344 с.;
6. Карякин Р.Н. Заземляющие устройства электроустановок – 2-е изд., М.: Энергосервис, 2006 г. – 520 с.

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF USING RE-EARTHING TO ENSURE SAFE OPERATION OF ELECTRICAL INSTALLATIONS

Bragina Angelina Aleksandrovna, graduate students, Parahin Anatolii Mihailovich Ph.D. Techn. sciences

Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073, Russia, tel. +7 (383)346-31-21

Bragina A.A., e-mail bragina.an9elina@gmail.com

Parahin A.M., e-mail paraxin@corp.nstu.ru

Abstract. In today's environment, employee electrocution during work is a significant factor affecting work safety. Among the hazards to the worker, touch voltage is an important factor.

Double earthing is used to reduce the touch voltage on exposed conductive parts (bodies of electrical equipment, etc.), and consequently to reduce the risk of electric shock in single-phase earth faults, on exposed or extraneous conductive parts.

The purpose of this paper is to investigate the effects of double earthing on safety in electrical installations, and to evaluate its effectiveness. A study of the variation of the touch voltage at different values of double earthing. Comparison of methods of design of double earthing, justification of their economic feasibility. In

this paper, the effective use of double earthing for single-phase faults in electrical installations will be investigated.

Keywords: double earthing; electric current; touch voltage; neutralizing; short circuit; dead grounded neutral system.

УДК 502.35:65

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Вознюк Мария Ивановна, магистрант; Леган Марина Валерьевна, канд.
биолог. наук, доцент*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Вознюк М.И., e-mail masha.voznyuk.98@mail.ru

Леган М.В., e-mail legan_m@ngs.ru

*Адрес для корреспонденции: Леган Марина Валерьевна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. (913)395-76-04*

Аннотация. Внедрение системы экологического менеджмента (СЭМ) может базироваться как на международном стандарте ISO 14001, так и на Европейской системе экологического менеджмента и аудита EMAS. В статье указываются достоинства и недостатки этих стандартов, производится их сравнение. Рассматриваются причины незаинтересованности предприятий РФ во внедрении СЭМ.

Ключевые слова: Система экологического менеджмента (СЭМ); экологические стандарты; ISO 14001; EMAS; сертификация.

Введение

Внедрение СЭМ на предприятиях реализуется для того, чтобы обеспечить планирование, управление, контроль и улучшение деятельности предприятия в области охраны окружающей природной среды. В настоящее время наличие у предприятия сертифицированной СЭМ в соответствии с международным стандартом ISO 14001 или европейской схемой экоманеджмента и экоаудита EMAS рассматривается как важный фактор конкурентоспособности, хорошей деловой репутации и социальной ответственности [1]. Несмотря на это, лишь малая часть российских предприятий вводят СЭМ. Некоторые предприятия в РФ используют методологические подходы EMAS, однако регистрация СЭМ в соответствии с требованиями EMAS распространения не получила.

Целью исследования является сравнение международного стандарта ISO 14001 и системы экологического менеджмента и аудита EMAS, а также выявление причин сниженной заинтересованности предприятий Российской Федерации к внедрению СЭМ путём сбора и анализа информации.

Теория

Механизм внедрения СЭМ определяется как международным стандартом ISO 14001, так и европейской системой экологического менеджмента и аудита EMAS. Требования стандарта ISO 14001 и Европейской системы EMAS равноправны и их внедрение является добровольным. В 2001 году Европейская комиссия официально признала ISO 14001 эталоном для внедрения СЭМ и включила ISO 14001 в обновленную версию схемы EMAS (EMAS II) в качестве приложения. Последовательность действий при функционировании СЭМ по системе EMAS и стандарту ISO 14001 совпадает и сводится к схеме: «политика—планирование—реализация—контроль—пересмотр» [2].

Авторами рассмотрены достоинства и недостатки международного стандарта ISO 14001 и системы экологического менеджмента и аудита EMAS. Выявлено, что *достоинствами стандарта ISO 14001* являются: доступность для любой организации; улучшение показателей воздействия субъектов на окружающую среду; информирование общественности; улучшение условий международной торговли и повышение конкурентоспособности; снижение затрат на утилизацию отходов. Наряду с достоинствами выявлен по сути один *недостаток*: необходимость повторной сертификации (1 раз в 3 года).

У системы EMAS расходы при ее внедрении являются более значительными, чем при внедрении ISO 14001, а также выявлены гораздо более жесткие требования постоянного развития СЭМ.

Авторы исследования рассмотрели обе системы и свели основные различия между стандартом ISO 14001 и системой EMAS в таблицу 1.

Таблица 1

Основные различия между EMAS и ISO 14001

Аспекты	EMAS	ISO 14001
Экологические аспекты	Всесторонний первичный экологический обзор текущего состояния деятельности, продукции и услуг	Требуется только процедура идентификации экологических аспектов
Привлечение работников	Активное привлечение работников и их представителей	Не требуется
Внешние связи	Обязателен открытый диалог с внешними заинтересованными сторонами	Не обязателен диалог с внешними заинтересованными сторонами
Экологический аудит	Аудит СЭМ, аудит деятельности для оценки экологических мероприятий, аудит соответствия правовым нормам	Аудит СЭМ только на соответствие требованиям стандарта
Периодичность экологического аудита	Раз в год, 2 или 3 года	Раз в 6, 9 или 12 месяцев
Периодичность сертификации	Повторная сертификация не требуется	Раз в 3 года
Официальная регистрация	Каждая организация регистрируется в публично	Нет официальной регистрации

	доступном реестре		
Публикация документов	Обязательна экологического природоохранной предприятия	публикация отчета о деятельности	Обязательна публикация «Экологической политики»

Некоторые компании довольствуются символической реализацией системы экологического менеджмента, при которой *внешняя проверка* практик, а не *внутренние операционные улучшения* становятся в центре внимания разработки экологических доктрин [2,4]. Большинство компаний сталкиваются с растущими проблемами в поддержании лицензии на деятельность, а также в поддержании подотчетности и прозрачности [4]. Соответственно вышесказанному, количество выданных сертификатов соответствия российским компаниям с 2010 года по 2019 год ничтожно мало и в 2019 году не дотягивает до уровня 2010 года (наиболее успешный год по количеству выданных сертификатов на соответствие стандарту ISO 14001). Данные представлены на рисунке 1 [3, ISO Survey – 2018, <https://www.iso.org/>].

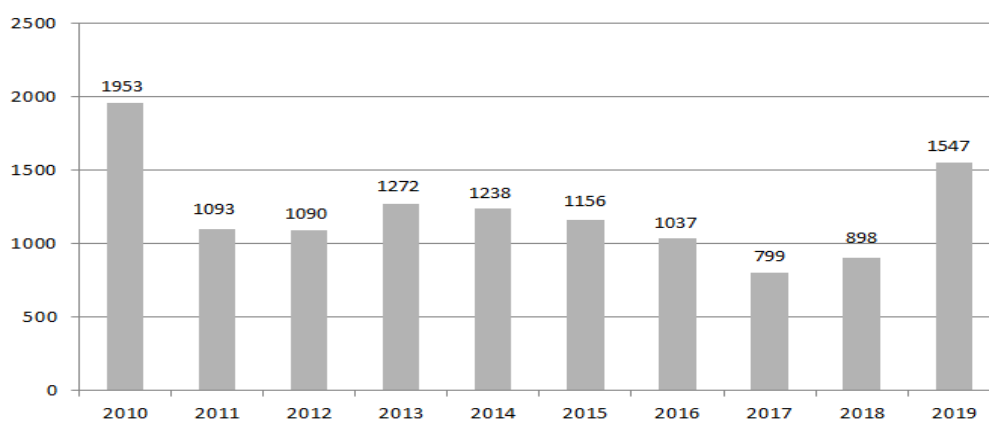


Рисунок 1 - Данные по сертификатам соответствия ISO 14001 в РФ за 2010–2019 г.

Для сравнения в Китае в 2018 году было введено 136715 сертификатов соответствия ISO 14001, в Японии – 19131, в Германии – 8028 [ISO Survey – 2018].

Результаты и обсуждение

Международный стандарт ISO 14001 получил наибольшее распространение в мире, так как требования, которые он предъявляет к предприятиям при внедрении СЭМ, являются менее жёсткими, чем требования системы EMAS. С материальной точки зрения ISO 14001 является более доступным, чем EMAS. Согласно системе EMAS необходимо систематическое ведение экологической работы, а также регулярная публикация отчетности. В ISO 14001 не указываются обязательные требования к отчетности, кроме публикации экологической политики. На сегодняшний день интерес к сертификации СЭМ в соответствии со стандартом ISO 14001 в России снижен. Это объясняется наличием возможных барьеров [4]: низкий уровень общего менеджмента в РФ; узкое понимание экологической деятельности предприятия и СЭМ; отсутствие ожидаемой эффективности; формальный подход к развитию

СЭМ; разочарование в сертификации, если затраты на неё превышают полученные предприятием выгоды.

Выводы

Таким образом, показано, что международный стандарт ISO 14001 имеет более широкое распространение в России и в мире, чем система EMAS, так как является более доступным для предприятий: менее жёсткие требования и меньшие затраты на реализацию.

Россия неохотно внедряет СЭМ в соответствии с ISO 14001 и совсем не стремится внедрять СЭМ в соответствии с EMAS. Предприятия сталкиваются с затруднениями выполнения требований стандарта ISO 14001, а также с финансовыми трудностями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сравнительная эффективность систем экологического менеджмента ИСО 14001 и EMAS: обзор исследований / С. В. Ратнер, Н. А. Алмастьян // Экономический анализ: теория и практика. - 2016. - № 7 (454). - С. 106-118.
2. Сравнительный анализ стандарта ISO 14001 и системы EMAS / А. Г. Павлова // Интерэкспо Гео–Сибирь. – 2012. – т. 1, № 3. – с. 186–189.
3. Оценка перспектив и эффективности внедрения системы экологического менеджмента с позиции комплексного анализа потенциала предприятия // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2018. № 1. С. 126–136.
4. Environmental best practice and performance benchmarks among EMAS-certified organizations: An empirical study. I. Heras-Saizarbitoria, O. Boiral, María Begoña Ordeñana García, Erlantz Allur. Environmental Science. 2020.

IMPLEMENTATION OF THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM IN THE RUSSIAN FEDERATION

Voznyuk Maria Ivanovna, Master's Degree student; Legan Marina Valerievna, Ph.D. (Biology), Associate Professor

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk city, Karl Marx Avenue, 20, Tel. (913) 005-48-19

Voznyuk M.I., e-mail masha.voznyuk.98@mail.ru

Legan M.V., e-mail legan_m@ngs.ru

Address for correspondence: Legan Marina Valerievna, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk city, Karl Marx Avenue, 20, Tel. (913)395-76-04

Abstract. The implementation of the environmental management system can be based both on the international standard ISO 14001 and on the European system of environmental management and audit EMAS. The article points out the advantages and disadvantages of these standards, and compares them. The reasons for the

disinterest of the enterprises of the Russian Federation in the implementation of the environmental management system are considered.

Keywords: Environmental Management System; environmental standards; ISO 14001; EMAS; certification.

УДК 620.9; 537.523.5

АВАРИЙНОСТЬ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО МАСЛОНАПОЛНЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

*Ермолаев Николай Юрьевич, Костенко Александра Константиновна,
Шевченко Владимир Евгеньевич, Шмелева Татьяна Алексеевна, бакалавры*
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-17-86

Ермолаев Н.Ю., email ermolaev.nikolayy@gmail.com

Костенко А.К., email kostenko.a11@icloud.com

Шевченко В.Е., email hevchenko_v24110@mail.ru

Шмелёва Т.А., email Shmelevatiana98@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Ридель Александр Викторович,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)395-76-04

Аннотация. Статья посвящена анализу аварийности высоковольтного маслонаполненного электрооборудования (ВМЭО). В ходе исследования было выявлено четыре основные причины выхода из строя ВМЭО: высокая температура окружающей среды; повышенная нагрузка; грозовая активность; нарушения, допущенные при проведении плановых ремонтных работ.

В результате работы была доказана связь влияния грозовой активности с пиком аварийности ВМЭО.

Ключевые слова: Трансформатор; диагностика; аварийность; грозовая активность.

Введение

В связи с огромным социально-экономическим и экологическим ущербом, которым сопровождаются абсолютно все аварии на энергетических объектах, связанные с выходом из строя ВМЭО нами были поставлены следующие задачи: оценить и проанализировать возможные причины аварийности на объектах электросетевого хозяйства 110кВ. Анализируя график аварийности в электросетях (рис.1), взятый с официального сайта Министерства Энергетики [1] можно сделать вывод, что из года в год аварийность в наших сетях остается на довольно высоком уровне.

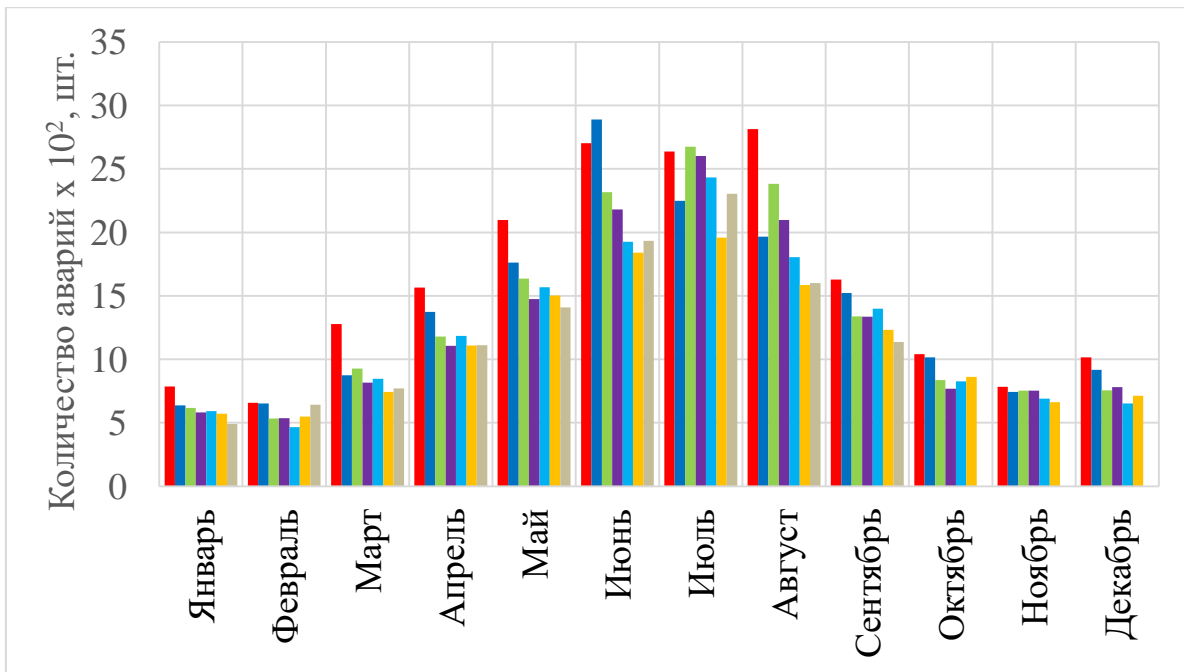


Рис.1 - Аварийность в сетях 110 кВ и выше по стране в разные года

Примечание к рис. 1: 2014 – красный; 2015 – синий; 2016 – зеленый; 2017 – фиолетовый; 2018- голубой; 2019 – оранжевый; 2020 – серый.

Анализ вероятных причин выхода из строя ВМЭО

Для выявления причин рассмотрим несколько факторов, от которых может зависеть аварийность ВМЭО: перегрев высоковольтного оборудования, высокая нагрузка на энергосистемы и перенапряжения, вызванные ударами молний в линии электропередач и нарушения, допущенные при проведении плановых ремонтных работ.

Используя данные об аварийности в электросетях, взятые с официального сайта Министерства Энергетики [1] была построена следующая диаграмма (рис.2).

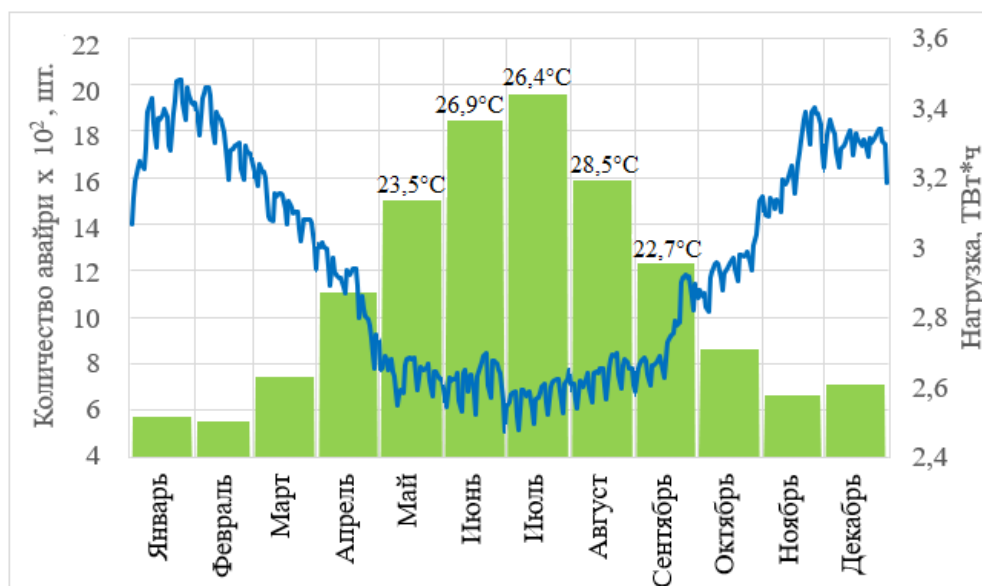


Рис. 2 - Количество отказов электрооборудования по стране за 2019год:

Примечание к рис. 2: синяя линия – график годовой нагрузки; красный цветом - выделен период грозовой активности; цифрами над диаграммой указана среднесуточная температура.

Для проверки связи температурного фактора с пиком аварийности была проанализирована статистика, отражающая величину среднесуточной температуры за 2019 год [2]. Максимальные значения этих температур представлены на(рис.2). В результате было определено, что наибольшая температура составляла 28,5°C (Ставрополь). При этом в ГОСТ Р 52719-2007 «Трансформаторы силовые. Общие технические условия» говорится о том, что нормальный режим работы трансформатора наблюдается вплоть до среднесуточной температуры в 30 градусов при номинальной нагрузке [3]. Таким образом, связь не была подтверждена.

Чтобы проанализировать влияние нагрузки был построен соответствующий график по данным официального сайта Системного оператора единой энергетической системы [4], который также представлен на (рис.2). Значения нагрузки в летние месяцы меньше номинальной на 32,1% в связи с чем, можно говорить о том, что данный фактор не может являться причиной отказов.

Период грозовой активности в Российской Федерации ориентировочно начинается в мае и заканчивается в сентябре, что совпадает с пиком аварийности ВМЭО. Таким образом, можно сделать вывод о том, что одной из причин выхода ВМЭО из строя являются удары молний в линию электропередач.

Также в летний период проводятся плановые ремонтные работы, во время которых работники могут допускать ошибки, связанные с недобросовестным исполнением, неосторожностью и невнимательностью.

Выводы

По результатам нашей работы были установлены два фактора, обеспечивающие высокий уровень аварийности ВМЭО в летний период, а именно: ошибки при проведении плановых ремонтных работ и перенапряжения, вызванные грозовой активностью. И если на ошибки при проведении ремонтных работ повлиять сложно, стоит обратить внимание на улучшение современных методов защиты от грозových перенапряжений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Министерство энергетики. Аварийности [Электронный ресурс]: официальный сайт. - URL: <https://minenergo.gov.ru/node/26> (дата обращения: 7.11.20).
2. Погода и климат [Электронный ресурс]: официальный сайт – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php> (дата обращения: 15.12.20).
3. Режимы нагрузки и температуры трансформаторов [Электронный ресурс]: официальный сайт – URL: https://studme.org/239945/tehnika/rezhimy_nagruzki_temperatury_transformatorov (дата обращения: 9.12.20).
4. Системный оператор единой энергетической системы. Филиальная структура компании [Электронный ресурс]: официальный сайт - URL: <https://so-ups.ru/index.php?id=structure> (дата обращения: 26.11.20).

FAULT RATE OF HIGH VOLTAGE OIL-FILLED ELECTRICAL APPLIANCES

**Ermolaev Nikolay Yuryevich, Kostenko Alexandra Konstantinovna,
Shevchenko Vladimir Evgenyevich, Shmeleva Tatyana Alekseevna**

Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk,
630073, Russia, Tel.(383)346-17-86

Ermolaev N. Y., email ermolaev.nikolayy@gmail.com

Kostenko A. K., email kostenko.a11@icloud.com

Shevchenko V. E., email shevchenko_v24110@mail.ru

Shmeleva T. A., email Shmelevatatiana98@gmail.com

Correspondence address: **Alexander Viktorovich Ridel**, Novosibirsk State
Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (913)
395-76-04

Abstract. The article is devoted to the analysis of high voltage oil-filled electrical appliances (HVOFEA) fault rate. During the study, four reasons for functional loss of HVOFEA were revealed: high environmental temperature, increased load, thunderstorm activity, violations during the scheduled maintenance work. As a result of the work, connection between thunderstorm activity and peak of the fault rate was proved.

Keywords: Transformer, diagnostics, fault rate, thunderstorm activity.

О ПРОБЛЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СЕТЕЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ 5G

Лаубаев Рамиль Эльнурович, магистрант; Коробенков Андрей Дмитриевич, канд. техн. наук, доцент

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913) 005-48-19

Лаубаев Р.Э., e-mail: ronaldo-lau@mail.ru

Коробенков А.Д., e-mail: korobenkov@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Лаубаев Рамиль Эльнурович,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Аннотация. Предложен анализ сложившейся ситуации в электромагнитной безопасности телекоммуникационных систем. Особое внимание уделяется перспективным сетям сотовой связи 5G, для построения которых определены основные входные данные, позволяющие качественно и количественно оценивать создаваемую этими сетями электромагнитную обстановку.

Ключевые слова: стандарт пятого поколения, электромагнитная безопасность, частотные и диапазонные свойства оборудования, топология сети.

Введение

Рост скорости передачи данных, объемов потребляемого абонентами трафика, резкое увеличение числа подключаемых к сети устройств, уменьшение задержек и другие функциональные возможности служат факторами, определяющими эволюцию мобильных телекоммуникационных систем. Их новой фазой являются сети 5G.

В настоящее время в России этап за этапом регулируются процессы, сопровождающие внедрение современных ИКТ-технологий, в том числе 5G. Анализ показывает, что на данный момент определены основные входные данные для построения сетей 5G, позволяющие качественно и количественно оценивать создаваемую этими сетями электромагнитную обстановку, выявлять тенденции ее трансформации в зависимости от диапазона частот, используемых мощностей элементов сети и т.д. Основные исходные данные для оценки ЭМБ сетевых технологий.

ЧАСТОТНЫЕ И ДИАПАЗОННЫЕ СВОЙСТВА ОБОРУДОВАНИЯ

Оценка электромагнитной обстановки производится на соответствие установленным критериям облучения, содержащимся в Санитарных правилах и

нормативах (СанПиН). В настоящее время действующим в РФ считается документ [2] статья 1.2 которого определяет: «Санитарные правила действуют к размещению и эксплуатации средств подвижной радиосвязи диапазона частот 27...2400 МГц». Но уже в следующем в следующем пункте 3.3 говорится: «Уровни электромагнитных полей, создаваемые антеннами БС на селебитных территориях

в диапазоне частот $27 \text{ МГц} \leq f < 30 \text{ МГц}$ – 10,0 В/м;

в диапазоне частот $30 \text{ МГц} \leq f < 300 \text{ МГц}$ – 3,0 В/м;

в диапазоне частот $300 \text{ МГц} \leq f < 2400 \text{ МГц}$ – 10,0 мкВт/см²;

Использование этого документа в качестве нормативно-правового при проведении электромагнитной экспертизы сетей 5G неправомерно по двум причинам: ограничение частотного диапазона 2400 МГц; ПДУ, равный 10,0 мкВт/см². ПДУ устанавливался для ЭМП, создаваемых телекоммуникационными системами предыдущих поколений, коренным образом отличаются от таковых в сетях 5G. Вопрос установления ПДУ интенсивности ЭМП для частотных диапазонов сетей 5G следует решать либо проведением соответствующих медико-биологических исследований, либо научно-обоснованным обобщением международного опыта нормирования.

При падении электромагнитной волны (энергии) на границу раздела двух сред рассматривают понятие глубины проникновения для выделяемых сетям 5G частотных полос глубина проникновения $\Delta(f)$ будет изменяться от 30 мм в дециметровом диапазоне волн до 3,5 мм в сантиметровом; в миллиметровом эта величина будет еще меньше. Один и тот же ПДУ для этих диапазонов будет означать признание энергетической концепции при оценке влияния ЭМП на человека.

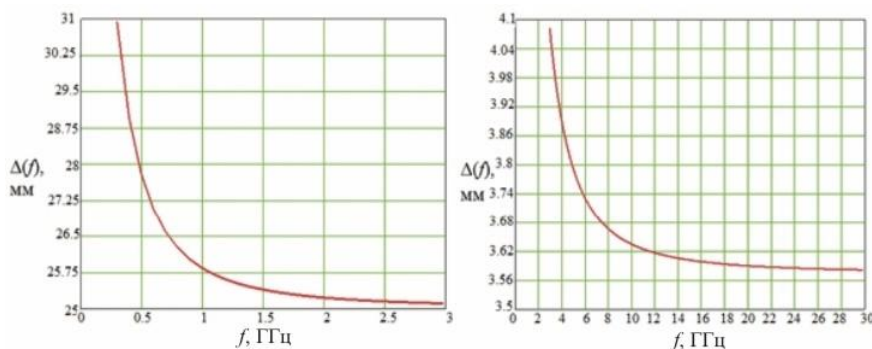


Рисунок 1 - Оценочные результаты расчетов глубины проникновения ЭМП в биологические ткани с усредненными электрофизическими параметрами

СЦЕНАРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ

В системах сотовой связи БС одного оператора размещаются в сотах на значительном расстоянии друг от друга, что позволяет рассматривать их как отдельные передающие радиотехнические объекты (ПРТО – в терминах СанПиН). Наличие излучений БС других операторов учитывается в рамках сочетанных воздействий ЭМП (рис. 2).

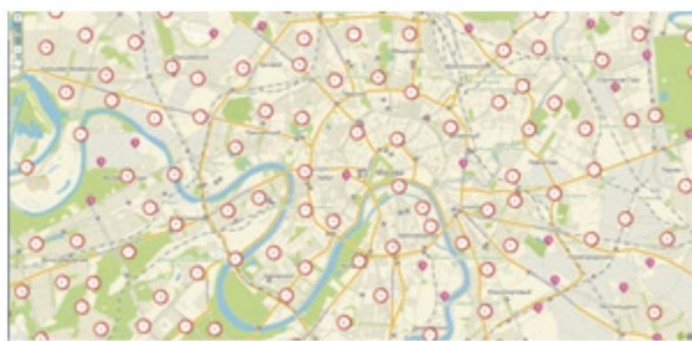


Рисунок 2 - Фрагмент размещения БС в Москве

Технологии 5G при формировании топологии сетей предлагают размещение сетевых фрагментов (БС) в сельской местности, на открытом пространстве в пригородной местности, в плотной городской застройке, внутри зданий.



Рисунок 3 - Плотность сетевых фрагментов на территориях с различной урбанизацией

Важно отметить, что ожидаемая топология сетей 5G, особенно внутри зданий и в городских густонаселенных районах ЭМП могут располагаться на расстояниях менее 20 м друг от друга хаотичным образом. В таких условиях мониторинг электромагнитной обстановки в существующей его трактовке становится просто невозможным. Необходимы новые подходы, адекватные модели и обоснованные критерии оценки, основой которых должен быть характерный для излучающих устройств.

Выводы

Анализ развития сетевых технологий, обеспечивающих предельные для современной техники характеристики передачи информации, выявил существенное отставание технологий ЭМБ и сопутствующего ей электромагнитного мониторинга сетей 5G. Конечная цель – создание современной нормативно-правовой и методической базы ЭМБ, которая позволит не только проводить мониторинг, но и управлять электромагнитной обстановкой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маслов, М.Ю. Концептуальный кризис в электромагнитной безопасности телекоммуникационных сетей и систем / М.Ю. Маслов, Ю.М. Сподобаев, М.Ю. Сподобаев // Электросвязь. – 2017. – № 7. – С.18-23.
2. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи. СанПиН 2.1.8./2.2.4.1190-03. – М.: Минздрав России, 2003.
3. ICNIRP guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). Published ahead of print in: Health physics. – ICNIRP publication, 2020. – URL: <https://www.icnirp.org/en/activities/news/news-article/rf-guidelines-2020-published.html>.

ON THE PROBLEM OF ENSURING ELECTROMAGNETIC SECURITY IN THE IMPLEMENTATION OF PERSPECTIVE 5G CELLULAR NETWORKS

Laubaev Ramil Elnurovich, Master's student; Korobekov Andrey Dmitrivich, Cand. tech. Sciences, Associate Professor

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (913) 005-48-19

Laubaev R.E., e-mail: ronaldo-lau@mail.ru

Korobekov A.D., e-mail: korobekov@corp.nstu.ru

Correspondence address, ; Korobekov Andrey Dmitrivich,

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (913) 005-48-19

Annotation. The analysis of the current situation in the electromagnetic safety of telecommunication systems is proposed. Particular attention is paid to promising 5G cellular networks, for the construction of which the main input data have been determined, which allow qualitatively and quantitatively assessing the electromagnetic environment created by these networks.

Key words: Fifth generation standard, electromagnetic safety, frequency and range properties of equipment, network topology.

ИСПЫТАНИЕ ПРИБОРА PSUPER И ФОРМИРОВАНИЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК

Малютина Ольга Андреевна, магистрант;

Бажина Александра Александровна, магистрант;

Ли Денис Витальевич, магистрант;

Асеев Георгий Евгеньевич, канд. техн. наук

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г.Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-43-11

Малютина О. А., e-mail enovol200@yandex.ru

Бажина А. А., e-mail sanka.bazhina@yandex.ru

Ли Д. В., e-mail denisli.1996@mail.ru

Асеев Г. Е., e-mail agebtnstu@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Малютина Ольга Андреевна

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)208-52-82

Аннотация. Проведено тестирование прибора для измерения электрохимической поляризации металлических электродов коммутационным методом. Установлено, что время формирования потенциала на входе вольтметра слишком велико и не позволяет получить необходимую точность в оценке поляризационной составляющей коррозионных потенциалов. На основании анализа полученных осциллограмм даны рекомендации по улучшению характеристик прибора.

Ключевые слова: коррозия; электрохимический потенциал; поляризация; коммутационный метод.

Коррозионное разрушение металлических конструкций и трубопроводов влечет за собой серьезные проблемы в различных отраслях современной промышленности, таких как: нефтедобывающая, угледобывающая, химическая, а также в жилищно-коммунальном хозяйстве. Обеспечение надежности и безопасности работы оборудования в различных отраслях промышленности является важной задачей науки и техники.

Для решения этой задачи необходима создание универсального прибора, позволяющего определять поляризационный потенциал конструкций в естественных условиях, при действии блуждающих токов и при действии электрохимических защит.

Поляризационный потенциал представляет собой скачок потенциала на границе фаз металла и электролита. Его корректное определение затруднено из-за искажающего влияния электрического поля измерительного тока. Испытуемый прибор позволяет произвести поляризацию металлического электрода и записать осциллограмму процесса его деполяризации. По

осциллограммам определяется напряжение поляризации электрода в момент прерывания поляризующего тока. Эти данные могут быть использованы для оценки опасности коррозии или защищенности реальных подземных конструкций, согласно нормативным критериям. Поляризационные характеристики металлов, также, могут быть использованы для расчетов коррозии и защиты проектируемых подземных сооружений.

При проведении испытаний прибора была собрана двухэлектродная коррозионная система, в которой происходят окислительно-восстановительные реакции, сопровождающаяся протеканием коррозионного тока между электродами. Согласно теоретическим представлениям график изменения суммарного потенциала катодного электрода, при периодической коммутации коррозионного тока, должен соответствовать графику процесса, изображенному на рис. 1. Здесь скачки потенциала, называемые «омической составляющей», отражают появление и исчезновение падения напряжения в коррозионной среде под действием коррозионного тока, а плавное изменение потенциала отражает процессы поляризации и деполяризации электрода.

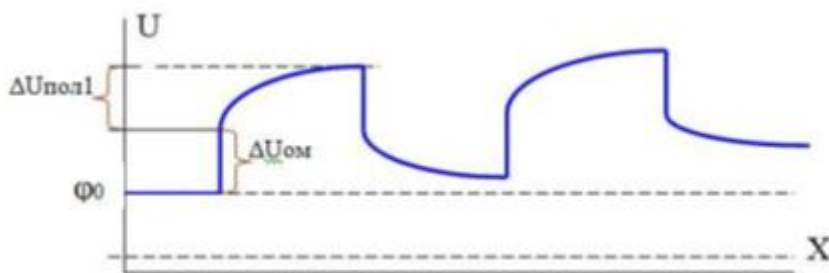


Рисунок 1 – Теоретический график изменения потенциала электрода в процессе измерений

Полученные в эксперименте осциллограммы потенциалов катодного и анодного электродов не дали возможности четко выявить наличие скачков потенциала при коммутации поляризующего тока. Это дало основание для предположения о наличии длительного переходного процесса при включении вольтметра, входящего в состав испытуемого прибора.

Эксперимент был повторен с использованием быстродействующего осциллографа.

Полученная осциллограмма, представленная на рисунке 2, близка к теоретической модели процесса (Рис. 1).



Рисунок 2 – Осциллограмма изменения потенциала электрода при коммутации поляризующего тока

При проведении экспериментов использовались электроды размерами 2,5 x 2,5 см в соответствии с ГОСТ 9.602-2016.

Для повышения точности измерений разрабатываемого прибора была увеличена площадь поверхности испытываемых электродов в 10 раз, что должно было привести (в теории) к увеличению мощности источника поляризующего тока и ускорению переходного процесса. Однако, фактические осциллограммы (Рис.3 и Рис.4) показали недостаточную эффективность этой меры – полученные графики не претерпели существенных изменений.

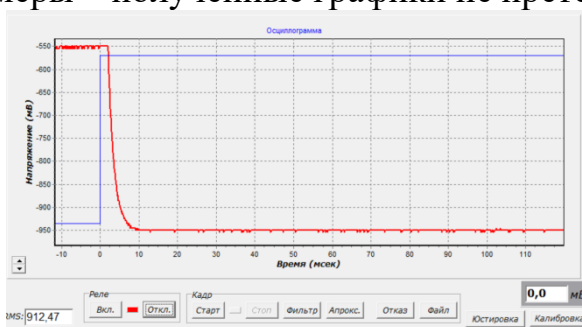


Рисунок 3 – График изменения электрического потенциала на электроде с большей площадью

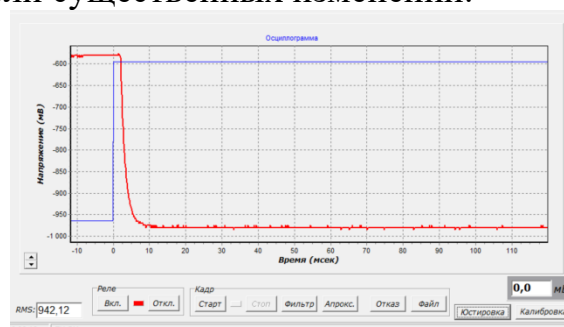


Рисунок 4 – График изменения электрического потенциала на электроде с малой площадью.

Для исключения влияния переходных поляризационных процессов на электродах в коррозионной среде было проведено испытание прибора при его подключении к резистивному делителю, в котором производилась коммутация тока. В эксперименте получена осциллограмма, представленная на Рис. 5. Из осциллограммы видно, что длительность переходного процесса на вольтметре составляет 10 мс. Использование резистивного делителя исключили возможность влияния электрохимических элементов в измерительной цепи.

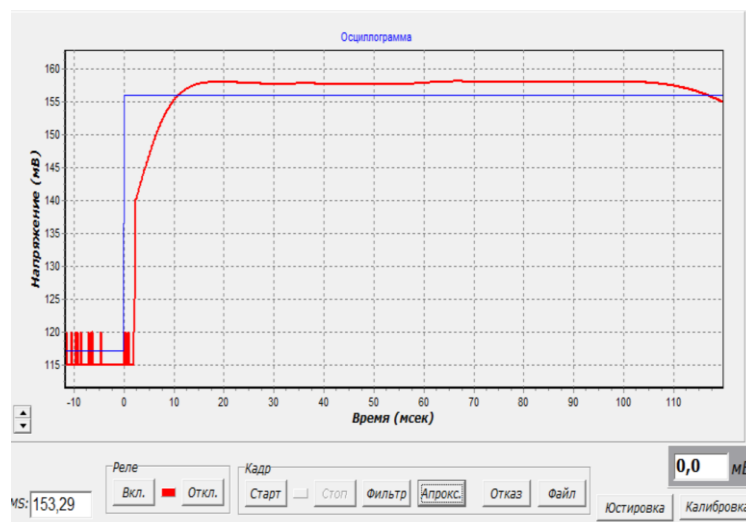


Рисунок 5 – График изменения электрического потенциала в схеме без электрода.

Таким образом, можем сделать вывод о необходимости модификации прибора. Изменение характеристик, которое необходимо для корректной работы прибора - это уменьшение емкости на входе прибора и увеличение входного сопротивления прибора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.; Металлургия, 1976. – 472 с.
2. Corrosion damage in earth-termination systems July 13th, 2017, Published in Articles: EE Publishers, by Veiko Raab
3. Corrosive effect of the type of soil in the systems of grounding more used (copper and stainless steel) for local soil samples from the city of Tunja (Colombia), by means of electrochemical techniques. L Guerrero et al 2016 J. Phys.: Conf. Ser. 687 012017

TESTING THE PSUPER AND FORMING A REFERENCE TO IMPROVE ITS FEATURE

Malyutina Olga Andreevna, Master's Degree student, e-mail enovol200@yandex.ru;

Bazhina Aleksandra Aleksandrovna, Master's Degree student,

e-mail sanka.bazhina@yandex.ru;

Lee Denis Vitalevich, Master's Degree student,

e-mail denisli.1996@mail.ru;

Aseev Georgy Evgenevich, Candidate of Engineering Science,

e-mail agebtnstu@gmail.com.

Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073, Russia, tel. (383)346-43-11

Abstract. The testing of the device for measuring the electrochemical polarization of metal electrodes by the commutation method has been carried out. It was found that the time of potential formation at the input of the voltmeter is too long and does not allow obtaining the required accuracy in assessing the polarization component of corrosion potentials. Based on the analysis of the obtained oscillograms, recommendations are given for improving the characteristics of the device.

Key words: corrosion; electrochemical potential; polarization; commutation method.

УДК 681.518.3, 331.436

СИСТЕМА ФИКСАЦИИ ГОРЕНИЯ ЧАСТИЦ ПЫЛЕВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

Нечаева Ирина Николаевна, аспирант; Нечаев Александр Сергеевич
Самарский государственный технический университет, 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846)337-09-01
Адрес для корреспонденции: Нечаева Ирина Николаевна, Самарский государственный технический университет, 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846)337-09-01

Аннотация. Определение чувствительности пылевоздушной смеси энергетических материалов к искровому разряду является базовыми при составлении инструкций безопасности технологических процессов при изготовлении, переработки и утилизации энергонасыщенных материалов. В данной работе приводится принцип построения системы для определения чувствительности пылевоздушной смеси энергетических материалов к искровому разряду, позволяющая варьировать его мощность и в автоматическом режиме фиксировать процесс воспламенения частиц пыли, вызванного данным разрядом.

Ключевые слова: пылевоздушная смесь, разряд, фиксация, измерение.

Защита человека и оборудования от статического разряда на производстве в большинстве случаев заключается в соблюдении техники безопасности и норм охраны труда на рабочем месте. К превентивным мерам относятся поддержание необходимых требований к микроклимату производственных помещений (температуры, влажности, запыленности и др.), использование разрешенной рабочей одежды, обеспечение оборудования исправными экранирующими и заземляющими контурами [1].

Однако существуют технологические процессы, в которых объекты невозможно обеспечить указанными типами защиты. К таким объектам относятся пылевоздушные взвеси, присутствующие при добыче и переработке твердых горючих полезных ископаемых, а также твердые диэлектрические

частицы легковоспламеняющихся продуктов, возникающие при дроблении, интенсивном перемешивании, кристаллизации и просушивании потоком сухого воздуха в сушильных камерах и т.д. Существуют различные способы защиты от статического электричества на участках технологической линии [2,3], однако, ни один из этих способов не является универсальным для большинства технологических процессов [4,5].

Директивы, изданные на российском и международном уровне, включают в себя, преимущественно, руководящие принципы, предназначенные для уменьшения вероятности возникновения зажигательных электростатических разрядов [1]. Введение новых норм и правил для имеющегося и нового комплекса технологического оборудования должно опираться на результаты точных оценок вероятностей возникновения электростатических разрядов и дальнейших последствий.

Оценка опасности воспламенения из-за накопления статического электричества невозможна без учета соответствующих параметров, характеризующих иницирование и ход пылевых взрывов. Для этого производят испытания на зажигание разрядом пылевоздушных смесей токонепроводящих твердых материалов в различной концентрации. Результаты об измерении и интерпретации данных о минимальной энергии воспламенения, роли объемного удельного сопротивления, наличии гибридных смесей, включающих легковоспламеняющиеся газы или пары и т. д. могут быть использованы для анализа возможных рисков [6].

Вопрос фиксации возгорания частиц пылевоздушной смеси (ПВС) в экспериментальной установке является приоритетным с точки зрения решения технических задач, поскольку в настоящее время установление эффекта горения осуществляется преимущественно самим экспериментатором. Это вызывает довольно существенные погрешности в обработке экспериментальных данных, поскольку световая и тепловая энергии от горения небольшой массы частиц смеси значительно уступают в количественном отношении подобным видам энергии, выделенными самой искрой. Однако, по приведенным зависимостям, зная параметры экспериментальной установки и усредненные статистические параметры ПВС можно оценить чувствительность исследуемой газозвеси к тепловому воздействию, вызванному искровым разрядом определенной мощности.

Оригинальная конструкция установки для получения пылевоздушной смеси и проведения испытаний по определению чувствительности к электрическому разряду разработана в ДНИХТИ (г. Дзержинск) и оформлена отраслевым стандартом (рисунок 1).

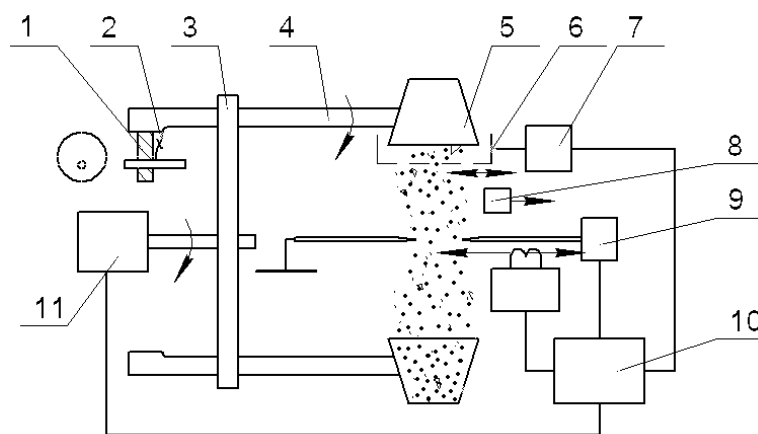


Рис. 1. Конструкция установки для получения пылевоздушной смеси и проведения испытаний по определению чувствительности к электрическому разряду

Устройство работает по принципу циклической подачи порошка в межэлектродное пространство из опрокидывающихся поочерёдно ковшей 5, которые установлены на вращающемся коромысле 3. Опрокидывание ковшей осуществляется за счёт прокатывания оси 4 ковшей (ковши на осях закреплены неподвижно) по поверхности копира 1, закреплённого на оси, смещённой относительно центра вращения. Синхронизация двигателя 11, вращающего коромысла, опрокидывание ковшей, управление виброситом 6 и вибратором 7, сближением высоковольтного электрода и подача напряжения на него от источника питания 9 (заряд – разряд) осуществляется блоком управления 10, связанным с контактной группой 2, установленной на копире и осях ковшей. Остановка двигателя 11 осуществляется при воспламенении пылевоздушной смеси, которое фиксируется фотодатчиком 8.

Фиксация воспламенения ПВС влечет за собой такие технические трудности, как:

1. Использование распространенных резистивных или полупроводниковых чувствительных элементов вблизи мощного искрового разряда влечет выход их из строя или наличие существенных электромагнитных помех на канал передачи сигнала.

2. Мощность излучения искрового разряда значительно сильнее инфракрасного излучения при горении частиц ПВС.

Авторами предлагается использовать систему фиксации горения частиц ПВС, схема которой изображена на рисунке 2.

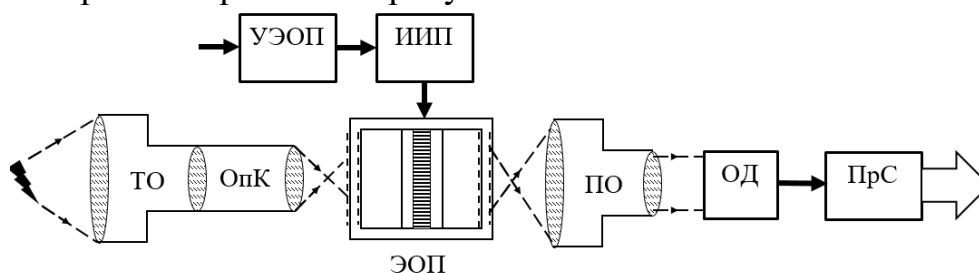


Рис. 2. Схема системы фиксации горения частиц ПВС

На схеме ТО – транспортирующий объектив, ОпК – оптический канал, ЭОП – электронно-оптический преобразователь, ПО – проекционный объектив, ИИП – источник импульсного питания, УЭОП – блок управления электронно-оптическим преобразователем, ОД – оптический датчик, ПрС – преобразователь сигнала.

Фотодатчики с оптоволоконном позволяют проводить измерения зонах с тяжелыми условиями окружающей среды, в этом случае электрическая часть датчика находится в доступном и безопасном месте, а усилитель (приемник и передатчик датчика) вынесены непосредственно в зону детектирования. Благодаря миниатюрности оптической системы возможно обнаружение объектов малой величины (к которым можно отнести зону горения нескольких частиц ПВС).

В блоке управления электронно-оптическим преобразователем закладывается задержка, равная временному промежутку между открытием электронного ключа для разрядки высоковольтного конденсатора и завершением искрового разряда. Время протекания искрового разряда задается исходя из проведенных вычислений по полученной авторами зависимости, зависящей от емкости конденсатора, индуктивных и емкостных характеристик установки, активного сопротивления элементов установки и разрядного промежутка и др.

Таким образом становится возможным получить информационный сигнал о воспламенении частиц ПВС при протекании в газоразрядном промежутке электрического разряда определенной энергии и мощности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ ИЕС 61340-5-1-2019. Электростатика. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Общие требования = Electrostatics. Protection of electronic devices from electrostatic phenomena. General requirements : Межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 мая 2019 г. № 185-ст : дата введения 2019-08-01 / подготовлен Акционерным обществом "Научно-производственная фирма "Диполь" (АО "НПФ Диполь"). – Москва: Стандартинформ, 2019. – 14 с.
2. Pavey I.D. Electrostatic Hazards in the Process Industries // Process Safety and Environmental Protection. Vol. 82, Issue 2, 2004. – p. 132-141.
3. Zhulikov S., Borisov R. Feasibility study of power engineering secondary equipment protection methods from static electricity // Journal of Electrostatics. Vol. 71, Issue 3. 2013. – p. 383-386.
4. Nechaeva I., Nechaev A. Method of Assessing the Sensitivity of the Dust-Air Mixture to Thermal Effects Caused by Electric Discharge / Proceedings - 2019 21st International Conference "Complex Systems: Control and Modeling Problems", CSCMP 2019 Volume 2019-September, September 2019, p. 553-557.
5. Marek B. The incendivity hazards of electrostatic discharges from charged, non-conductive solid materials // Fire Safety Journal. Vol. 60. 2013. – p. 46-55.

6. Forestier S., Dien J.-M., Glor M. Ignition of a cloud of dry powder using super brush discharges // Journal of Electrostatics. Vol.88. 2017. – p. 177-182.

SYSTEM OF COMBUSTION OF PARTICLES OF AIR-DUST MIXTURE

Nechaeva Irina Nikolaevna, post-graduate student; Nechaev Alexander Sergeevich
Samara State Technical University, 443100, Russia, Samara, st.
Molodogvardeyskaya, 244, t. (846) 337-09-01

Abstract. Determination of the sensitivity of a dust-air mixture of energetic materials to a spark discharge is basic in the preparation of instructions for the safety of technological processes in the manufacture, processing and disposal of energetic materials. In this work, the principle of constructing a system for determining the sensitivity of a dust-air mixture of energetic materials to a spark discharge is given, which makes it possible to vary its power and automatically record the process of ignition of dust particles caused by this discharge.

Key words: dust-air mixture, discharge, fixation, measurement.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РОССИИ И КИТАЯ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Новокрещенов Иван Владимирович, магистрант, Леган Марина Валерьевна
канд. биол. наук.*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Новокрещенов И.В., email bekturova50@mail.ru

Леган М.В. email Legan_m@ngs.ru

Адрес для корреспонденции: Новокрещенов Иван Владимирович,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Аннотация. Предметом исследования данной статьи является экологическая политика России и Китая, национальные проекты, направленные на снижение выбросов парникового газа CO₂. В работе приведены основные мероприятия, которые могут способствовать снижению вредных выбросов. В статье рассматриваются основные тенденции, способствующие увеличению или уменьшению загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова: выбросы CO₂, Парижское соглашение, возобновляемые источники энергии, экологическая политика.

Введение

В связи с ухудшающейся экологической ситуацией, больше внимания уделяется охране окружающей среды, как на территории РФ и КНР, так и во всем мире. С каждым годом выбросы вредных веществ в атмосферу увеличиваются, что связано с экономической деятельностью стран и обуславливает актуальность исследования. Данная тема является важной в контексте современной экологической политики. Согласно Указу Президента Российской Федерации № 204 принято постановление о разработке национальных проектов по нескольким направлениям. Одним из таких направлений является проект «Экология» со сроком реализации до 31.12.2024 года [1]. В 2019 г. было подписано Постановление № 1228 «О принятии Парижского соглашения», соглашение в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата, регулирующее меры по снижению содержания углекислого газа в атмосфере с 2020 года [2].

Цель работы

Провести сравнительный анализ экологической политики (ЭП) России и Китая и выявить основные причины, приводящие к загрязнению окружающей среды.

Результаты и их обсуждение

По данным «BP Statistical Review of World Energy», совокупный объем выбросов углекислого газа в мире в 2019 году достиг 34,2 млрд. т, увеличившись на 1,1%. На рис. 1 представлено 4 страны с наибольшим процентом загрязнения от парникового газа CO₂. На первом месте по объему выбросов расположился Китай (28,8% от совокупного объема выбросов), Россия занимает четвертое место по уровню выбросов CO₂ (4,5%). [3].

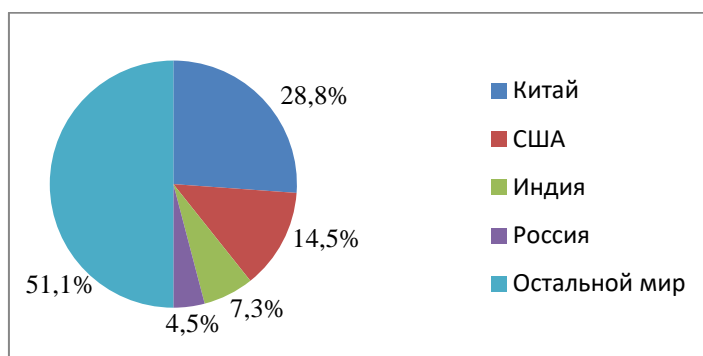


Рис.1. Объем выбросов CO₂ в процентах по миру.

Динамика выбросов CO₂ в России и Китае представлена на рис. 2. В 1990-х годах в РФ происходило существенное падение объема выбросов из-за упадка промышленных производств после распада СССР. Начиная с 2005 года, выбросы углекислого газа остаются стабильными. В Китае наоборот, наблюдается значительный рост выбросов CO₂ с 1995 по 2015 год на 6 826,1 млн т., а затем с 2015-2018 год отмечается замедление прироста, что связано с подписанием Парижского соглашения.

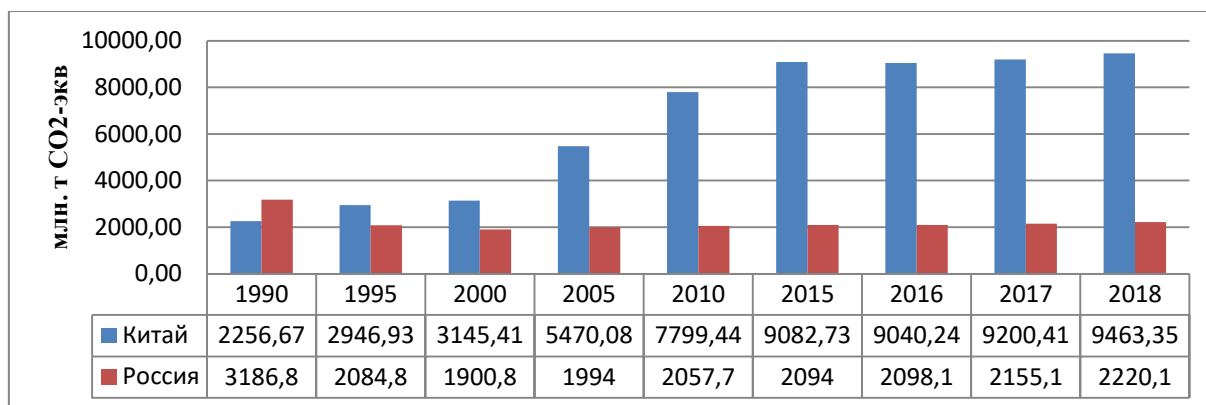


Рис. 2. Тенденция выбросов в России и Китае CO₂ от сжигания топлива за период 1990 – 2018 гг.

Количество выбросов и абсорбция парниковых газов в Российской Федерации по секторам отображены в таб. 1. В период 1990-2000 гг. происходит существенное падение выбросов, обусловленное общей отрицательной динамикой экономической ситуации в стране, изменением структуры экономики и структуры топливного баланса.

В 2000-2005 гг., в период экономического подъема, происходившего как в области производства, так и в области потребления, выбросы показывали устойчивый рост. Так, с 1990 г. по 2000 г. величина совокупного выброса (без учета сектора землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ)) уменьшилась на 1 286 млн. т CO₂-экв., а с 2000 г. по 2010 г. она увеличилась лишь на 156,9 млн. т CO₂-экв. В 2010-2015 гг., в период посткризисного восстановления экономики, выбросы вновь возрастали. В последующие годы совокупный выброс без учета сектора ЗИЗЛХ имел тенденцию к увеличению (прирост в 2017 году на 2,8% по отношению к 2015 г.). Выбросы CO₂ по отраслям за 2018 год в России распределяются следующим образом: энергетика 78,9%, промышленность 10,9 %, сельское хозяйство 5,7 %, отходы 4,4 % [3].

Выбросы и абсорбция парниковых газов по секторам, млн. т CO₂-экв Таблица 1

Сектор	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Энергетика	2568,5	1664	1514	1601,1	1668	1662,5	1663	1700,7	1752,6
Промышленные процессы и использование продукции	283,5	182,8	196,4	207,7	197,1	218,5	218,2	232,4	243,1
Сельское хозяйство	276,4	180	128,2	117,1	115,5	121,5	123,5	126,4	126,7
ЗИЗЛХ	-73,4	-205,7	-521,5	-563,9	-727,1	-582,2	-601,2	-591,2	-590,6
Отходы	58,4	58	61,6	68	76,7	91,4	93,5	95,6	97,7
Всего, без ЗИЗЛХ	3186,8	2084,8	1900,8	1994	2057,7	2094	2098,1	2155,1	2220,1
Всего, с ЗИЗЛХ	3113,4	1834,1	1388,4	1430	1330,6	1511,9	1497	1546,1	1629,5

* Значения приведены с округлением

** Знак «минус» соответствует абсорбции парниковых газов из атмосферы

Как показывает мировая практика, наиболее эффективными инструментами контроля выбросов являются углеродный налог и система торговли квотами на выбросы.

Для уменьшения количества выбросов CO₂ в Китае с 2017 года внедрена система торговли квотами на выбросы, в России данный проект является пилотным и появится лишь в июле 2021 г. на Сахалине. Так же в Китае установлен налог на ископаемое топливо, и с начала 2016 года, вводятся ежегодные лимиты на выбросы CO₂, производимые ТЭС. В настоящий момент в России не внедрен ни один из этих инструментов. В России национальный проект «Экология» направлен на кардинальное снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха на 20% от совокупного объема выбросов в крупных промышленных центрах. Большая доля средств направлена на проекты «Внедрение наилучший доступных технологий» (60,07 %) и «Чистый воздух» (12,38 %), что показывает необходимость действий в сфере выбросов вредных веществ.

Политическое руководство КНР ставит перед собой задачи решения проблем загрязнения окружающей среды посредством уменьшения

энергозатрат в производственной сфере путем модернизации технологий и увеличение количества объемов использования чистой энергии в общем энергобалансе страны. Исходя из этого, китайское правительство основное внимание фокусирует на развитие технически передовых отраслей энергетики, прежде всего, атомных электростанций. В British Petroleum прогнозируют, что к 2035 году Китай пополнит ряды самых энергоэффективных стран мира. Предполагается, что потребление энергии на единицу валового внутреннего продукта Китая будет сокращаться ежегодно на 3%. Это соответствует целям принятым правительством КНР по пятилетнему плану на 2016-2020 гг., в котором указано, что доля возобновляемых источников энергии в стране должна возрасти к 2020 году с 12% до 15%, а потребление угля сократиться с 64% в 2015 году до 58% и менее. Доля возобновляемых источников энергии на 2020 год составила 15,9%, а потребление угля снизилась до 56,8%. Следующий пятилетний план 2021-2025 гг. предусматривает увеличение доли возобновляемых ресурсов до 20%, снижение выбросов оксида углерода на единицу ВВП на 18% за весь период, а так же увеличение площади лесов до 24,1%.

Вывод

По итогам анализа можно сказать, что увеличение количества выбросов вредных веществ связано с развитием экономики, самый большой вклад в загрязнение окружающей среды вносит энергетический сектор, в частности, ТЭС из-за использования угля в качестве топлива.

В Китае инструментами уменьшения выбросов являются увеличение доли атомной энергии и ВИЭ в общем энергобалансе страны. Внедрена система торговли квотами на парниковые газы, осуществляется поддержка со стороны правительства в области нормативно-правовых документов. России только предстоит эксперимент с системой торговли квотами на выбросы, медленными темпами развивается ВИЭ, в сравнении с КНР. России необходимо перенимать опыт зарубежных стран для эффективной борьбы с загрязнением окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Паспорт Национального проекта «Экология». [Электронный ресурс]: Министерство природных ресурсов и экологии РФ - Режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/

2. Adoption of the Paris Agreement FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1 (UNFCCC, 2015). [Электронный ресурс]: United Nations Climate Change - Режим доступа: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>.

3. Четвертый двухгодичный доклад Российской Федерации, представленный в соответствии с решением 1/CP.16 Конференции Сторон Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. [Электронный ресурс]: Министерство природных ресурсов и экологии РФ - Режим доступа:

https://unfccc.int/sites/default/files/resource/10469275_Russian%20Federation-BR4-1-4BR_RUS.pdf

4.Co2-emissions. [Электронный ресурс]: Site traffic information and cookies
Режим доступа: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/co2-emissions.html>

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MODERN ENVIRONMENTAL POLICY OF RUSSIA AND CHINA IN THE FIELD OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

Novokrechshenov Ivan Vladimirovich, master's degree; Legan Marina Valerievna, candidate of biological sciences.

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia

Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (913) 005-48-19

Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20

Novokrechshenov I.V., e-mail bekturova50@mail.ru

Legan M.V., e-mail Legan_m@ngs.ru

Address for correspondence: **Novokrechshenov Ivan Vladimirovich**, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (913) 005-48-19

Abstract. The subject of this article is the environmental policy of Russia and China, national projects aimed at reducing CO₂ greenhouse gas emissions. The paper lists the main measures that can help reduce harmful emissions. The article examines the main trends that contribute to an increase or decrease in environmental pollution.

Keywords: CO₂ emissions, Paris Agreement, renewable energies, environmental policy.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАНУЛЕНИЯ С УЧЕТОМ РАССТОЯНИЯ ДО ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ

*Пушенко Данил Андреевич, магистрант; Парахин Анатолий
Михайлович, кандидат технических наук.*

Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Пушенко Д.А., e-mail pushenko.1998@mail.ru

Парахин А.М., e-mail paraxin@corp.nstu.ru

*Адрес для корреспонденции: Пушенко Данил Андреевич, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19*

Аннотация. В статье рассмотрена оценка эффективности использования защитного зануления с учетом требований «Правил устройства электроустановок». Выполнен расчет допустимой длины кабеля от ВРУ до защищаемого объекта. На основании данных полученных в результате расчета был построен график, по которому можно определить необходимую длину кабеля от ВРУ до защищаемого объекта.

Ключевые слова: защитное зануление, время отключения, трансформаторная подстанция, длина кабеля, вводное распределительное устройство.

1. Введение

В Российской Федерации широкое применение получили сети с глухозаземленной нейтралью в системе TN, в которых основной мерой защиты является защитное зануление.

В соответствии с Правилами устройства электроустановок, для защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении в электроустановках напряжением до 1 кВ жилых, общественных и промышленных зданий и наружных установок, получающих питание от источника с глухозаземленной нейтралью с применением системы TN должно быть выполнено автоматическое отключение питания. При выполнении автоматического отключения питания в электроустановках напряжением до 1 кВ все открытые проводящие части должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания, если применена система TN. Для автоматического отключения питания могут быть применены защитно-коммутационные аппараты, реагирующие на сверхтоки или на дифференциальный ток [1].

В системе TN время автоматического отключения питания не должно превышать значений, указанных в таблице 1.

Таблица 1

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы TN

Номинальное фазное напряжение U_0 , В	Время отключения, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
Более 380	0,1

Указанное в таблице время в ряде случаев не удастся обеспечить вследствие того, что ток короткого замыкания может быть недостаточен для обеспечения срабатывания автоматического выключателя. Это может происходить при высоком значении сопротивления петли «фаза-нуль» вследствие удаленности защищаемого электрического приемника от трансформаторной подстанции (далее ТП).

Поэтому в данной работе рассматривается условие выполнения ПУЭ в зависимости от соотношения расстояний от вводного распределительного устройства (далее ВРУ) до защищаемого объекта в здании и расстояния от ТП до ВРУ.

2. Расчет допустимой длины кабеля от ВРУ до защищаемого объекта

Согласно требованиям ПУЭ допускаются значения времени отключения более указанных в табл., но не более 5 с в цепях, питающих только стационарные электроприемники от распределительных щитов или щитков при выполнении условия, что полное сопротивление, защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком не превышает значения, Ом [1]:

$$50Z_{\text{ц}}/U_{\text{ф}} \quad (1)$$

где $Z_{\text{ц}}$ – полное сопротивление цепи «фаза-нуль», Ом;

$U_{\text{ф}}$ – номинальное фазное напряжение цепи, В;

50 – падение напряжения на участке защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом.

При этом напряжение до момента срабатывания падения напряжения на участке от ввода в здание до электроприемника не будет превышать 50 В.

Расчет зануления производится в сети 380/220 В (рисунок 1)

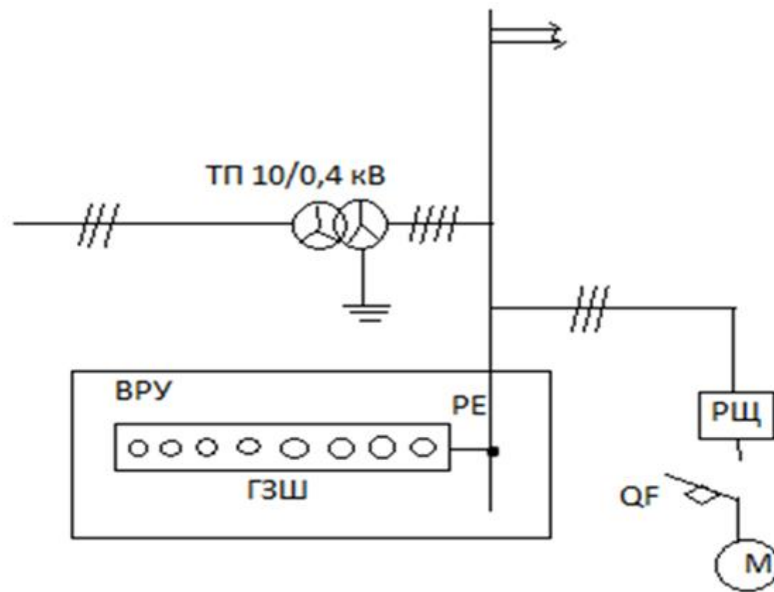


Рис. 1. – Схема сети 380/220 В

Для расчета используем эквивалентную расчетную схему (рисунок 2).

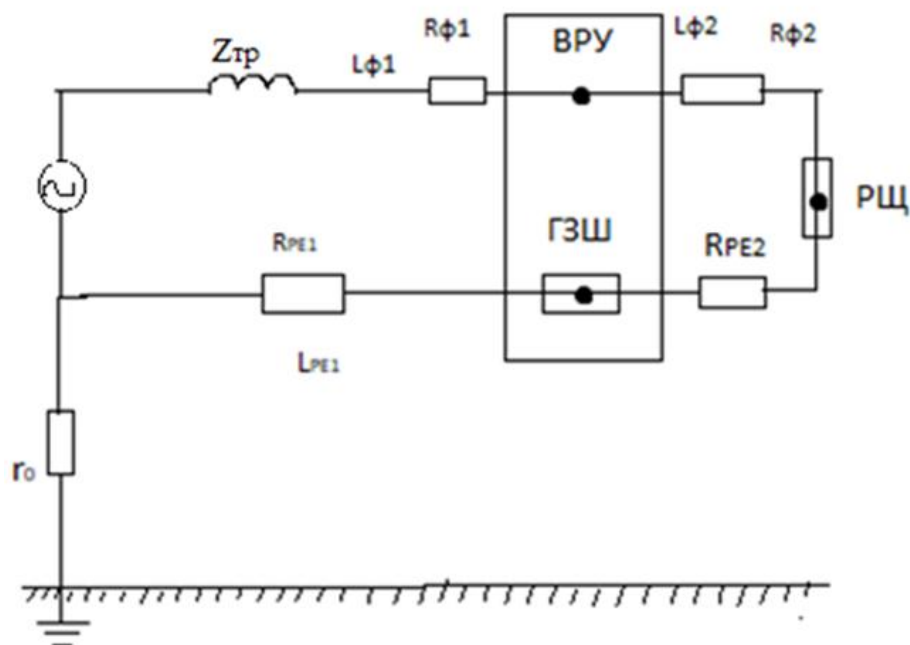


Рис. 2. Эквивалентная схема сети 380/220 В

Введем обозначения:

$I_{кз}$ – ток короткого замыкания, А; R_{PE1}, R_{PE2} – сопротивление нулевых проводников, Ом; $U_{пр}$ – напряжение прикосновения, В; $R_{φ1}, R_{φ2}$ – сопротивление фазных проводников, Ом; $Z_{тр}$ – мощность трансформатора, кВА.

$$\begin{cases} I_{кз} R_{PE_2} = 50 \text{ В} = U_{пр} \\ I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{тр}}{3} + R_{\phi 1} + R_{PE_1} + R_{PE_2}} \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{Откуда } I_{кз} = \frac{U_{пр}}{R_{PE_2}} = \frac{50}{R_{PE_2}} \quad (3)$$

$$U_{\phi} = \frac{50}{R_{PE_2}} * \left(\frac{Z_{тр}}{3} + R_{\phi 1} + R_{\phi 2} + R_{PE_1} \right) + 50 \quad (4)$$

Проводимость нулевого защитного проводника может быть меньше фазного, но не более чем в 2 раза. $R_{PE_2} = 2R_{\phi 1}$, тогда

$$U_{\phi} = \frac{50}{R_{PE_2}} * \left(\frac{Z_{тр}}{3} + 3R_{\phi 1} + R_{\phi 2} \right) + 50 \quad (5)$$

$$R_{PE_2} = \frac{50}{220} * \left(\frac{Z_{тр}}{3} + 3R_{\phi 1} + R_{\phi 2} + 1 \right) \quad (6)$$

Сопротивление фазных и нулевых проводников определяется выражением (7):

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (7)$$

После всех преобразований получаем окончательное выражение:

$$L_{PE_2} = 0.23 * \frac{S_{PE_2}}{\rho_2} * \left(\frac{Z_{тр}}{3} + 3\rho_1 \frac{L_{\phi 1}}{S_{PE_1}} + 1 \right) \quad (8)$$

где $L_{\phi 1}$ – длина фазного провода, м;

S_{PE_1}, S_{PE_2} – сечения проводов питающего кабеля и кабеля потребителя, м²;

ρ_1, ρ_2 – удельное электрическое сопротивление питающего кабеля и кабеля потребителя, Ом*м.

Полученное выражение позволяет выбрать допустимую длину кабеля от вводного распределительного устройства до защищаемого объекта в здании в зависимости от расстояния от ВРУ до ТП, а также от сечения проводов кабеля потребителя S_2 и питающего кабеля S_1 .

Таблица 2

Допустимая длина кабеля от ВРУ до защищаемого объекта

$L_{\phi 1} \backslash S_{PE_1}$	6, мм ²	10, мм ²	25, мм ²	35, мм ²	50, мм ²
500, м	345	207	82	59	41
650, м	448	269	107	76	53
800, м	552	331	132	94	66
950, м	655	393	157	112	78
1100, м	759	455	182	130	91
1250, м	862	517	207	147	103
1400, м	966	579	231	165	115

Допустим длина фазного провода $L_{\phi 1} = 1250$ м и сечения $S_{PE_1} = 50$, $S_{PE_2} = 6$ мм², то длина РЕ участка $L_{PE_2} = 103$ м.

Полученные результаты можно представить графически. Для построения графиков преобразуем полученное выражение (8):

$L_{\phi 1} \Rightarrow$ Ось x , $S_{PE1} \Rightarrow$ Ось y , тогда

$$L_{PE2} = 0.23 * \frac{S_{PE2}}{\rho_2} * \left(\frac{Z_{тр}}{3} + 3\rho_1 \frac{x}{y} + 1 \right) \quad (9)$$

Функция (9) отражает зависимость длины РЕ участка от длины фазного провода и сечений обоих участков: то есть при изменении одного числа x и y , по некоторому закону изменяется z .

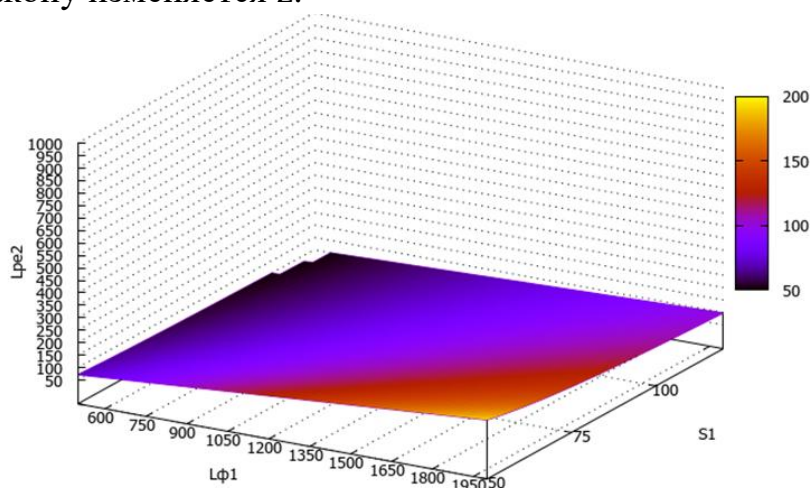


Рис. 3-График зависимости длины РЕ участка от длины фазного провода и сечений обоих участков при $S_2=6 \text{ мм}^2$

3. Вывод

В результате проведения анализа сформулированы рекомендации по возможности использования систем защитного зануления в зависимости от соотношения расстояния до трансформаторной подстанции и расстояния защищаемых электроприемников от вводно-распределительного устройства с учетом сечения проводников системы электроснабжения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ. 7-е изд. - Разделы 2.4 и 2.5 (Утв. Приказом Минэнерго России от 20.05.2003 № 187). -М.: ЭНАС, 2003.
2. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. Пособие для вузов. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: «Знак», 2000. – 440с.
3. Маньков В.Д., Заграничный С.Ф. Защитное заземление и зануление электроустановок: Справочник. – СПб.: политехника, 2005. – 400 с.: ил.

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF USING THE PROTECTIVE GROUNDING WITH THE DISTANCE TO THE TRANSFORMER SUBSTATION

Pushenko Danil Andreevich, master's degree; *Parakhin Anatoly Mikhailovich*, candidate of technical sciences.

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia
Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (913) 005-48-19
Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20

Pushenko D.A., e-mail pushenko.1998@mail.ru

Parakhin A.M., e-mail paraxin@corp.nstu.ru

Address for correspondence: **Pushenko Danil Andreevich**, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (913) 005-48-19

Abstract. The article considers the assessment of the effectiveness of the use of protective grounding, taking into account the requirements of the "Rules for the device of electrical installations". The calculation of the permissible cable length from the ASP to the protected object has been performed. Based on the data obtained as a result of the calculation, a graph was built, according to which it is possible to determine the required cable length from the ASP to the protected object.

Keywords: protective grounding, shutdown time, transformer substation, cable length, input switchgear.

УДК 331.45

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТОРГОВЫХ ЦЕНТРОВ НА ПРИМЕРЕ ООО «ИКЕА ДОМ»

Тимченко Владислав Вячеславович¹, магистрант;

Удальцов Евгений Анатольевич¹, доцент кафедры БТ, к.т.н., доцент

¹Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр-т Карла Маркса, 20.

Тимченко В.В., email: vladislavchik0106@mail.ru

Удальцов Е.А., email: ugodnic@gmail.com

Адрес для корреспонденции: **Тимченко Владислав Вячеславович**, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр-т. Карла Маркса, 20, тел (923)-700-73-76

Аннотация. В данной статье рассмотрен вопрос об обеспечении комплексной безопасности торговых центров. Даны составляющие комплексной безопасности. Приведены основные угрозы и риски, и мероприятия, которые позволят их избежать.

Ключевые слова: комплексная безопасность; торговые центры; пожарно-охранное оборудование; безопасность торговых центров; угрозы и риски безопасности.

В наши дни торговые центры взяли на себя роль не просто крупных торговых точек, но и еще места сосредоточения нынешней культуры. Ведь это не просто место, где люди совершают покупки, но куда люди приходят и проводят свое свободное время, именно поэтому их нахождение в торговом центре должно быть прежде всего безопасным.

С развитием торговых центров потребовалось усовершенствование подхода к обеспечению безопасности их посетителей. Самым важным требованием к безопасности торговых центров является комплексность. С одной стороны, необходимо обеспечить комфортное и безопасное пребывание как посетителей магазина, так и персонала. Для этого устанавливается пожарно-охранное оборудование и тревожная сигнализация. С другой стороны, собственники магазинов, которые расположены в торговых центрах, должны быть уверены в целостности и сохранности своих товаров и продукции - то есть избегать повреждений и хищений, как со стороны сотрудников, так и посетителей. С этим справляются антикражные системы, видеокамеры для непрерывного контроля с возможностью записи и просмотра информации, так же роль ставни и жалюзи. Для эффективного взаимодействия персонала с посетителями, а также корректного учета всех проведенных операций, устанавливаются счетчики посетителей и системы оповещения.

Целью данной работы является обеспечение безопасности покупателей и сотрудников, находящихся в торговом центре и повышение степени защищенности материальных ценностей, находящихся в торговом центре. За основу исследования взят анализ обеспечения комплексной безопасности в ООО «ИКЕА ДОМ» Новосибирск, так как в торговых центрах происходит массовое скопление людей и есть угрозы товарно-материальным ценностям.

На работу «ИКЕА ДОМ», который содержит на своих площадях товарно-материальные ценности и привлекающий большое количество посетителей, существенно влияют различные риски и угрозы безопасности. Основными угрозами являются:

- угрозы террористического характера, хулиганские действия, техногенные аварийные ситуации;
- угрозы товарно-материальным ценностям (кражи, умышленная/ непредумышленная порча, подмена, нарушение упаковки, неправильное хранение, потеря товарного вида);
- преступные посягательства в отношении помещения (взрывы, минирование, поджоги);
- преступные посягательства в отношении к посетителям (хищения личных вещей, порча вещей, нападение с целью завладения денежными средствами, документами и ценностями, повреждение или угон личных транспортных средств).

В целях безопасности в торговых центрах «ИКЕА ДОМ» имеется физическая охрана, служба собственной безопасности, контроль и видеонаблюдение, а также системы мониторинга и оповещения. При выборе решений и систем безопасности для центров основополагающими критериями являются надежность и безотказность их работы, срок службы и соответствие предписаниям законодательства РФ и международным стандартам.

Все здания «ИКЕА ДОМ» оборудованы системами противопожарной защиты и безопасности, кроме того особое внимание уделяется предупреждению пожара, извещению людей, присутствующих в здании, реагированию и предотвращению пожара, а также быстрой и безопасной эвакуации людей в случае появления угрозы. В здании происходит эффективное тушение пожара на ранней стадии его развития, благодаря автоматической спринклерной системе пожаротушения, которой оборудован торговый центр.

В процессе эксплуатации систем обеспечения безопасности и жизнедеятельности объекта необходимо обратить особое внимание на вопросы технического обслуживания установленных систем. Поддержание систем в рабочем состоянии, своевременная замена изношенного оборудования, все это является приоритетным направлением работы руководителей и служб безопасности торговых центров. Так же служба собственной безопасности торгового центра, ведет контроль над работой персонала торгового.

В крупных торговых центрах зачастую совершаются как мелкие, так и крупные кражи товаров. Некоторые покупатели, различными способами обманывают охранников, стоящих на выходе из магазина; прячутся от камер, извлекают противокражные магниты на товарах, избегают антикражных ворот дабы исключить оповещения сотрудников магазина о совершенной краже. Что бы избежать угроз товарно-материальных ценностей, необходимо улучшить системы видеонаблюдения, а также интегрировать их с кассовыми аппаратами. Провести беседы с охранниками, в целях улучшения их работы и призвать их к бдительности и внимательности на посту охраны и в мониторинжной зоне. Так в торговых центрах «ИКЕА ДОМ» торговый зал, складские помещения- все это оборудовано комплектом IP- видеонаблюдения IPK816BH-POE. Видеокамеры ведут запись круглые сутки. Найти их будет не просто, так как они тщательно замаскированы. В мониторинжной зоне внимательно просматриваются все изображения окаймленных красными рамками. Если рамка становится желтой, значит нужно обратить особое внимание на данный участок. Выход из магазина осуществляется при помощи штрихкода на кассовом чеке, а так же на выходе охрана проверит позиции в кассовом чеке и товары, которые приобрёл покупатель.

Дополнительным и неотъемлемым средством защиты торгового центра от проникновения внутрь является установка охранной сигнализации Ajax StarterKit. Используется оборудование с аналоговой технологией передачи

сигнала на пульт управления. Такая установка состоит из контрольной панели, кнопки тревожной сигнализации. Также для защиты помещения используют датчики разбития стекла, датчики движения, магнитноконтактные датчики и датчики объема.

Несколько раз в год все магазины проходят внутренний и внешний аудит и инспектирование по безопасности, в т.ч. на соответствие предписаниям противопожарного законодательства РФ и предписаниям международных норм и стандартов. Аудит осуществляется уполномоченными контролирующими органами, а также лицензированными российскими и зарубежными компаниями.

В завершении отметим, что анализ обеспечения комплексной безопасности в ООО «ИКЕА ДОМ» Новосибирск недостатков не выявил. Уровень организации комплексной безопасности достаточно высокий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 26342-84. Средства охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации. Типы, основные параметры и размеры (с Изменениями N 1, 2)
2. СНИП 2.04.09-84 Пожарная автоматика зданий и сооружений (с Изменением N 1)
3. Магауенов Р.Г. Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения
4. РД 78.145-93 Системы и комплексы охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации, правила производства и приемки работ.

ENSURING THE COMPREHENSIVE SECURITY OF SHOPPING CENTERS ON THE EXAMPLE OF «IKEA DOM»

*Timchenko Vladislav Vyacheslavovich*¹, Master's student;

*Udaltsov Evgeny Anatolyevich*¹, Associate Professor of the Department of BT, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073, Russia.

Timchenko V. V., graduate student, email: vladislavchik0106@mail.ru

Udaltsov E. A., associate professor of the Department of BT, Ph.D.T.S., associate professor, email: ugodnic@gmail.com

Address for correspondence: Timchenko V. V., Novosibirsk State Technical University, 20, Prospect K. Marks, Novosibirsk, 630073, Russia, (923)-700-73-76

Abstract. This article discusses the issue of ensuring the integrated security of shopping centers. The components of integrated security are given. The main threats and risks, and measures that will allow to avoid them are given.

Keywords: integrated security; shopping centers; fire and security equipment; safety of shopping centers; security threats and risks.

ОПЫТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ВНЕАУДИТОРНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Чирцова Ксения Викторовна, инженер; Тихонова Ольга Васильевна, доцент, канд. техн наук.

Новосибирский Технологический Институт (филиал) «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», 630099, Россия, г.Новосибирск, ул. Потанинская, 5, тел.(913)483-96-95

Тихонова О. В., e-mail: otfv@ntirgu.ru

Чирцова К. В., e-mail kсениya296@bk.ru

Адрес для корреспонденции: Тихонова Ольга Васильевна Новосибирский Технологический Институт (филиал) «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», 630099, Россия, г.Новосибирск, ул. Потанинская, 5, тел.(913)483-96-95

Аннотация. В работе предложен вариант дизайн-проекта помещения для самостоятельной работы студентов с учетом эргономических требований и специфики организации учебного процесса. Реконструкция предусматривает многофункциональное использование этого пространства с разделением на 2 рабочие зоны и зону отдыха.

Ключевые слова: эргономика; обучение; эффективная работа; анкетирование; архитектурно-художественное оформление.

Эффективность функционирования любого предприятия (организации) должна осуществляться благодаря поиску и привлечению внутренних и внешних ресурсов. Архитектура модели ВУЗов требует так же ее актуализации в динамически изменяющихся рыночных условиях, стремясь сохранять свою конкурентоспособность. При этом необходимо предложить потребителю (обучающемуся) товар или услугу, то есть продукцию, удовлетворяющую его по стоимости, содержанию, сервису и качеству [1].

В соответствии с требованиями новых образовательных стандартов увеличены объемы самостоятельной работы студентов. В настоящее время в ВУЗах существуют две общепринятые формы самостоятельной работы:

- аудиторная (под контролем преподавателя);
- внеаудиторная (собственно самостоятельная работа в удобные для студента часы).

Внеаудиторная работа предполагает следующие основные виды:

- проработка текущего материала по конспектам и рекомендуемой литературе, интернет ресурсам;

- подготовка к лабораторным, практическим и семинарским занятиям;
- выполнение контрольных домашних заданий, курсовых и дипломных проектов;
- подготовка к зачету, экзамену.

На эффективность этой работы влияет правильная организация учебного процесса, которая включает ряд значимых факторов, в том числе наличие специализированных помещений. Практика показывает, в ВУЗах нередко эти помещения отсутствуют, либо решены по остаточному принципу (недостаточно площадей, соответствующего финансирования) [2].

Цель работы – выявление возможных незадействованных ресурсов организации учебного процесса в рамках проекта «Создание современного образовательного пространства в НТИ (филиал) РГУ им. А. Н. Косыгина».

Объект исследования: НТИ (филиал) РГУ им. А. Н. Косыгина.

Предмет исследования: разработка дизайн-проекта помещения для внеаудиторных учебных занятий.

На начальном этапе было проведено анкетирование (собеседование) студентов, чтобы определить уровень организации существующих образовательных пространств. Дополнительно получены предложения по анализируемой проблеме в зависимости от наиболее популярных видов учебной деятельности.

В результате обследования свободных комнат общежития «Дом студентов» выбрана аудитория площадью 74,5 м² на 9 этаже, в которой имеется естественное освещение (4 окна) и искусственное (светильники с люминесцентными лампами), а так же 3 ряда чертежных столов. Реконструкция существующего помещения предусматривает многофункциональное его использование. Предложены 3 зоны по назначению: рабочие зоны для выполнения художественных работ (живопись, рисунок, композиция) и чертежных (письменных) работ, зона отдыха [3]. Архитектурно-художественное оформление с размещением оборудования представлено на рис.

Рабочие зоны могут быть оснащены компьютером с доступом в Интернет, сканером, принтером или иметь электрические розетки для подключения собственного ноутбука. Данное пространство может использоваться так же для информационной, выставочной, конкурсной деятельности.

Кратковременный отдых выбран по типу: пассивный (смена обстановки и вида деятельности с возможностью созерцания и межличностного общения). Рекомендуются мебель мягкая, модульная или бескаркасные пуфы и кресла, конструкция которых должна позволять принимать различные удобные позы. Дизайн зоны отдыха лучше оформлять в стиле хай-тек или эклектика. Цвета в интерьере предпочтительны: серые, бежевые, светло-зеленые и немного фиолетового, которые не утомляют, освежают восприятие, при этом пространство визуально будет увеличиваться. Большие фотообои с

изображением пейзажей природы успокаивающе действуют как на зрительную, так и на центральную нервную систему. Организация зон отдыха является одним из эффективных мероприятий по восстановлению работоспособности, снятию психоэмоционального перенапряжения обучающихся, ускорению процесса адаптации к работе.

Для организации самостоятельной работы студентов с учетом базового профиля образования требуется приобретение оборудования, перечень которого представлен в таблице.



Рис. Архитектурно-художественное оформление помещения для самостоятельной работы студентов по зонам.

Таблица

Калькуляция необходимого оборудования для организации внеаудиторной работы студентов

Функциональные зоны	Статья расходов	Количество, шт.	Цена (руб.)	Сумма (руб.)
Художественные работы	Мольберт	5	2 000	10 000
	Стулья	2	2 500	5 000
	Шкаф с полками	1	6 500	6 500
Чертежные (письменные) работы	Стол	2	3 500	7 000
	Стулья	8	1 000	8 000
	Шкафы с полками	3	6 500	19 500
Зона отдыха	Диван	1	11 000	11 000
	Мягкие кресла	6	1 300	7 800
	Журнальный столик	1	1 300	1 300
	Кондиционер	2	13 000	26 000
	Фотообои	12 (м ²)	600	7 200
	Кулер	1	3 000	3 000
Итого				112 300

Таким образом, расчет затрат на организацию и оборудование специализированного помещения для самостоятельной работы студентов показал, что необходимая для этого сумма составила 112 300 рублей. Реализация данного дизайн-проекта позволяет создать условия для саморазвития студента, творческого восприятия и осмысления учебного материала, развития навыков контроля и планирования учебного времени, а в целом формирует удовлетворение от пребывания в стенах образовательного учреждения и поддерживает имидж ВУЗа. На основании вышесказанного, предложенное проектное решение экономически целесообразно. Работа признана лучшей в конкурсе и находится в настоящее время на этапе внедрения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Валеева, Ю. С. Анализ и оценка эффективности бизнес-процессов торгового предприятия/ Ю. С. Валеева // Этап: экономическая теория, анализ, практика.- 2013.- № 3.- С. 146-156.

2. Модернизация функционально-пространственной структуры ВУЗа как элемента инновационной образовательной среды/ А. А.Толстенева [и др.] // Современные проблемы науки и образования.- 2019.- № 6.- С. 34.
3. Пучков, М. В. Опыт пространственной организации современных университетских комплексов/ М. В. Пучков // Университетское управление: практика и анализ.- 2011.- № 2.- С. 30-39.

EXPERIENCE OF SPATIAL ORGANIZATION OF EXTRACURRICULAR INDEPENDENT WORK OF STUDENTS

Chirtsova Ksenia Viktorovna, engineer; *Tikhonova Olga Vasilyevna*,
Associate Professor, Ph.D. (Engineering).

Novosibirsk Technological Institute (branch) "A. N. Kosygin Russian State
University (Technologies. Design. Art)", 630099, Russia, Novosibirsk, ul.
Potaninskaya, 5, tel. (913)483-96-95

Tikhonova O. V., e-mail: otfv@ntirgu.ru

Chirtsova K. V., e-mail: kseniya296@bk.ru

Адрес для корреспонденции: Tikhonova Olga Vasilyevna, Novosibirsk
Technological Institute (branch) "A. N. Kosygin Russian State University
(Technologies. Design. Art)", 630099, Russia, Novosibirsk, ul. Potaninskaya, 5,
tel. (913)483-96-95

Annotation. The scientific work presents a variant of the design project of the room for independent work of students with the implementation of ergonomic requirements and the specifics of the organization of the educational process. The reconstruction provides for a multifunctional use of this space with a division into 2 working areas and a recreation area.

Keywords: ergonomics; training; effective work; survey; architectural and artistic design.

МЕХАНОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ПЬЕЗОКЕРАМИКИ Pb_2MgWO_6 С ЛЕГИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ

Шевченко Наталья Сергеевна^{1,2}, магистрант;

Гусев Алексей Алексеевич², с.н.с.; Тихонова Ольга Васильевна¹, к.т.н.;

¹Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

²Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18

Шевченко Н. С., e-mail: shevchenko.2506@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Шевченко Наталья Сергеевна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Аннотация. Pb_2MgWO_6 был синтезирован с использованием механохимической активации (м/а) и обжига в диапазоне температур 600-1000°C тремя способами: 1) из оксидов соответствующих металлов, 2) с использованием прекурсора $MgWO_4$ и 3) с добавлением легирующей добавки 1% и 2% вес. Li_2CO_3 сверх стехиометрии для исследования влияния на формирование структуры и снижения электропроводности керамики.

Ключевые слова: Функциональные материалы, пьезокерамика; механохимическая активация; рентгенофазовый анализ; Pb_2MgWO_6 ; вольфраматовая бронза.

Введение

Благодаря своим уникальным свойствам пьезокерамика широко применяется в различных областях техники и считается одним из перспективных материалов нашего времени. Состав Pb_2MgWO_6 представляет большой интерес для твердых накопителей энергии, поскольку создание новых функциональных материалов на основе сложных оксидов откроют широкие возможности для улучшения воспроизводимости свойств как новых, так и ранее разработанных материалов. Согласно литературному обзору данный состав наиболее перспективный для использования, поскольку демонстрирует очень высокие показатели эффективности. Исследования откроют широкие возможности для создания новых материалов различного назначения на основе сложных оксидов со структурой перовскита [1,2].

Экспериментальная часть

В качестве исходных реагентов для синтеза Pb_2MgWO_6 использовались оксиды WO_3 , MgO , PbO , Li_2CO_3 квалификации "ч.". Во всех случаях оксид свинца вводился в избытке 3% вес. сверх стехиометрии [3]. При активации порошков использовалась мельница АГО-2 со стальными барабанами и шарами диаметром 8 мм и массой 200 г (ускорение шаров 20g). Для предотвращения намола железа (которое может достигать 1-2 масс. %) проводили предварительную футеровку

шаров и барабанов [4]. Образцы представляют собой таблетки $h=2$ мм и $d=10$ мм спрессованные под давлением 10 т/см² без пластификатора. Обжиг образцов осуществлялся в печи ПВК-1,4-8. Скорость нагрева до 600°C - $20^{\circ}\text{C}/\text{мин}$, после $10^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Образцы охлаждались вместе с печью после ее выключения. Взвешивание осуществлялось на весах UW220H фирмы SHIMADZU с точностью $0,001$ г, геометрический размер определялся при помощи микрометра с точностью $0,01$ мм. Рентгенофазовый анализ (РФА) проводился с помощью ДРОН-3 и D8ADVANCE (BRUKER).

Синтез прекурсора: брались навески оксидов WO_3 и MgO активировались в мельнице 10 минут, а затем спекались при 900°C в течение 4 часов. Полученный продукт был проактивирован еще 5 минут и использован для дальнейшего синтеза образцов.

Результаты и обсуждения

Способ 1: Синтез Pb_2MgWO_6 из исходных оксидов (WO_3 , MgO , PbO).

Сразу после м/а оксидов, по данным РФА, формируется двухфазная система (рис. 1) из Pb_2MgWO_6 кубической модификации (46-1500) S.G. Fm-3m (no.225) $D_x = 9,300$ г/см³, $a=8,0058$ и PbWO_4 тетрагональной модификации (85-1857) S.G. I41/a (no.88) $D_x = 8,459$ г/см³, $a=5,4616$, $c=12,046$. Структура PbWO_4 хорошо окристаллизована и сохраняется до 800°C . После шлифовки образцов данная фаза не исчезает. Структура однородна по всей толщине образца. После обжига образцов при 900°C количество фазы PbWO_4 резко снижается и появляется фаза Pb_2WO_5 моноклинной модификации (78-503) S.G. C2/m (no.12) $D_x = 8,125$ г/см³, $a=14,2188$, $b=5,8015$, $c=7,3508$, $b=113,911$ которая, в небольшом количестве, сохраняется во всем диапазоне обжига образцов. MgO входит в состав образующихся твердых растворов и при РФА себя не проявляет.

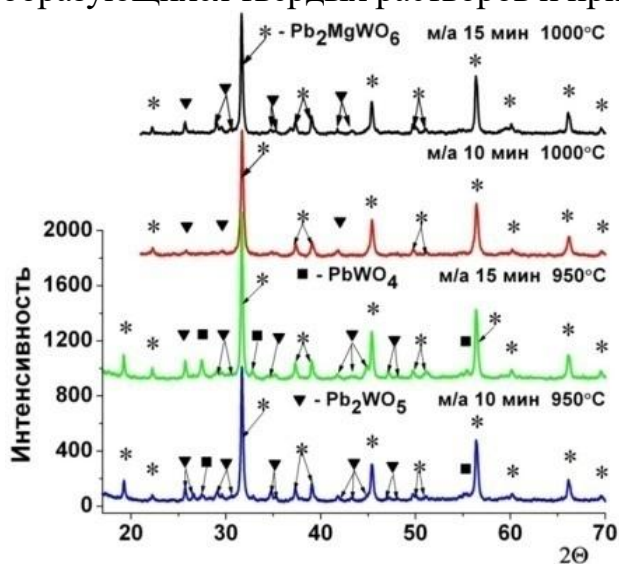


Рис. 1. Дифрактограммы образцов при м/а 10 и 15 мин. и обжиг 950 и 1000°C

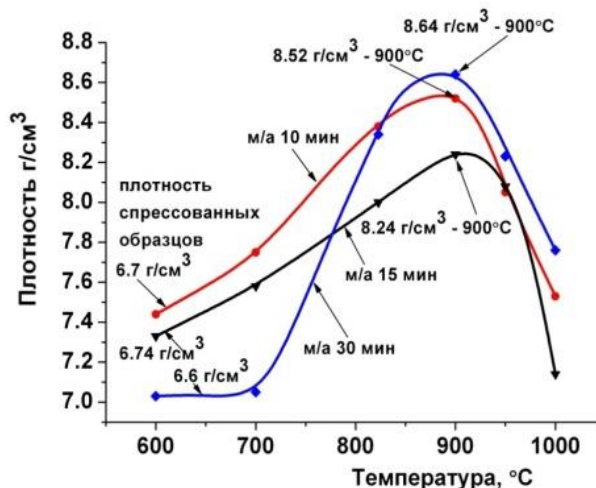


Рис. 2. Плотность образцов в интервале обжига $600 - 1000^{\circ}\text{C}$

На рис. 2 представлена зависимость плотности образцов от температуры обжига. Учитывая, что качество образцов, при м/а 10 и 15 мин. довольно низкое, были синтезированы образцы при м/а 30 мин., в надежде получить более высокое качество. Наиболее плотные образцы получены после м/а 15 и 30 мин., но на всех

образцах, полученных при температуре спекания выше 900°C присутствуют видимые глазом поры и расслоения.

Способ 2: Синтез Pb_2MgWO_6 с использованием прекурсора $MgWO_4$.

С температуры 600°C формируется двухфазная система Pb_2MgWO_6 и Pb_2WO_5 , при 800°C это только Pb_2WO_5 , при 900°C начинает образовываться Pb_2MgWO_6 . На рис. 3 звездочками обозначены рефлексы фазы Pb_2MgWO_6 , все остальные рефлексы на этих принадлежат фазе Pb_2WO_5 .

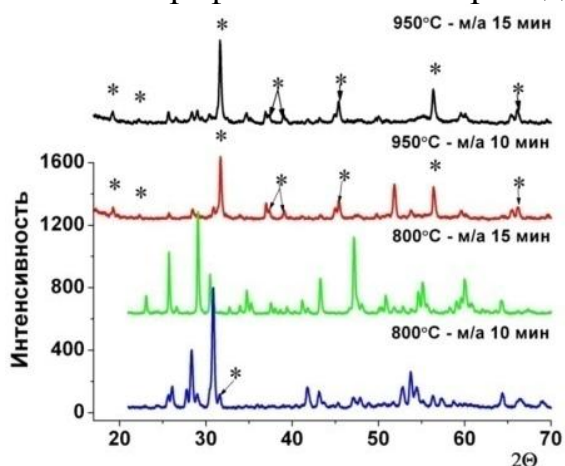


Рис. 3. Дифрактограммы образцов м/а 10 и 15 мин. обжиг 800°C и 950°C

На рис. 4, как следует из графиков, наиболее плотные образцы получены после м/а 15 минут, но качество образцов полученных данным способом самое низкое. Образцы, полученные с использованием прекурсора, имеют большие поры и расслоения, а полученные из оксидов ровные и плотные.

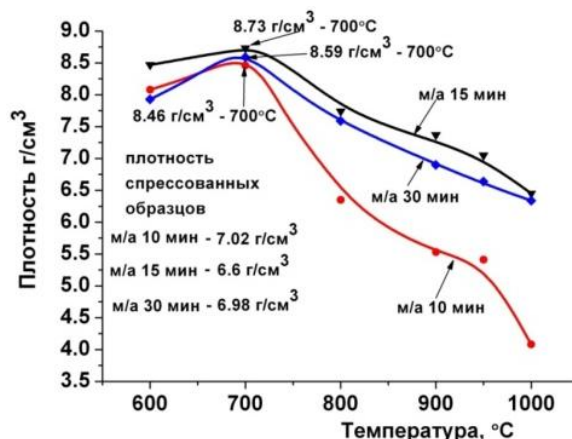


Рис. 4. Плотность образцов в интервале обжига 600 – 1000°C

Способ 3: Исследование влияния легирования литием на процессы спекания.

А) В синтезируемый из оксидов Pb_2MgWO_6 был добавлен Li_2CO_3 в количестве 1 и 2% вес. После м/а формируется двухфазная система из Pb_2MgWO_6 и $PbWO_4$, но после обжига образцов при 600°C в образцах с 1% Li_2CO_3 появляется фаза Pb_2WO_5 , а в образцах с 2% Li_2CO_3 сохраняется фаза $PbWO_4$. После обжига при 800°C соотношение фаз сохраняется, а при более высоких температурах обжига получается практически чистая фаза Pb_2MgWO_6 (рис. 5).

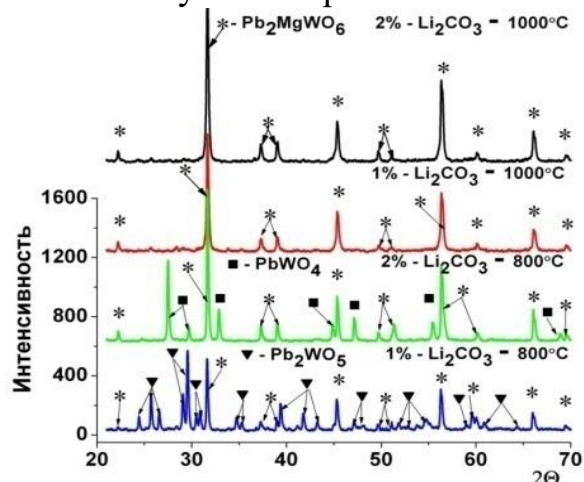


Рис. 5. Дифрактограммы образцов с 1 и 2% вес. Li_2CO_3 , при 800 и 1000°C

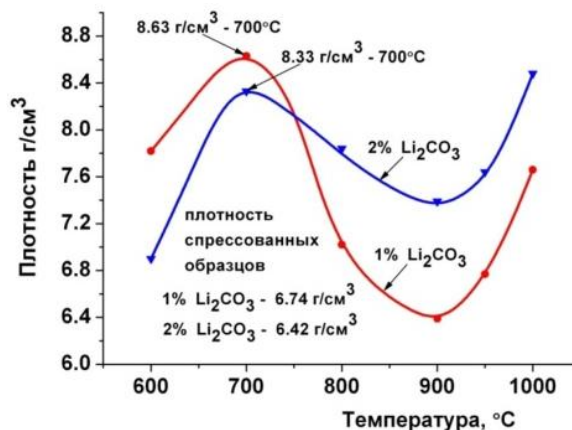


Рис. 6. Плотность образцов с Li_2CO_3 1 и 2% вес.

Наиболее плотные образцы получены из материала, обожженного при 700°C содержащего 1% Li_2CO_3 , но при 800 - 1000°C более плотные образцы с 2% Li_2CO_3 (рис. 6).

Б) В синтезируемый Pb_2MgWO_6 с использованием прекурсора был добавлен Li_2CO_3 в количестве 1 и 2% вес. После м/а и на начальных стадиях обжига образцы почти не содержат примесных фаз. При более высоких температурах обжига во всех образцах (как 1%, так и 2% Li_2CO_3) в качестве второй фазы присутствует Pb_2WO_5 , но в образцах при 1000°C она отсутствует (Рис. 7). На рис. 8 представлены графики зависимости плотности образцов от температуры обжига в интервале температур 600-1000°C.

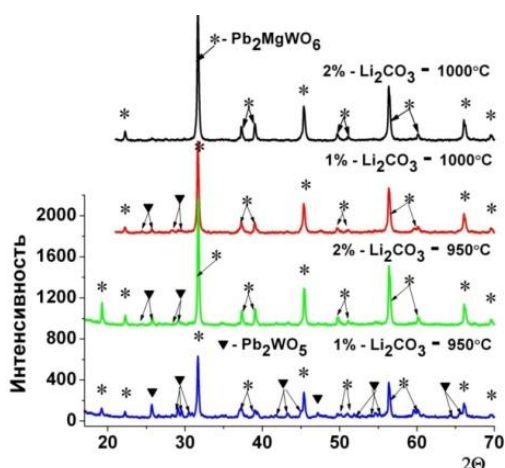


Рис. 7. Дифрактограммы образцов с Li_2CO_3 1 и 2% вес., м/а 10 мин обжиг при 950 и 1000°C

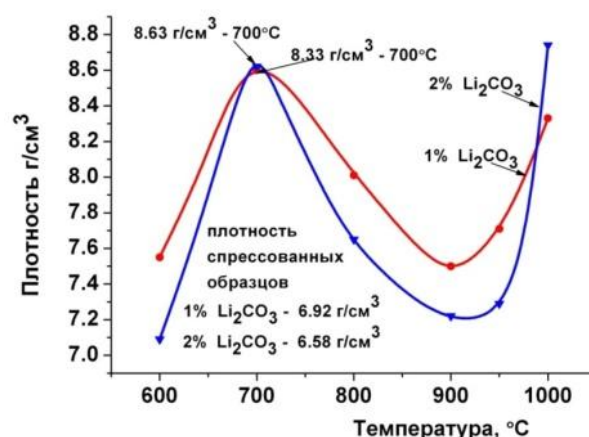


Рис. 8. Плотность образцов с Li_2CO_3 1 и 2% вес

Заключение

При синтезе 1 и 2 способом образцы получились не качественные, в них много пор и расслоений. При синтезе 1 наиболее плотные образцы получаются после спекания при 900°C. Образцы, полученные синтезом 2 имеют больше пор и расслоений. Образцы, спеченные с добавлением Li_2CO_3 , получились (внешне) наиболее качественные. У них отсутствуют расслоения, а так же видимые глазом поры. Самые плотные образцы получились при 1% вес. Li_2CO_3 - 700°C, а при 2% вес. Li_2CO_3 - 1000°C.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [1] H. Wang, Y. Liu, T.Q. Yang, S. Zhang. Ultrahigh Energy-Storage Density in Antiferroelectric Ceramics with Field-Induced Multiphase Transitions. // Adv. Funct. Mater. 2019.29(7), 1807321
- [2] Y.Bao, M. Zhou, S.Yan, F. Cao, X. Dong, G.Wang. Novel complex B-site lead oxide antiferroelectric system developed by compositional design for dielectric energy storage.// J. Eur. Ceram. Soc. 2019. doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2019.07.037
- [3] Gusev A. A., Raevski I. P. et al. Chapter 2. The Effect of Mechanical Activation on the Synthesis and Properties of Multiferroic Lead Iron Niobate // Springer Proceedings in Physics. "Advanced Materials-Physics. Mechanics and Application".

Cham: Springer International Publishing AG, 2014. V.152. P.15-26. ISBN:978-3319037486;

[4] Зырянов В.В., Сысоев В.Ф., Болдырев В.В., Коростелева Т.В., Изобретение SU1375328 A1 (В 02 С 17/08). 23.02.88. Бюл. №7.

MECHANOCHEMICAL SYNTHESIS OF Pb_2MgWO_6 WITH ALLOYING ADDITIVES

Shevchenko Natalya Sergeevna^{1,2}, graduate student;

Gusev Alexey Alexeevich², senior staff scientist; Tikhonova Olga Vasilyevna¹, CES;

¹Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, pr. Karla Marksa, 20

²Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, ul. Kutateladze, 18

Shevchenko N. S., e-mail: shevchenko.2506@mail.ru

Address for correspondence: Shevchenko Natalya Sergeevna, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx av. 20

Abstract. Pb_2MgWO_6 was synthesized using mechanochemical activation (m/a) and sintering in the temperature range of 600-1000°C in three ways: 1) from oxides of respective metals; 2) using $MgWO_4$ precursor; 3) adding 1% and 2% mass. Li_2CO_3 alloying additive above stoichiometry to research its impact on structure formation and reduction of ceramics conductivity.

Key words: Functional materials, piezoceramics; mechanochemical activation; X-ray phase analysis; Pb_2MgWO_6 ; tungsten bronze.

СЕКЦИЯ: ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 619 : 615.281

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И БИОБЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И БИОСФЕРЫ

*Аликин Юрий Серафимович, Рыбаков Юрий Иванович,
Ноздрин Григорий Антонович, Ермолаев Василий
Викторович*

¹Новосибирский государственный аграрный университет,
630039, Россия, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160
тел. (965)-822-7522

Аликин Ю.С., e mail alikiny@mail.ru

Рыбаков Ю.И., e mail

Ноздрин Г.А., e [mail nozdrin.grigoy@yandex.ru](mailto:mail_nozdrin.grigoy@yandex.ru)

Ермолаев В.В., e [mail ermolaev_vasilii@mail.ru](mailto:mail_ermolaev_vasilii@mail.ru)

*Адрес для корреспонденции: Аликин Юрий Серафимович,
тел. (960)-783-3680*

Аннотация: Проблема устойчивого развития общества состоит из нескольких важных этапов, лежащих в основе этого понятия: биологическая и социальная базовые составляющие. Биологическая составляющая обусловлена биосферой Земли и дана нам как основа всего, что имеет общество в своем историческом и эволюционном развитии, как её существенная часть, полностью зависящая от космических условий существования планеты в составе солнечной системы и нашей Галактики.

Ключевые слова: Развитие разума цивилизации в рамках солнечной системы и нашей галактики, коэволюция (принципа гармоничного совместного развития природы и общества).

1. Биологические основы устойчивого развития общества

Развитие разума цивилизации в рамках солнечной системы, а также нашей галактики. В рамках современного научного толкования достижений астрономии и структуры солнечной системы в рамках понимания галактических размеров пространства можно себе представить, что такая парадигма дает возможность полета нашей фантазии в развитии нашей цивилизации на планете Земля в составе Солнечной системе, а также в пространстве Галактики. Если представить себе, что в рамках полученных данных о развитии разума,

ускоряющихся достижений развития цивилизации в рамках Земли и солнечного пространства, мы стали понимать возможные перспективы развития мысли многих поколений ученых, а также развития духовных канонов различных религий (христианской, мусульманской, буддистской и др.) на нашей планете. Может быть представлена картина планомерного развития разума цивилизации в такой мизерной ячейке пространства (как солнечная система) по сравнению с размерами нашей Галактики (такой же мизерной ячейки мирового пространства), которое в настоящий момент также может быть ячейкой в его бесконечности [1].

По последним данным астрономии считается, что в составе нашей Галактики находится около 2000 таких же систем как наша солнечная. Хотелось бы верить, что развитие системы знаний могло привести обитателей как на нашей планеты в составе солнечной системы, так и других систем в составе нашей галактики, могут привести и накопить объем таких знаний не к конечному результату (которое, по-видимому, всегда приводит такую цивилизацию к гибели), а к её дальнейшему развитию (которое, как мне кажется,) неизбежно ведет такую цивилизацию к вопросу о возможности контактов в рамках того пространства, где они обитают, а также их совместного дальнейшего развития. В этой связи, опыт такого контакта и философия развития общества при этом может быть заложена в религиозной парадигме (христианской, мусульманской, буддистской и др.) на нашей планете. Эта парадигма может быть связана с пространством на планете и историческом развитии цивилизационных начал населения материковых территорий планеты Земля. Хотелось остановиться об этом более подробно в последующих обсуждениях этого понятия. Есть ли бог или это развитие разума?

Еще в 1960-е годы молодой ученый Николай Кардашев фактически **предсказал существование пульсаров за несколько лет до их открытия**, и предложил ранжировать внеземные цивилизации по уровню владения энергией (так называемая Шкала Кардашева). Он же разработал принцип радиоинтерферометрии с длинными базами, который использовался для создания проекта по изучению Вселенной «Радиоастрон». На международном уровне Кардашев известен в основном своим вкладом в SETI — программу по поиску инопланетного разума. Теории Кардышева описывают возможные структуры внеземных цивилизаций. Ученый выдвинул одну из версий того, **почему человечество никак не отыщет инопланетный разум**: согласно Кардашеву, эти самые цивилизации могли дойти до такого уровня развития, что просто-напросто покинули нашу Вселенную и переселились в другую, получше.

2. Социальные основы устойчивого развития общества

Но устойчивое развитие общества также полностью зависит от социальной природы развития и движения общества, его понимания своей роли, как части биологической системы биосферы Земли. Последнее столетие было замечательной демонстрацией успеха цивилизации, развивающейся по пути научно-технического прогресса, но с одной роковой поправкой. С момента

появления человека и до настоящего времени природа представлялась бесконечно большой кладовой, из которой можно черпать сколько угодно исходных для развития цивилизации продуктов, и одновременно бесконечно большим естественным производством, перерабатывающим все отходы человеческой деятельности и превращающим их в исходные продукты. К сожалению, такое представление далеко от истины.

Несмотря на все успехи современной науки и техники, в настоящее время производство продуктов потребления в сравнении с природными процессами остается крайне несовершенным. По самым оптимистическим оценкам, выход полезного продукта из сырья, изымаемого из природы, не превышает 1%. Это означает, что на 1 кг полезного продукта мы возвращаем в окружающую среду 99 кг вещества в виде отходов [1-4].

Удовлетворение потребностей более 7 млрд человек ведет к такому огромному количеству отходов, которое природа не в состоянии ассимилировать. В первую очередь, вероятно, это относится к углекислому газу – главному побочному продукту современного транспорта и энергетики. Нарушение его баланса в природе ведет к тому, что в результате деятельности человека происходит истощение озонового слоя в стратосфере, защищающего жизнь на Земле от жесткого ультрафиолетового излучения.

Фактически на планете функционирует потребительское общество, в котором удовлетворение сиюминутных желаний определяет его развитие на долгосрочный период. Сложившаяся в человеческом сообществе ситуация усугубляется крайней социальной несправедливостью. По данным ООН, относящимся к 1989 г., экономическое неравенство в мире вопиюще. В 1992 г соотношение 10% самых богатых к 10% самых бедных (децильный коэффициент) составлял 8,0, а в 2010 г. – 16,8. Для сравнения, самый низкий децильный коэффициент (3-4) в скандинавских странах – Дании, Финляндии и Швеции. В Германии, Австрии и Франции этот коэффициент варьируется от 5 до 7, в США от равен 15, в Бразилии – 39. Экономисты считают оптимальным соотношение от 5 до 7.

Ещё одной абсолютно недостойной характеристикой вида «человек разумный» стало использование вооруженных конфликтов для достижения политических или социальных целей. На протяжении 2 млн лет становления и развития человечества геноцид был нормой отношений между соседними стаями – племенами. Т.Гоббс охарактеризовал это формулой «война всех против всех». История человечества в значительной степени представляет собой историю непрерывных войн племен, народов, наций, империй, кланов и партий. После Второй мировой войны была создана система ООН с Советом безопасности, главной задачей которой является реализация переговорного подхода при решении конфликтов между государствами. Тем не менее локальные войны отнюдь не прекратились. В 1945-1985 гг. в мире имели место 160 вооруженных конфликтов, причем 151 из них – в развивающихся странах. В этих войнах

погибло 25-35 млн человек. За 40 лет только 26 дней были свободны от войн. В 1993 г. на планете произошли 34 военных конфликта. В их основе лежала борьба за власть, территории и ресурсы.

Мировые военные расходы в сравнении с долей затрат, необходимых для решения основных проблем сохранения биосферы, развития систем образования и здравоохранения через программы ООН, в 4 раза выше. Совокупные мировые военные расходы в год составляют 1 трлн долл. США, в то время совокупные гражданские 251 млрд долл. Среди них: 1 – предотвращение эрозии почв, 24 млрд долл.; 2 – стабилизация численности населения, 9 млрд долл.; 3 – получение чистой, безопасной энергии: возобновляемые источники энергии, 17 млрд долл., энергоэффективность, 33 млрд долл.; 4 – остановка уничтожения лесов, 7 млрд долл.; 5 – предотвращение глобального потепления, 8 млрд долл.; 6 – предотвращение кислотных осадков, 8 млрд долл.; 7 – погашение задолженности развивающихся стран, 30 млрд долл.; 8 – искоренение безработицы, 21 млрд долл.; 9 – предоставление крова, 21 млрд долл.; 10 – обеспечение здравоохранения, 9 млрд долл.; 11 – обеспечение чистой питьевой водой, 50 млрд долл.; 12 – искоренение голода и неполноценного питания, 19 млрд долл.

Условием устойчивости развития общества должно быть его осуществление в пределах несущей емкости биосферы, в пределах её самовосстановления. Устойчивому развитию нет альтернативы. По существу речь идет о формировании нового нравственного идеала человека, меняющего свои потребности на добровольной основе и принимающего на себя всю полноту ответственности за условия жизни других людей и всех видов живого вещества на Земле. Главное содержание модели устойчивого развития состоит в необходимости гармонизации отношений человека, общества и природы, их согласованных изменений, коэволюции (принципа гармоничного совместного развития природы и общества). Это должно привести не только к улучшению людей, но и к сохранению биоразнообразия в природе. Поскольку сокращение биоразнообразия – потеря генетического банка планеты, самого большого богатства Земли [4-6]. История развития этой идеи началась в 1972 г. с работ Римского клуба (Донелла Медоуз, Дениса Медоуз и Йорген Рандерса «Пределы роста»). В 1983 году ООН создала специальную комиссию (под председательством Гро Харлем Брунтланд), работа которой завершилась представлением в 1987 г. доклада «Наше общее будущее», изложившего концепцию устойчивого развития, модель улучшения жизни текущего поколения, не лишая таких же возможностей последующие поколения.

Период 2005-2015 гг был объявлен ООН Десятилетием образования для устойчивого развития. Глубоко понять проблемы окружающей среды во всей их сложности, определить пути их разрешения для обеспечения устойчивого развития очень трудно. Для этого требуется новый тип образования – образования для устойчивого развития. Практически результат такого

образования выражается в способности и готовности принимать собственные решения, делать выбор на социальном уровне. Таким образом, образование становится одним из основных средств обеспечения личной, групповой и общечеловеческой безопасности.

Образование для устойчивого развития направлено на формирование понимания законов природы и последствий их нарушения и ставит своей задачей образование граждан, включающее знания и умения, необходимые для обеспечения гармоничного сосуществования с другими людьми и окружающей средой. Непрерывное образование для устойчивого развития подразумевает создание условий для организации, функционирования и развития системы всеобщего образования на всех образовательных уровнях в течение всей жизни человека: дошкольные учреждения – школа – вуз – послевузовское образование, а также образование взрослого населения. Такое образование базируется на следующих принципах: 1) вариативность форм и методов образования и воспитания; 2) преемственность образовательных программ разных уровней; 3) взаимосвязь с программами одного уровня; 4) учет местных особенностей; 5) единство общего, профессионального и экологического образования; 6) связь с практической деятельностью; 7) ориентация на умение принимать решения с осознанием ответственности за их последствия.

Исторически образование для устойчивого развития формировалось на базе экологического образования и включает в себя его значительную часть, лучшие методы и формы. Люди справедливо считают, что сегодня жизнь должна быть лучше, чем вчера, а завтра – лучше, чем сегодня. Однако произошла подмена слова «лучше» словом «больше». Необходимо изменить стереотипы поведения людей, потому что «больше» на самом деле не значит «лучше». Мы просто обязаны уложиться в количественные пределы потребления ресурсов – энергетических, водных, биологических и т.д. Но нет ограничения в совершенствовании качества, в совершенствовании технологий и достижении новых высот в науке и технике. Десятки и сотни проблем встают перед человечеством каждый день. Однако в последние десятилетия эти проблемы приобрели одну характерную особенность: их нельзя решить в отдельный момент в отдельно взятом месте. Эти проблемы глобальны, и решить их можно только совместными усилиями всех стран, всех людей планеты [1, 5, 6].

Жорес Иванович Алферов, нац. отечественный лауреат Нобелевской премии, в своем последнем интервью: «Социализм вернется...» предупреждал нас. Частному капиталу свойственна тенденция к концентрации в руках немногих. В результате этих процессов появляется капиталистическая олигархия, чью чудовищную власть демократически организованное общество не может эффективно ограничивать... Неограниченная конкуренция ведёт к чудовищным растратам труда и к тому изувечиванию социального сознания отдельной личности, о котором я уже говорил. Это изувечивание личности я считаю самым большим злом капитализма. Вся наша система образования страдает от этого зла.

Нашим учащимся прививается стремление к конкуренции; в качестве подготовки к карьере, их учат поклоняться успеху в приобретательстве. Я убеждён, говорил он, что есть только один способ избавиться от этих ужасных зол, а именно — путём создания социалистической экономики с соответствующей ей системой образования, которая была бы направлена на достижение общественных целей. В такой экономике средства производства принадлежат всему обществу и используются по плану.

К числу проблем устойчивого развития сельских территорий относят: 1) развития сельских территорий; 2) планирования социально-экономического развития поселений; 3) непосредственного участия населения в процессе планирования развития сельских территорий и поселений. Проблема развития сельских территорий имеет особую остроту, обусловленную негативными воздействиями на состояние сельских поселений аграрных реформ новейшего времени, обусловленное вступлением России во Всемирную торговую организацию (ВТО) с августа 2012 г. Задача обеспечения не формального, а фактического, деятельного участия населения в решении вопросов своей местной жизни является краеугольным в концепции местного самоуправления, в теории управления определяется как партисипативный метод, означающий вовлечение в процесс принятия решений (в управление) непосредственных исполнителей. Участие населения в планировании развития сельских территорий и поселений является залогом обеспечения их эффективного устойчивого развития [5, 6].

Многие ученые, занимающиеся проблемами окружающей среды, полагают, что большинство наших ошибок, нанесших огромный ущерб окружающей среде, это ошибки не по злему умыслу, а в результате сложившихся стереотипов поведения, по незнанию или недомыслию. Если человек знает, что его поведение может подорвать основы его собственного существования и существования других людей, в том числе его близких и его потомков, есть основания предполагать, что он изменит его. В равной степени это касается правительств и государств, поскольку необходимо действовать в масштабах властных структур и государств. Если человек представляет себе биосферу как единую систему и знает, что любое, даже самое незначительное действие имеет свои последствия, он будет продумывать свои поступки на шаг вперед, оценивая возможные последствия еще до того, как он что-либо сделал. Это относится не только к лицам, принимающим решения, руководителям и начальникам, но это ответственность любого человека за свою Землю.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ягодин Г.Я. Устойчивое развитие: человек и биосфера. Учебное пособие /Г.Я. Ягодин, Е.Е. Пуртова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 109 с.

2. Белозерский Г.Н. Введение в глобальную экологию: Учебник /Г.Н. Белозерский; С.-Петербург. Гос ун-т, 2001. – 461 с.

3. Миловзорова М.Н. Устойчивое развитие и корпоративная социальная ответственность: идеология управления глобальным обществом: Монография / М.Н. Миловзорова. – СПб.: ГУАП, 2017. – 120 с.

4. Ильин И.В., Иванов А.В. Введение в глобальную экологию: Учебное пособие /И.В. Ильин, А.В. Иванов. Серия «Библиотека факультета глобальных процессов МГУ» – М.: Изд-во Московского университета им. М.В. Ломоносова, 2009. – 404 с.

5. Рыбаков Ю.И. Партиципативные основы разработки программ устойчивого развития сельских территорий / Ю.И.Рыбаков / Новосиб. гос. аграр. ун-т. ИЗОП. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2013. – 149 с.

6. Рыбаков Ю.И. Земельное законодательство. Учебное пособие в схемах/ Ю.И.Рыбаков / Новосиб. гос. аграр. ун-т. ИЗОП. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2008. – 34с.

УДК 332.368:504.054

ВЛИЯНИЕ НЕФТИ НА РОСТ РАСТЕНИЙ

Амбрасовская Екатерина Павловна, студентка;

Ларичкина Наталья Илларионовна

Новосибирский государственный технический университет,
630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркс, 20,
кафедра инженерных проблем экологии, тел. +7(383)346-50-31

Амбрасовская Е.П., e-mail kambra00@gmail.com

Ларичкина Н.И., email larichkina@corp.nstu

Адрес для корреспонденции: Амбрасовская Екатерина Павловна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8 (913)890-17-22

Аннотация. В данной работе представлены результаты эксперимента по влиянию углеводородов нефти на рост растений в почве, непосредственно загрязнённой нефтью, и в почве, защищенной экраном. Установлено, что содержание углеводородов нефти на уровне ПДК способствует росту и нормальному развитию растений. Превышение ПДК приводит к снижению всхожести семян и угнетающе действует на растение. Вероятнее всего, формирующаяся в процессе полива нефтяная плёнка препятствует нормальному воздухо- и влагообмену, в результате чего рост растения замедляется.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение почвы, лёгкие углеводороды нефти, защитный экран, овёс

Нефть как в России, так и в других странах мира, всё ещё остаётся одним из главных видов топлива и сырья для нефтехимической, химической промышленности. Аварии при добыче нефти и её транспортировке приводят к загрязнению достаточно больших территорий, и снижению продуктивности загрязнённых почв. Оценка этого параметра в данной работе проводилась путём сравнения роста растений: 1) на незагрязнённой почве, 2) на почве, напрямую загрязнённой нефтью и 3) на почве, в которую углеводороды нефти попадают через защитный экран из слоёв природных материалов и техногенных отходов.

В экспериментах использовался защитный экран, состоящий из трех слоев: природного материала - бентонита, техногенных отходов – высококальциевой золы уноса угольной ТЭЦ и древесных опилок [1, 2]. Подробная структура экрана представлена в работе [1]. Экран размещался над слоем почвы высотой 63 мм. Всего было собрано шесть установок, и проведено три эксперимента в двух параллельных измерениях. Эксперимент останавливался, как только нефть полностью пропитывала определённый слой или все слои защитного экрана. Насыщение нефтью слоев защитного экрана проводилось сверху вниз, начиная со слоя, представляющего собой смесь древесных опилок и золы уноса, и заканчивая всеми тремя слоями защитного экрана.

Обозначение экспериментов проводилось по составу слоя или слоев, пропитанных нефтью, например, слой смеси древесных опилок и золы уноса (О+З); два слоя, состоящих из смеси опилок и бентонита с добавлением золы уноса (О+З) + (Б+З). В том случае, когда нефтью были пропитаны все три слоя защитного экрана, эксперимент обозначался как (О+З) +(Б+З)+ Б.

На Рисунок 2 показано, что с увеличением количества нефти (от 20 до 42 г), пропитывающей послойно защитный экран, её количество в почве изменяется в небольшом диапазоне от 0,6 г до 0,9 г. Что свидетельствует о проникновении через защитный экран только низкокипящих углеводородов бензиновых фракций нефти, которые удаляются из почвы в результате процесса испарения (выветривания). Напротив, высококипящие углеводороды (смолы, асфальтены) адсорбируясь на поверхности материалов защитного экрана, не попадают в почву, сокращая тем самым сроки её восстановления.

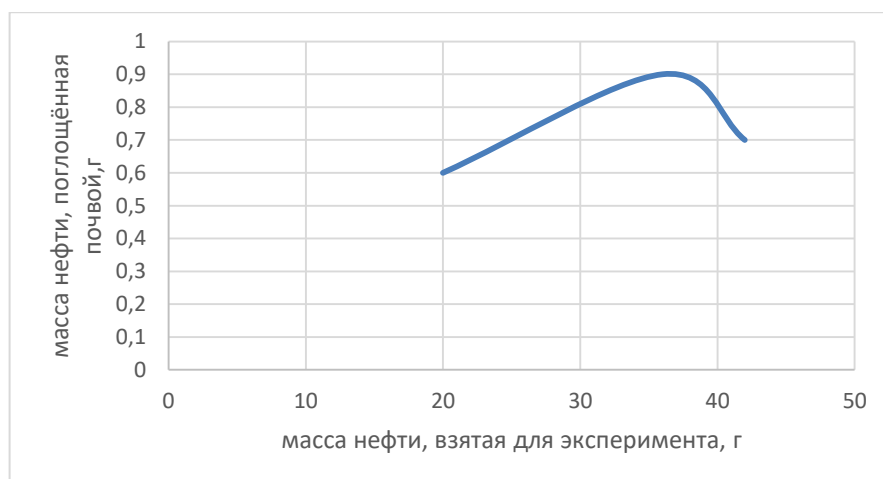


Рисунок 2 - Зависимость количества нефти, попавшей в почву, от её количества, взятого в эксперименте

Эксперимент с участием растений проводился как на почвах защищенных экраном, так и на почвах, загрязненных нефтью, путем прямого добавления нефти в почву в количествах меньших значений ПДК нефти в почве 0,5 г/кг - нефть I, равных - нефть II и больших - нефть III. Результаты опытов с произрастанием овса представлены в таблице 1 и на рис. 2.

Параллельно с выращиванием овса на почвах, загрязненных нефтью разными способами, эксперименты проводились и для двух контрольных образцов, где произрастание овса проводилось на почвах, не загрязненных нефтью (чистых почвах). В контрольном образце 1 поступление влаги к корням растений проводилось за счет «нижнего полива», имитируя поступление воды из грунтовых вод. Во втором контрольном образце полив имитировал поступление воды, как за счет грунтовых вод, так и осадков в виде дождя («верхний полив»).

Таблица 1 - Результаты всхожести и развития овса, произрастающего на почвах, загрязненных и не загрязненных нефтью

Название образца	Количество семян овса, шт.		Высота самого длинного листа, см
	взятых для посадки	взошедших	
Контрольный образец 1	7	3	27,5
Нефть I	7	3	25,0
Нефть II	7	4	28,0
Нефть III	7	1	21,0
Контрольный образец 2	7	4	31,0
Верхний слой экрана (O+3)	7	5	31,0

Верхний и средний слой экрана (О+З)+(Б+З)	7	3	37,0
Трехслойный экран (О+З)+(Б+З)+Б	7	2	27,0









Контрольный образец 2	Почва с экраном		
			
	О+З	(О+З)+(Б+З)	(О+З)+(Б+З)+Б
Контрольный образец 1	Почва без экрана		
			
	$C_n < ПДК$	$C_n = ПДК$	$C_n > ПДК$

Рисунок 3 - Влияние содержания нефти в почве и режима полива на всхожесть и рост овса

Результаты исследований показывают, что в течение первого месяца режим полива в незначительной степени сказывается на всхожести и развитии семян овса, произрастающего на незагрязненной нефтью почве. На загрязненных нефтью почвах процент всхожести семян овса выше там, где полив производился за счет грунтовых и поверхностных вод (50 %), по

сравнению с образцами, режим полива которых имитировал поступление влаги только грунтовыми водами (39 %). Что указывает на необходимость увлажнения верхних слоев почвы на момент всхожести семян [3].

Установлено, что на всхожесть овса и его развитие влияет содержание нефтяных углеводородов [4]. Там, где их количество не превышает ПДК, всхожесть семян составляет 57 % (нефть I и нефть II), что в четыре раза выше, чем всхожесть овса на почвах, с содержанием нефти выше ПДК (нефть III). Наличие защитного экрана повышает и всхожесть семян, и рост овса в 1,3 раза по сравнению с этими показателями для овса, произрастающего на загрязненных почвах без защитного экрана. Особенно разнятся значения этих показателей для овса, произрастающего на почвах, содержание нефти в которых превышает нормируемый показатель. На загрязненных почвах с защитным экраном всхожесть и развитие растений выше, чем на почвах с превышающим ПДК нефти, соответственно в 3,4 раза и 4,5 раза.

Таким образом, содержание нефти в почве, не превышающее значение ПДК благоприятно сказывается на росте овса, однако при превышении этого показателя содержащиеся в нефти углеводороды снижают всхожесть и рост растений. Наличие защитного экрана способствует снижению токсичных соединений нефти, имеющих высокий молекулярный вес, что повышает барьерные функции почвы, всхожесть и развитие растения.

Установлено, что на устойчивость растений к наличию углеводородных флюидов в почве влияет режим полива. Поступление воды, как к корневой системе грунтовых вод, так и поверхностных вод способствует более быстрому вымыванию водорастворимых углеводородов нефти и препятствует созданию нефтяной пленки, задерживающей не только влагу, но и нарушающей воздухообмен в почве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кожевникова А.В. Исследование фильтрационных и поглощательных свойств компонентов защитного экрана / А.В. Кожевникова, Н.И. Ларичкина, В.В. Ларичкин, А.О. Нарушев // Наука. Промышленность. Оборона: тр. XX Всерос. науч.-техн. конф., 18-20 апр. 2019 г. В 4 т.– Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – Т.3. - С. 145 – 150

2. Циберкина А.И. Исследование изменения углеводородного состава нефтей при миграции их через почву / А.И. Циберкина, Д.С. Чупанов, В.В. Ширяева, Н.И. Ларичкина // Наука. Промышленность. Оборона: тр. XIX Всерос. науч.-техн. конф., 18-20 апр. 2018 г. В 4 т.– Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – Т. 3. - С. 175 – 179.

3. Вальков, В. Ф. Почвоведение: учебник для академического бакалавриата / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 527 с.

4. Влияние нефтяного загрязнения на рост и развитие растений –
[Электронный ресурс] – URL:
https://vuzlit.ru/770216/vliyanie_neftyanogo_zagryazneniya_rost_razvitie_rasteniy

THE EFFECT OF OIL ON PLANT GROWTH

Experiment with soils contaminated with oil and its light fractions

Ambrasovskaya Ekaterina Pavlovna, student;

Larichkina Natalya Illarionovna

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk,
K. Marx Ave., 20

department of engineering environmental problems, ph. +7 (383) 346-50-31

Ambrasovskaya E.P., e-mail kambra00@gmail.com

The address for correspondence: **Ambrasovskaya Ekaterina Pavlovna**,
Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia,
Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, ph. +7 (913) 890-17-22

Summary. This paper presents the results of an experiment on growing plants in the soil contaminated with oil, and in the soil, the oil to which passed through the protective screen in the first part of the experiment. It was found that a small content of oil hydrocarbons promotes plant growth, but increasing concentration of oil inhibits it. An oil slick prevents breathing and additional watering with precipitation, which leads to wilting and loss of stability.

Key words: oil pollution of the soil, light oil hydrocarbons, protective screen, oats.

УДК 504.06

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОПТИЧЕСКОГО ПОЛИМЕРА ПОЛУЧЕННОГО ИЗ МОНОМЕРА – 1-(1,4-ДИТИА-8-АЗАСПИРО[4.5]ДЕКАН-8-ИЛ)ПРОП-2-ЕН-1-ОН

Байраш Александр Сергеевич^{1,2}, *магистрант; Васильев Евгений Владимирович*¹

¹Новосибирский институт органической химии им. Н. Н. Ворожцева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 9

²Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Байраш А. С., email bajrash.a@yandex.ru

Васильев Е. В., e-mail vev@nioch.nsc.ru

Адрес для корреспонденции: Байраш Александр Сергеевич, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Аннотация. Проведены физико-химические исследования, синтезированного мономера 1-(1,4-дитиа-8-азаспиро[4.5]декан-8-ил)проп-2-ен-1-он и полученного из него оптического полимера. Измерены константы скорости реакции полимеризации $32\text{-}1.7 \cdot 10^4 \text{ М}^{-1}\text{с}^{-1}$ и обрыва цепи $3.2\text{-}2.9 \cdot 10^6 \text{ М}^{-1}\text{с}^{-1}$, при различных вязкостях полимерной матрицы; показатели преломления и числа Аббе мономера $n_0 = 1.583$, $V_D = 48.6$, и полимера $n = 1.643$, $V_D = 35.7$; температуры стеклования и деструкции полимера составили $155 \text{ }^\circ\text{C}$ и $292 \text{ }^\circ\text{C}$ соответственно. Помимо этого, полимерная пленка в видимом диапазоне спектра от 400 до 760 нм, бесцветна и прозрачна.

Ключевые слова: Оптические полимеры, показатель преломления, экологическая безопасность, константы скорости реакции полимеризации и обрыва цепи.

1. Введение

Оптические полимеры – прозрачные органические вещества, состоящие из мономерных звеньев, соединённых в длинные макромолекулы химическими или координационными связями. Такие полимеры нашли применение в обычной оптике, лазерной оптике и технике, где используются полимерные линзы, отклоняющие пластинки, призмы, а также в качестве материала для оптоволокон. Оптические полимеры по сравнению с традиционными материалами, например, стекло и кварц, имеют ряд преимуществ: большие величины показателя преломления и чисел

Аббе, большая компактность, а также меньшая стоимость, и упрощенная технология получения. Но для успешного применения оптических полимеров в оптике и других технологических сферах, они должны обладать следующими свойствами: высоким показателем преломления (>1.6), экологичностью, прозрачностью полимерного слоя, высокой устойчивостью к воздействиям внешней среды, простотой технологии получения.

В НИОХ СО РАН был синтезирован серосодержащий мономер – производное 4-пиперидона, а также путем свободно-радикальной полимеризации из него был получен полимер. Данный полимер показал хорошие физико-химические параметры: значения показателя преломления составили (>1.6), отсутствие окраски полимерного слоя. Но кроме изучения физических свойств, остается открытым вопрос применимости данного полимера с точки зрения экологии.

Как правило, чтобы создать фотополимерную композицию с целью дальнейшего получения из нее конечного изделия, помимо мономера требуются дополнительные реагенты. Фотополимерная композиция состоит из системы фотоинициирования и блока мономеров. Ввиду этого, многокомпонентность фотополимерной композиции, часто приводит к тому, что производство оптических полимеров, а также их практическое использование в ряде случаев осложняется нежелательным процессом выделения из материала вредных низкомолекулярных веществ. В зависимости от условий эксплуатации их количество может составлять до нескольких массовых процентов. В контактирующих с оптическими полимерами средах можно обнаружить десятки соединений различной химической природы.

Создание и применение оптических полимеров непосредственно или опосредованно связано с воздействием на организм человека, на окружающую производственную среду и среду обитания человека, а также на окружающую среду в целом. Последнее особенно важно, так как после использования оптических полимеров и изделий из них, главным вопросом является, переработка или уничтожение. Ввиду того, что не все полимеры пригодны к переработке с последующим использованием, а уничтожение или захоронение полимерного материала может принести вред окружающей среде из-за выделения нежелательных токсичных веществ, необходимо изучить экологическую безопасность данного полимера.

Целью данной работы является изучение физико-химических свойств оптического полимера полученного на базе серосодержащего производного 4-пиперидона. Данная цель мотивирована необходимостью охарактеризации полимера с точки зрения экологичности, его возможности или невозможности переработки с последующим использованием, а также необходимостью полноценного описания физико-химических свойств и кинетики процесса полимеризации исследуемого полимера.

2. Голографический метод анализа и методика приготовления фотополимерного слоя

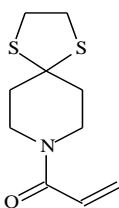


Рис.1. 1-(1,4-дитиа-8-азаспиро[4.5]декан-8-ил)проп-2-ен-1-он

Для определения констант скоростей полимеризации и обрыва цепи мономеров необходимо приготовить фотополимерную композицию. Фотополимерная композиция состоит из системы фотоинициирования, полимерной матрицы и мономера (см. рис.1). Фотополимерная композиция наносится на подложку, высушивается для получения образцов с заданным количеством растворителя.

Для определения констант используется голографический метод. Суть метода заключается в том, что в исследуемый образец производится импульсная голографическая запись дифракционной решетки и регистрация кинетики её дифракционной эффективности. После чего полученные экспериментальные данные аппроксимируются уравнением теоретической модели. И в итоге из полученных аппроксимационных данных производится расчет констант скоростей полимеризации и обрыва цепи исследуемого мономера [1].

3. Результаты и обсуждение

Был получен ряд констант полимеризации и обрыва цепи в зависимости от количества растворителя (рис 3.).

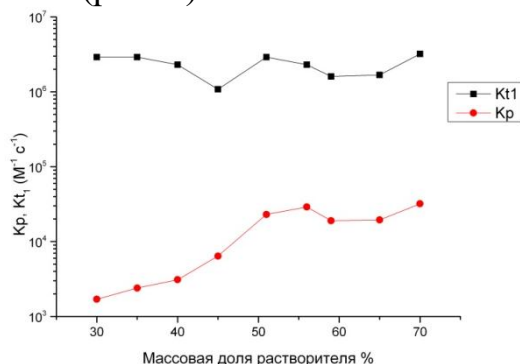


Рис.2. Зависимость констант скоростей реакции полимеризации и обрыва цепи синтезированного мономера от массовой доли растворителя.

Из полученных данных (рис. 2.), можно сделать вывод о том, что значение констант скоростей полимеризации (K_p) и обрыва цепи равномерно снижаются при уменьшении количества растворителя (K_{t1}). Это связано с тем, что при уменьшении количества растворителя фотополимерная композиция становится более вязкой, что замедляет процесс роста полимерной цепочки в виду более медленной диффузии молекул мономера к растущему макрорадикалу с одной стороны и так же наблюдается замедление процессов гибели и рекомбинации радикалов с другой стороны.

Помимо, констант скоростей реакции полимеризации и обрыва цепи, был измерен показатель преломления и число Аббе для мономера и полимера. Показатель преломления мономера составил: для длины волны 589 нм $n_0 = 1.583$, 486 нм – $n_0 = 1.59$, 656 нм – $n_0 = 1.578$. Показатель преломления полимера: 589 нм – $n = 1.643$, 486 нм – $n = 1.656$, 656 – нм $n = 1.638$. С учетом измеренных величин, число Аббе для мономера: $V = 48.6$, полимера: $V = 35.7$.

Также полученный полимер был подвергнут температурному воздействию, в ходе которого было установлено, что температура стеклования составила 155 °С. Потеря массы в 3 % была при 263 °С, 5 % при 283 °С, а деструкция наступала при 292 °С.

4. Выводы

В результате работы было установлено, что значения констант составили: константа скорости реакции полимеризации $K_p = 3.2 \cdot 10^4 \text{ М}^{-1}\text{с}^{-1}$, при массовой доли растворителя 70 % и $K_p = 1.7 \cdot 10^3 \text{ М}^{-1}\text{с}^{-1}$ для массовой доли растворителя

30 %. Константа обрыва цепи $K_{tl} = 3.2 \cdot 10^6 \text{ М}^{-1}\text{с}^{-1}$ при массовой доли растворителя 70 % и $K_{tl} = 2.9 \cdot 10^6 \text{ М}^{-1}\text{с}^{-1}$ для массовой доли растворителя 30 %.

Температура стеклования полимера составила 155 °С, а температура деструкции 292 °С. Эти данные означают, что исследуемый полимер является достаточно высокотемпературными для использования в большом количестве бытовых приложений и вплоть до 250 °С, и вероятно является безопасным с точки зрения токсичности и высвобождения вредных веществ.

Были измерены показатели преломления и числа Аббе, для полученного мономера $n_0 = 1.583$, $V_D = 48.6$, и полимера $n = 1.643$, $V_D = 35.7$. Помимо этого, полимерная пленка в видимом диапазоне спектра от 400 до 760 нм, бесцветна и прозрачна. Данные результаты позволяют говорить, о том, что с точки зрения физических параметров исследуемый полимер является пригодным для использования в оптических приложениях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Динамика импульсной записи голографических дифракционных решеток в фотополимерном материале / В.В. Шелковников, Е.В. Васильев, Т.Н. Герасимова, Е.Ф. Пен, А.И. Плеханов // Журнал оптика и спектроскопия. – 2005. – Т. 99. – Вып.4. – С. 705-714.

INVESTIGATION OF THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF THE OPTICAL POLYMER OBTAINED FROM THE MONOMER - 1-(1,4-DITHIA-8-AZASPIRO[4.5] DECAN-8-YL) PROP-2-EN-1-ONE

Bayrash Alexander Sergeevich^{1,2}, master's degree student; Evgeny Vladimirovich Vasiliev¹

Bayrash A.S., email bajrash.a@yandex.ru

Vasiliev E.V., e-mail vev@nioch.nsc.ru

¹N.N. Vorozhtsov Novosibirsk Institute of Organic Chemistry Siberian Branch of Russian Academy of Science, 630090, 9 Lavrentiev Avenue, Novosibirsk, Russia.

²Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk 20 Prospekt K. Marksa, T +7 (383) 346 08 43

Abstract. Physicochemical studies of the synthesized monomer 1-(1,4-dithia-8-azaspiro)[4.5] decan-8-il) prop-2-en-1-one and the polymer obtained from it were carried out. The rate constants of the polymerization reaction $32-1.7 \cdot 10^4 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$ and the termination $3.2-2.9 \cdot 10^6, \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$, at different viscosities of the polymer matrix were measured. The refractive indices and Abbe numbers of the monomer $n_0 = 1.583$, $V_D = 48.6$, and the polymer $n = 1.643$, $V_D = 35.7$ were measured. The glass transition and degradation temperatures of the polymer were $155 \text{ }^\circ\text{C}$ and $292 \text{ }^\circ\text{C}$, respectively. In addition, the polymer film in the visible range of the spectrum from 400 to 760 nm, colorless and completely transparent.

Keywords: Optical polymers, refractive index, environmental safety, polymerization and termination reaction rate constants.

УДК 628.31

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЕЧКОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ ЦИАНИДОВ

*Бармакова Ульяна Юрьевна, бакалавр; Ларичкина Наталья
Илларионовна*

Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия,

г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383) 346-50-31

Бармакова У.Ю., e-mail: ubarmakova@gmail.com

Ларичкина Н.И., e-mail: larichkina@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Бармакова Ульяна Юрьевна

Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск,

пр. Карла Маркса, 20, тел. (996)303-98-59

Аннотация. Основой экономики любой страны является такая отрасль промышленности, как машиностроение, но ее развитие невозможно без применения гальванопокрытий. В гальваническом процессе образуется большой объём сточных вод, которые, наряду с тяжелыми металлами, могут

содержать большие концентрации цианидов, являющиеся высокотоксичными соединениями. Разработана схема очистки сточных вод, включающая три ступени хлорирования и одну ступень озонирования. Экономическая эффективность данного метода 0,254 руб/руб, а срок окупаемости примерно 4 года.

Ключевые слова: Очистка сточных вод; цианиды; озонирование; хлорирование; экономическая эффективность.

1. Введение

Машиностроение – это базовая отрасль экономики страны [1]. Многие отрасли машиностроения невозможны без применения гальваники, в данном процессе образуется большой объем сточных вод, содержащих много опасных загрязнителей. Одним из таких загрязнителей являются цианиды. Цианиды – одни из самых опасных соединений в мире [2]. Поэтому вопрос очистки сточных вод от этих соединений, является очень актуальным.

2. Литературный обзор

Цианид представляет собой химическое соединение, которое содержит группу цианогруппу ($C\equiv N$) [3]. Для обезвреживания цианидов чаще всего применяют метод окисления, так как окисляясь они переходят в менее токсичное вещество цианиты, чего не происходит при использовании других методов.

В гальваническом производстве применяют такие комплексные соединения цианидов: $Na_4[Fe(CN)_6]$, $K_2[Zn(CN)_4]$, $K[Ag(CN)_2]$ и так далее [4]. В работе при выборе эффективной схемы очистки сточных вод от цианидов, все расчеты проводились для $Na_4[Fe(CN)_6]$.

Окисление бывает химическим и электрохимическим. В качестве реагентов для химического окисления применяют хлор, кислород, перекись водорода и озон [5].

3. Результаты исследований и обсуждения

Схема очистки сточных вод “активным” хлором представлена на рис. 1. Из-за низкой эффективности данного (60%) метода понадобится 7 стадий очистки. Концентрация хлора в очищенной воде 267,5 мг/л, что ниже ПДК в 300 мг/л, поэтому дополнительной очистки не требуется. Остаточная концентрация цианидов 0,037 мг/л (ПДК равен 0,05 мг/л).

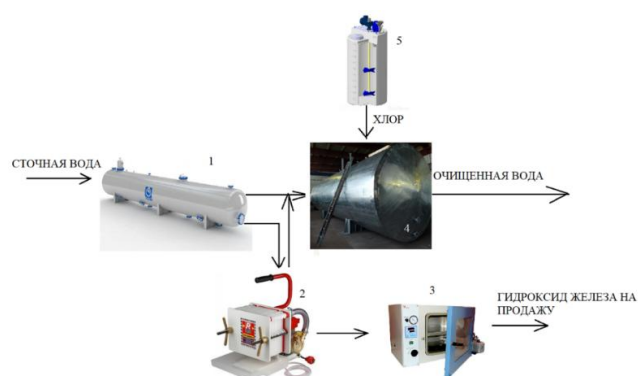


Рис. 1. Схема очистки сточных вод методом хлорирования:
1 – Отстойник; 2 – Фильтр-пресс; 3 – Сушильный шкаф; 4 – Реактор; 5 – Узел приготовления реагентов

Схема очистки сточных вод методом озонирования показана на рис. 2. Эффективность озонирования гораздо выше чем у хлорирования (98%), но из-за высокой исходной концентрации цианидов потребуется 2 стадии очистки, чтобы концентрация снизилась до ПДК. Так как потребуется 880 г озона в час, понадобится сразу 2 станции озонирования с производительностью по 500 г озона в час. Остаточная концентрация цианида 0,00896 мг/л.

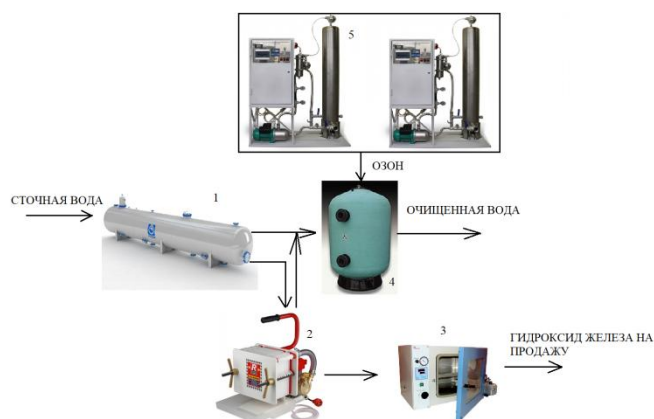


Рис. 2. Схема очистки сточных вод методом озонирования:
1 – Отстойник; 2 – Фильтр-пресс; 3 – Сушильный каф; 4 – Контактная камера; 5 – Озонирующие станции

Схема очистки сточных вод комбинированным методом приведена на рис. 3. В этом методе идет сначала хлорирование в 3 ступени, а затем одна ступень озонирования. Потребуется гораздо меньше озона, поэтому будет достаточно одного озонатора производительностью 60 г озона в час. Остаточная концентрацией цианидов 0,029 мг/л.

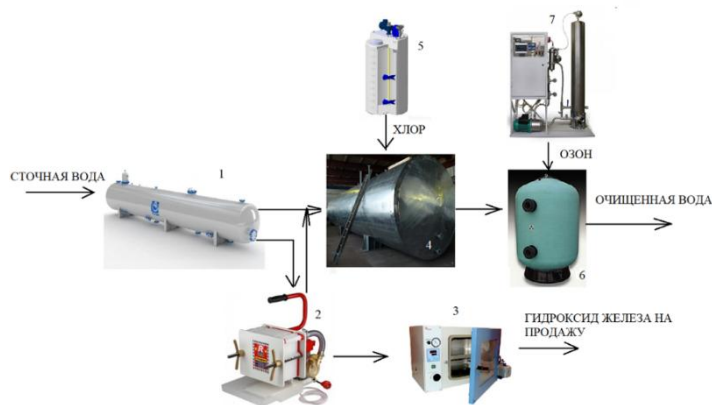


Рис. 3. Схема очистки сточных вод комбинированным методом:
 1 – Отстойник; 2 – Фильтр-пресс; 3 – Сушильный шкаф; 4 – Реактор; 5 – Узел приготовления реагентов; 6 – Контактная камера для озонирования; 7 – Озонирующая установка

Выбор наиболее эффективного метода очистки был подтвержден расчетом трех основных экономических показателей: капитальные вложения, себестоимость очистки одного кубического метра сточных вод и экономическая эффективность природоохранного мероприятия (рис. 4).

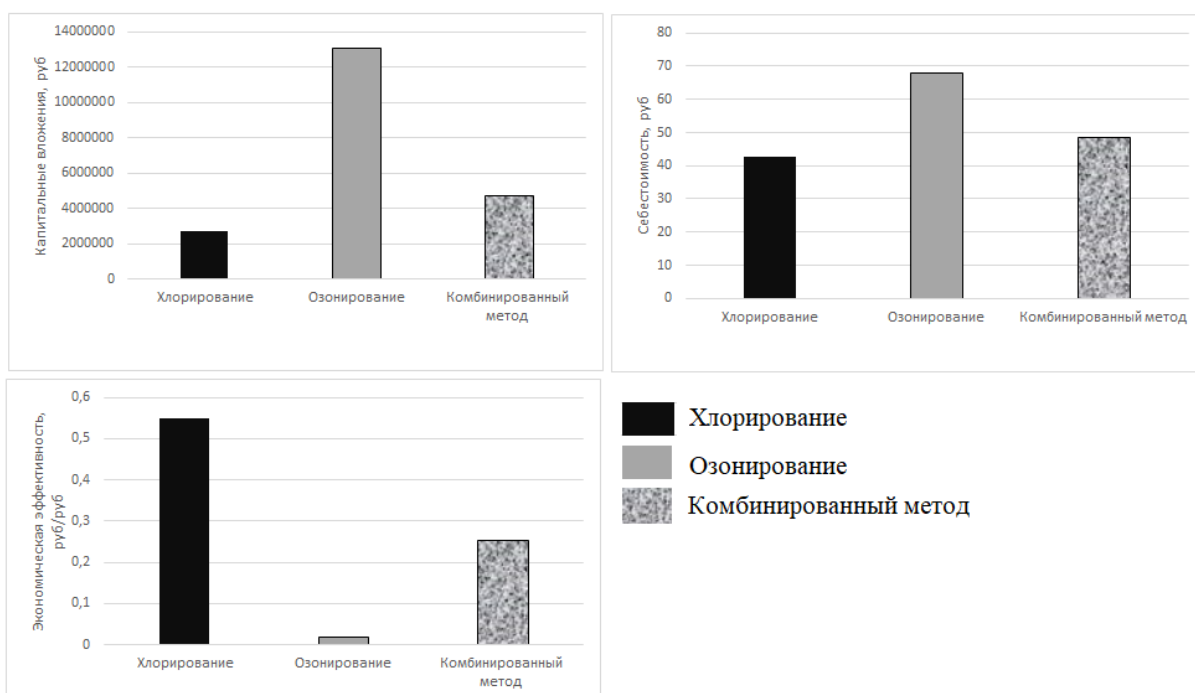


Рис. 4. Сравнение экономических показателей очистки сточных вод от цианидов

Метод озонирования является самым капиталоемким, с самой высокой себестоимостью очистки и самой низкой экономической эффективностью. Метод хлорирования, в отличие от озонирования, имеет самые низкие показатели капитальных вложений и себестоимости, и самую высокую экономическую эффективность, но несмотря на это, данный метод имеет

существенный недостаток – накопление хлорид ионов в очищенных водах. Это не позволит использовать воду повторно, так как потребуется дополнительная очистка от них. Поэтому самым рациональным методом при очистки сточных вод от цианидов является комбинированный, который позволит снизить концентрацию хлорид ионов по сравнению с методом хлорирования, и является более экономичным, чем озонирование.

4. Выводы

В данной работе были рассмотрены три способа очистки сточных вод от цианосодержащих соединений: окисление активным хлором, озонирование и совмещение этих двух методов. Самым подходящим является комбинированный метод, так как уменьшает накопление хлорид ионов, позволяет очистить воду от цианидов с высокой эффективностью и так же, за счет озонирования, качество воды улучшается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Экономика и экономическая теория : Характеристика отрасли машиностроения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.e-ng.ru/ekonomika_i_ekonomicheskaya_teoriya/karakteristika_otrasli_mashinostroeniya.html (дата обращения 05.04.2021).

2. Бобков С. С, Смирнов С. К., Синильная кислота [Текст]: М.: Химия, 1970 - Стр. 165-166.

3. Глоссарий названий классов органических соединений и промежуточных продуктов реакционной способности на основе структуры (Рекомендации IUPAC 1995) [Электронный ресурс.] - Режим доступа: <https://www.goldbook.iupac.org/terms/view/C01486> (дата обращения 11.10.2020).

4. Комплексные соединения гальванических ванн [Электронный ресурс.] - Режим доступа: https://bstudy.net/602517/estestvoznaniye/kompleksnyye_soedineniya_galvanicheskikh_vann (дата обращения 5.04.2021).

5. Кольцов В.Б. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: Учебник и практикум для академического бакалавриата. – Москва: Изд-во Юрайт, 2018. – Стр. 106-109.

DEVELOPMENT OF THE SCHEME OF CYANIDE WASTE WATER PURIFICATION OF GALVANUM PRODUCTION

Ulyana Yuryevna Barmakova, bachelor; **Larichkina Natalia Illarionovna**
Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia,
Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (383) 346-50-31
Barmakova U.Yu., e-mail ubarmakova@gmail.com
Larichkina N.I., email larichkina@corp.nstu.ru
Correspondence address: Ulyana Yurievna Barmakova

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk,
Karl Marx Ave., 20, tel. (996) 303-98-59

Annotation. Mechanical engineering is the basis of the country's economy, the use of electroplating is necessary in it. The galvanic process generates a large volume of wastewater, which can contain cyanide, one of the most toxic compounds. A wastewater treatment scheme has been developed, including 3 stages of chlorination and one stage of ozonation. The economic efficiency of this method is 0.254 rubles / rub, and the payback period is about 4 years.

Keywords: Sewage treatment; cyanides; ozonation; chlorination; economic efficiency.

УДК 5404.064.2

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО УЧАСТКА

Букарев Матвей Юрьевич, студент; Мельцер Михаил Леонидович
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Букарев М. Ю., e-mail bukarev.2017@stud.nstu.ru

Мельцер М. Л., e-mail melcer@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Букарев Матвей Юрьевич, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8(999)-451-43-61

Аннотация. В работе рассмотрена, текущая деятельность в области охраны окружающей среды золотодобывающего комплекса осуществляемого с учётом специфики производственных объектов, природно-климатических и социально-экономических особенностей Алданского региона. Регулярный производственный экологический мониторинг позволяет контролировать выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, шумовое воздействие, качество вод хозяйственно-питьевого назначения, состояние снегового и почвенного покрова. Наряду с традиционными методами охраны окружающей среды, предлагаются к внедрению современные технологии.

Ключевые слова: Производственный экологический мониторинг, контроль выбросов загрязняющих веществ, состояние природной среды, методы восстановления природной среды.

Алданский район Республики Саха (Якутия), располагающий разнообразными промышленными объектами по добыче минерального сырья, а также развитым комплексом сельскохозяйственных предприятий, входит в состав Южно-Якутского промышленно-территориального комплекса [7].

Интенсивное освоение природных ресурсов территории приводит к ухудшению состояния окружающей среды, трансформации природных комплексов. В работе рассматривается экологическая составляющая деятельности одного из крупных золотодобывающих предприятий в Якокит-Селигдарском междуречье. Добыча золота на этой территории ведется с 1920-х годов открытым способом, в результате чего окружающая природная среда претерпевает значительные изменения.

В настоящее время на участках проведения добычных работ компании осуществляется экологический мониторинг. Основными задачами экологического мониторинга являются оценка состояния окружающей среды, прогноз состояния окружающей среды, разработка рекомендаций по предупреждению техногенных аварий, снижению вредного влияния горных работ на окружающую среду.

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха в системе экологического мониторинга проводятся на границе жилой застройки (вахтовый поселок) и на границе санитарно-защитной зоны полигона ТБО. Посты наблюдений за состоянием атмосферного воздуха расположены соответствии с стандартными требованиями [2,3].

Формирование сети пунктов наблюдений на водотоках производится в соответствии с СанПиН 2.1.5.980-00 «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод» [4]. Отбор, транспортировка, хранение проб природных вод производится в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000 «Общие требования к отбору проб» [5].

Для предприятия в 2005 году ОАО «Иргиредмет» разработана и утверждена «Программа проведения горно-экологического мониторинга района расположения промышленных объектов горнорудного комплекса». Выбор контролируемых показателей в программе основан на определении перечня выделяемых вредных веществ от основных технологических процессов: буровых работ, взрывных работ, экскавации взорванной горной массы, технологического транспорта, отвалообразования и пыления отвалов. Основные загрязняющие вещества, выделяющиеся при проведении работ: пыль, газообразные окислы азота и серы.

Периодические наблюдения производятся на оборудованных постах с оформлением и передачей данных в соответствующие государственные органы. Проведение работ, связанных с отбором и анализом проб, осуществляется силами предприятия. В соответствии с вышеназванной программой экологический контроль ведется по следующим параметрам компонентов природной среды:

- атмосферные пробы – анализ подфакельных проб на границе СЗЗ (пыль, сернистый ангидрид, окислы азота, окись углерода).

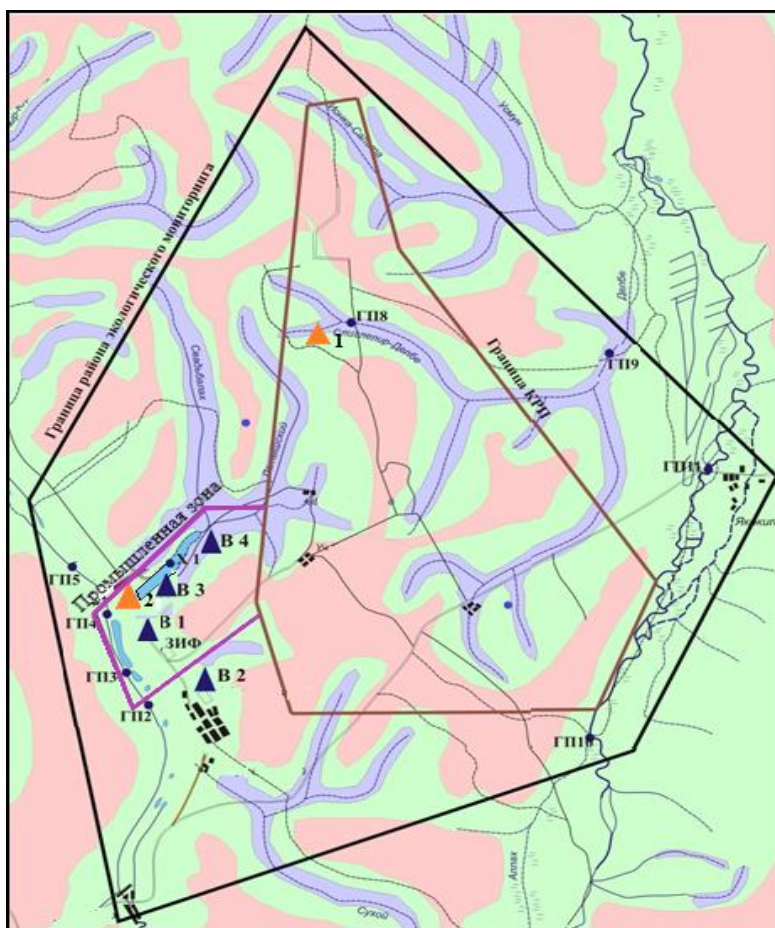
- опробование воды – полный химический анализ проб воды (рН, кальций, магний, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, нитраты, нитриты, азот аммонийный, медь, цинк, железо, мышьяк, свинец).

- опробование снега – полный химический анализ проб в зимний период на границе СЗЗ (рН, кальций, магний, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, нитраты, нитриты, азот аммонийный, медь, цинк, железо):

- опробование почвы – анализ проб почв, отобранных в районах действия основных промышленных объектов на цветные металлы (медь, цинк, свинец):

Определение содержания в атмосферном воздухе пыли проводят согласно РД 522.04.186 - 89 "Руководство по контролю загрязнения атмосферы"[6].

На рисунке представлена карта с указанием точек ежемесячного отбора проб воздуха, воды и снега (в целом для всего предприятия). Для отбора проб почв и снегового покрова организованы две наблюдательных точки: на границе карьеров и на границе старого хвостохранилища и шлакохранилища. Отбор проб снега производится 1 раз в год (февраль - март).



Точки отбора проб: ▲ В 1 - воздуха, ● ГП - воды, ▲ I - снега

Рис. План-схема отбора проб воздуха, поверхностных вод и снега

По результатам анализа проб, отобранных в соответствии с согласованным графиком, ежемесячно составляются акты, представляемые в Верхне-Алданский территориальный комитет охраны природы.

Рассмотренный мониторинговый комплекс в целом соответствует государственным требованиям по охране окружающей среды. Однако в рассматриваемую систему мониторинга требуется внести ряд корректив. Эти коррективы должны учитывать присутствие вокруг горного отвода небольших населенных пунктов и действующих сельскохозяйственных предприятий.

Необходимо дополнить сеть наблюдений несколькими пунктами:

- для контроля состояния воздушных масс следует оборудовать не менее трех стационарных точек вдоль северной границы района мониторинга, с учетом расположение сельскохозяйственных земель;

- для контроля состояния поверхностных вод в районе действующей золотоизвлекательной фабрики и жилого поселка необходимы наблюдения в верховьях ручья, расположенного южнее поселения;

- оценку состояния подземных вод необходимо дополнить данными скважины к востоку от старого хвостохранилища, где расположены отвалы руд, переработанных по старым технологиям извлечения золота;

- оценку состояния почв необходимо производить не менее двух раз в год – в начале и конце срока вегетации растений в Алданском районе.

Для оптимизации работ по оценке состояния окружающей среды следует создать цифровую базу экологических данных в рамках существующей компьютерной сети, обслуживающей промышленный комплекс. Сокращение затрат по обслуживанию комплекса экологического мониторинга можно также получить, используя современное цифровое аналитическое оборудование, позволяющее в автоматическом режиме получать и передавать результаты опробования в базу данных предприятия. Все это существенно улучшит качество прогноза экологической ситуации в районе действия горнодобывающей организации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Временное положение о горно-экологическом мониторинге. М.: Госгортехнадзор России, 1997.

2. ГОСТ 17.1.5.04-81 Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. Общие технические условия. М.: Издательство стандартов, 2002.

3. ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов. М.: Стандартиформ, 2005.

4. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартиформ, 2019.

5. СанПиН 2.1.5.980-00. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. М.: Стандартиформ, 2001.

6. РД 522.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М.: Госкомгидромет СССР, 1991.

7. Алданский район: портал [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sakhagis.ru/raion/Details/2> (дата обращения: 28.03.2021).

ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE MINING SITE

Bukarev Matvey Yuryevich, student, bukarev.2017@stud.nstu.ru
Meltser Mikhail Leonidovich, D.Sc., Professor, melcer@corp.nstu.ru
Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk,
630073, Russia, tel. (913)005-48-19

Abstract. In this paper, the current activities in the field of environmental protection of the gold mining complex carried out taking into account the specifics of production facilities, climatic and socio-economic characteristics of the Aldan region. In accordance with the requirements of the current legislation of the Russian Federation, the Company organizes and conducts regular industrial environmental monitoring. The monitoring system allows to control the emissions of pollutants into the atmospheric air, the quality of atmospheric air at the border of the sanitary protection zone, noise exposure, the quality of surface water, groundwater quality for economic and drinking purposes, the state of the geological environment, snow and soil cover. Along with traditional methods of environmental protection, the most modern technologies.

Key words: Industrial environmental monitoring, emissions of pollutants into the atmosphere, the state of the natural environment, methods of restoration of the natural environment.

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СТЕКЛОБОЯ

*Горбунов Евгений Константинович¹, студент,
Вентлянд Екатерина Петровна², магистрант,
Горбунов Фёдор Константинович^{2,3}, к.т.н.,
Фадина Александра Александровна³, инженер*

¹Новосибирский государственный педагогический университет,
630126, г. Новосибирск, ул. Вилюйская, 26

²Новосибирский государственный технический университет,
630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20

³Институт химии твердого тела и механохимии
Сибирского отделения Российской академии наук, 630128,
г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18

Е.К. Горбунов, e-mail: voyakin.2012@mail.ru

Е.П. Вентлянд, e-mail: katerina.ventlyand@mail.ru

Ф. К. Горбунов, e-mail: f.gorbunov@solid.nsc.ru

А.А. Фадина, e-mail: a.fadina@solid.nsc.ru

*Адрес для корреспонденции: Горбунов Фёдор Константинович,
Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения
Российской академии наук, Россия, 630128, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе,
18, 8-383-233-2410*1139*

Аннотация. Рассмотрена возможность использования техногенного сырья – стеклобоя и полимерного связующего для получения ремонтных составов различного назначения. Получен стеклобой разного фракционного состава (1-2; 2-3; 3-5; 5-10 мм). Разработаны композиты на основе полимерного связующего и стеклобоя, которые обладают следующими эксплуатационными характеристиками: плотностью 1,8-2,0 г/см³, прочность при сжатии 54 МПа, при изгибе – 25,3 МПа. Определено, что введение в полимерную матрицу 37,5 % стеклобоя (фракция 3-5 мм) от массы композита приводит к увеличению прочности при сжатии на 52,6 %.

Ключевые слова: композит, полимерное связующее, стеклобой.

С каждым годом проблема утилизации бытовых отходов становится актуальнее. В России на полигонах ежегодно образуется около 70 млн. т. твердых техногенных отходов, из которых 16 % является стекlobой [1]. Повторное использование отходов стекла не превышает 10 % от их ежегодного образования.

Цель работы – разработка методики получения композитов на основе стекlobой и полимерного связующего.

Настоящее исследование является продолжением работы авторов [2], в которой была разработана методика получения универсальной заливки дорожной для применения в ремонтных работах на улично-дорожной сети. В качестве наполнителя для получения образцов использовали фракцию стекlobой 3-5 мм. В качестве полимерного связующего применяли эпоксидную смолу и отвердитель аминного типа.

Образцы получали методом вибротитля. Для этого однородную смесь наполнителя и связующего укладывали в формы и помещали на вибростол в течение 5 мин. Далее после полного отверждения через 2 часа образцы извлекали из форм и конденсировали в течение 7 суток при нормальных условиях.

В таблице представлены характеристики образцов, полученные в ходе испытаний, при введении в полимерную матрицу стекlobой (фракция 3-5 мм) и песка, в разном соотношении.

Таблица

Физико-механические характеристики образцов

Наполнитель		Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа		Истирание, г/см ²
вид/фракция (мм)	соотношение		при изгибе	при сжатии	
песок	-	1,80	25,3	54,0	0,107
песок/стекlobой (3-5)	1/0,1	2,09	18,7	59,8	0,185
	1/0,3	1,67	20,1	66,7	0,232
	1/0,5	1,95	22,1	80,4	0,104
	1/0,7	1,82	23,5	81,8	0,195
	1/1	2,04	24,8	82,4	0,114
	1/2	1,88	15,2	45,1	0,296

Из данных таблицы видно, что с увеличением соотношения песок/стекlobой в образце от 1/0,1 до 1/1 растет его прочность при изгибе с 18,7 до 24,8 МПа, при сжатии – с 59,8 до 82,4 МПа. Но при соотношении наполнителей 1/2 от массы наблюдается снижение прочностных

характеристик образцов до 15,2 МПа при изгибе и 45,1 МПа при сжатии. Это обусловлено тем, что в образце увеличивается объём стеклофазы и полимерного связующего не хватает на качественное его скрепление частиц между собой. При этом увеличивается хрупкость образцов при статических и динамических нагрузках. В тоже время это влияет на износостойкость при соотношении 1/2, которая увеличивается практически в 3 раза по сравнению с контрольным образцом.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о возможности получения композитов на основе стеклобоя и полимерного связующего.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мусор в России – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Мусор_в_России (дата обращения: 10.04.2021).

2. Горбунов Ф. К. Эксплуатационные характеристики материалов, применяемых для ремонта дорожного и аэродромного покрытий = Performance of materials used for repair of road and airfield pavements / Ф. К. Горбунов, Ю. Н. Шевцов // Дороги и мосты : науч. сб.. - 2017. – № 37. – С. 186-202.

DEVELOPMENT OF CULLET-BASED COMPOSITES

Gorbunov Evgeniy Kostantinovich¹, students, e-mail: voyakin.2012@mail.ru

Ventlyand Ekaterina Petrovna², graduate students,
e-mail: katerina.ventlyand@mail.ru

Gorbunov Fedor Kostantinovich^{2,3}, Ph.D. (Engineering),
e-mail: f.gorbunov@solid.nsc.ru

Fadina Alexandra Alexandrovna³, engineer

¹Novosibirsk State Pedagogical University,
630126, Novosibirsk, street Vilyuyskaya, 26

²Novosibirsk State Technical University,
20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia

³Institute of solid state chemistry and mechanochemistry of SB RAS,
630128, Novosibirsk, st. Kutateladze 18, Russia

Abstract. The possibility of using technogenic raw materials – cullet and polymer binder for the production of repair compositions for various purposes is considered. Cullet of different fractional composition (1-2; 2-3; 3-5; 5-10 mm) was

obtained. Composites based on polymer binder and cullet have been developed, which have the following performance characteristics: density of 1.8-2.0 g / cm³, compressive strength of 54 MPa, bending strength-25.3 MPa. It is determined that the introduction of 37.5 % cullet (fraction 3-5 mm) of the composite weight into the polymer matrix leads to an increase in compressive strength by 52.6 %.

Keywords: composite, polymer binder, cullet.

УДК 504.3.054

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭМИССИИ ОКСИДОВ АЗОТА (NO_x) В ПРОЦЕССЕ ДВУХСТАДИЙНОГО СЖИГАНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА

Квашнина Кристина Евгеньевна¹, студент; Коротаяева Татьяна Александровна², д.ф.-м.н., профессор

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (953)890-71-74

² Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 4/1, тел. (383)330-42-68

Квашнина К.Е., e-mail clarascintilla3107e@mail.ru

Коротаяева Т.А., e-mail tkorotaeva@me.com

Адрес для корреспонденции: Квашнина Кристина Евгеньевна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (953)890-71-74

Аннотация. В статье затронута проблема загрязнения воздушной среды выбросами при сжигании углеводородного топлива на установках, предназначенных для производства энергии. Проанализированы литературные источники, в которых предлагаются методы и технологии снижения образования оксидов азота, углерода. В ходе работы было проведено моделирование сжигания газообразного топлива в цилиндрической камере сгорания с помощью Ansys Fluent. В результате была показана возможность уменьшения количества вредных веществ NO_x и CO₂ за счёт организации двухстадийного процесса.

Ключевые слова: Рекуперационная горелка; оксиды азота (NO_x); дымовые газы; математическое моделирование в экологии; Ansys Fluent; наилучшие доступные технологии.

Производство энергии является неотъемлемой частью жизни современного человека. Такая деятельность приносит не только удобства, но и

вред окружающей среде. Основными проблемами при получении энергии из газообразного или твёрдого топлива являются отходящие дымовые газы и образование и присутствие в них оксидов азота (NO_x), углерода (CO_x), диоксид серы (SO_2) и остатки несгоревших углеводородов C_xH_y . Согласно документу ИТС-38-2017, касающегося топливосжигающих энергоустановок, установлены наилучшие доступные технологии, которые позволяют снизить влияние отрасли на окружающую среду [1]. Технология комплексного метода снижения эмиссии NO_x состоит в объединении двухстадийного сжигания газообразного топлива и рециркуляции дымовых газов. Достоинства: из-за пониженной концентрации кислорода в факеле уменьшается образование оксидов азота; температурное снижение на второй стадии уменьшает образованием термических оксидов азота. Основной недостаток – трудность при организации данного метода – это правильность определения места подвода воздуха второй стадии и его количества. Окислитель должен быть введён так, чтобы обеспечить полное смешение с продуктами из первой стадии, чтобы произошло дожигание. Недостаточное смешение на этой стадии приведёт к увеличению вредных выбросов. Чтобы использовать теплоту дымовых газов для подогрева воздуха горения были разработаны рекуперативные горелки. Они могут быть использованы в технологическом процессе при высокой рабочей температуре 700...1100 °С. Данное устройство представляют собой металлоемкую конструкцию, расположенную после основной камеры сгорания. Установка таких горелок экономически выгодна только для печей большой производительности. Достоинством этих систем являются компактность и высокая степень утилизации теплоты благодаря малым теплопотерям [2].

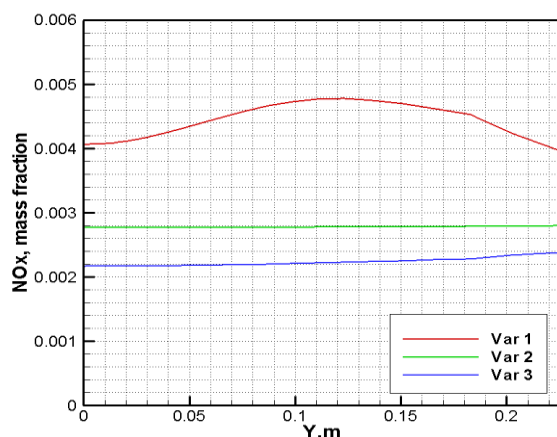
Цель работы состоит в том, чтобы провести двухстадийное сжигание метано-воздушной смеси и выявить снижение образования загрязняющих веществ.

Расчётная область в данной задаче представляет собой канал с размерами по оси x : 1800 мм, 225 мм по оси y . Входной канал для топливной смеси имеет размер 5 мм. Верхняя стенка представляет собой – твёрдую поверхность с условием адиабатной стенки. Нижняя стенка – ось симметрии.

Решение осесимметричной стационарной задачи проводится в рамках уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу и дополненных моделью турбулентности « k - ϵ ». В систему уравнений было включено уравнение окисления метана CH_4 . Также учитывалось образование окислов азота за счёт двух механизмов: тепловой механизм Зельдовича (Thermal) и «быстрого» механизма, который связан с реакцией радикала $\text{-}(\text{CH})$ с молекулярным азотом (Prompt). Решателем является - Pressure-Based, который применяется для несжимаемой жидкости с дозвуковой скоростью в потоке.

С помощью программного комплекса Ansys Fluent была рассчитана задача в два этапа. На первом этапе было решено три варианта задачи: 1)

стандартные условия скорости и температуры для метана и окислителя; 2) подогрев окислителя; 3) подогрев окислителя и увеличение скорости топлива [3]. Результаты представлены на рисунке 1.



Номер варианта	Осредненное по выходному сечению значение NOx
1	0.004479325
2	0.002782464
3	0.002269736

Рисунок 1 – График зависимости массовой доли NOx от расстояния на выходе из сопла (по вертикали)

После проведения сжигания метано-воздушной смеси, был определён качественный и количественный состав продуктов сгорания на расстоянии 1,0 м (табл.1).

Таблица 1 – Состав продуктов сгорания для второй стадии на расстоянии 1,0 м

Наименование компонента	CH ₄	CO ₂	H ₂ O	O ₂
Массовая доля	0,126	0,130	0,140	0,235

Затем определённая метано-воздушная смесь с подогретым окислителем (673,15 K) отправляется на дожигание (вторую стадию). После проведения расчётов на второй ступени, выделение оксидов азота уменьшается на несколько порядков (рис.2). Полученное значение массовой доли оксида азота (NO) на выходе составило $2,05 \cdot 10^{-5}$, а метан почти полностью сгорел – $1,34 \cdot 10^{-16}$.

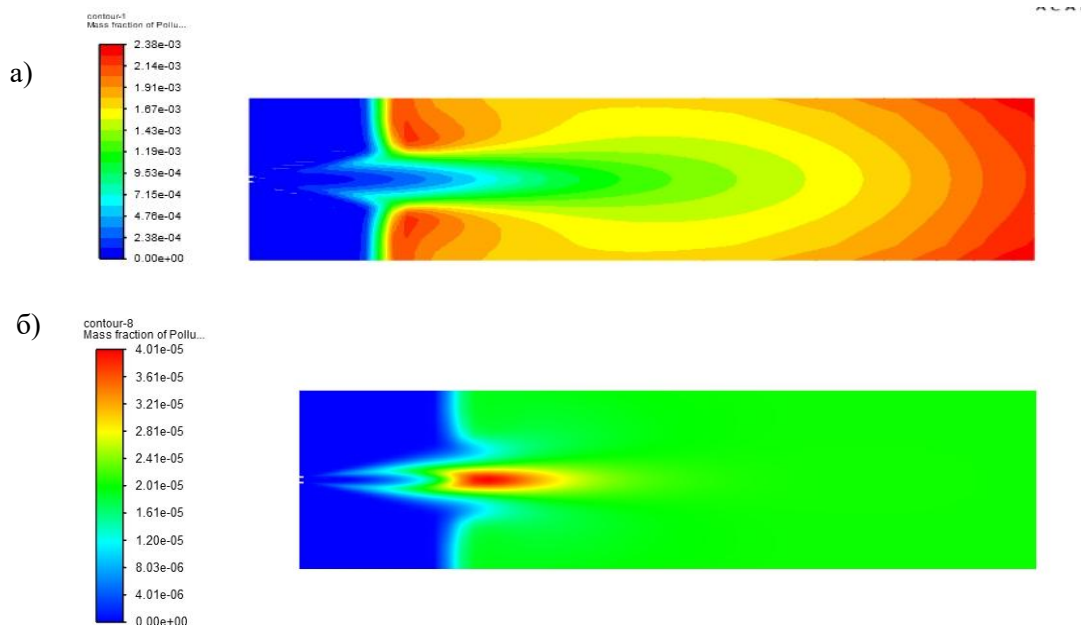


Рисунок 2 - Распределение массовой доли NO_x на первой стадии (а); распределение массовой доли NO_x на второй стадии (б)

Также в ходе работы было отмечено попутное уменьшение диоксида углерода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ИТС-38-2017. Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии. – 2017. – 265.
2. Рекуперативные горелки для промышленных печей J. Wunning, WS GmbH. – 2007. – Т. 17. – № 9. – С. 30-35
3. Квашнина К. Е. Применение рекуперационных горелок для снижения выбросов оксидов азота (NO_x) при сжигании углеводородного топлива / К. Е. Квашнина, Т. А. Коротаева // Наука. Технологии. Инновации : сб. науч. тр. : в 9 ч., Новосибирск, 30 нояб.–4 дек. 2020 г. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. – Ч. 9. – С. 182-185. - 100 экз. - ISBN 978-5-7782-4297-5.

MATHEMATICAL MODELING OF NITROGEN OXIDES (NO_x) FORMATION IN THE PROCESS OF TWO-STAGE COMBUSTION OF A METHANE-AIR MIXTURE

*Kvashnina Kristina Evgenievna*¹, student; *Korotaeva Tatyana Aleksandrovna*², Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

¹ Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel.(953) 890-71-74

² Institute of Theoretical and Applied Mechanics named after S.A. Khristianovich SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, st. Institutskaya, 4/1, tel.(383) 330-42-68

Kvashnina K.E., e-mail clarascintilla3107e@mail.ru

Korotaeva T.A., e-mail tkorotaeva@me.com

Address for correspondence: **Kvashnina Kristina Evgenievna**, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (953)890-71-74

Annotation. The purpose of this work is to simulate a two-stage combustion of hydrocarbon fuel in a cylindrical combustion chamber. This article deals with the problem of atmospheric air pollution when burning gaseous fuels in installations designed for energy production. The paper investigates one of the ways to reduce the emission of nitrogen oxides NO_x. Based on the calculations carried out with the help of Ansys Fluent, results were obtained that show a reduction in the formation of harmful substances NO_x and CO₂.

Keywords: Recuperative burner; nitrogen oxides (NO_x); flue gases; mathematical modeling in ecology; Ansys Fluent; best available technology.

УДК 658.567.1:661.683.3

ПОЛУЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ, МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И СИЛИКАТНОГО ВЯЖУЩЕГО

Лапин Андрей Владимирович^{1,2}, студент; Бердникова Лилия Кадировна¹, к.т.н.; Горбунов Фёдор Константинович^{1,2}, к.т.н.

¹Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук, 630128, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18

²Новосибирский государственный технический университет, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20

А. В. Лапин, e-mail: tto4ta-1996@mail.ru

Л. К. Бердникова, e-mail: liliya_baikina@mail.ru

Ф. К. Горбунов, e-mail: f1123723@yandex.ru

Адрес для корреспонденции: **Лапин Андрей Владимирович**, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел.+7 (952) 916-00-17

Аннотация . На основе полученного силикатного вяжущего с модулем 2 и плотностью 1,3 г/см³ разработаны оптимальные составы строительных материалов из дешевого минерального сырья (песок, супесь), отходов

огнеупоров (шамот) и отсева гранитного щебня. Полученные изделия обладают эксплуатационными характеристиками, которые сравнимы с материалами, применяемыми в современном строительстве: прочность при сжатии, МПа, образцов на основе шамота – 53,0-95,9; супеси – 62,7-64,2; песка – 50,0-69,5; отсева – 16,6-31,4; прочность при изгибе, МПа, – 8,1-16,5; 4,7; 8,5-15,3; 3,4-5,9; истираемость, г/см², – 0,2-0,49; 0,50; 0,15-0,54 соответственно.

Ключевые слова: Динас; истираемость; отсев щебня; песок; прочность при сжатии и изгибе; силикатное вяжущее, супесь; шамот.

Образование огромного количества отходов в строительной отрасли обуславливает поиск направлений их повторного использования. Преимуществом применения таких материалов является экономия и рациональное использование природных ресурсов, а также более низкая стоимость конечной продукции [1].

Применение таких дешевых минеральных материалов как песок и супесь, на добычу которых затрачивается минимальное количество ресурсов, в связи с их широким распространением, позволяет также снизить материалоемкость производства строительных изделий [2].

В качестве сырья для получения вяжущего с силикатным модулем 2 и плотностью 1,3 г/см³ использовали динас – лом динасового огнеупора смоломагнезитового цеха ООО «ЗСМК» (г. Новокузнецк), гидроксид натрия (технический) и воду. Методика получения вяжущего описана в работе [3].

В качестве наполнителей для получения образцов строительных изделий применяли карьерный песок, супесь, шамот (бой шамотного огнеупора смоломагнезитового цеха ООО «ЗСМК» (г. Новокузнецк)), зернистость которых составляла $\leq 0,14$ мм. Также применяли полифракцию (0,14-7 мм) отхода дробления гранитного щебня (отсев) из карьера Борок (г. Новосибирск) с добавлением модифицирующей добавки – стеклобоя, размер зерен которого составлял $\leq 0,14$ мм.

Образцы строительных изделий получали методом вибротитля. В смеситель засыпали наполнитель, затем добавляли вяжущее (Т:Ж= 3,3:1 масс.ч. для супеси, песка и шамота; Т:Ж= 5,4:1 масс.ч. для отсева щебня). Смесь тщательно перемешивали до получения однородной массы, укладывали в предварительно смазанные маслом формы, и выдерживали на воздухе до постоянной массы. Затем образцы подвергали термообработке при 20-700 °С.

Физико-механические показатели образцов строительных изделий определяли в соответствии со стандартами: предел прочности при изгибе и сжатии – ГОСТ 8462, истираемость – ГОСТ 13087. Качественную оценку рН поровой жидкости изделий проводили в соответствии с ГОСТ 5382. Исследование зависимости водостойкости образцов (коэффициент размягчения) от режима термообработки проводили в соответствии с ГОСТ 30629.

В ходе проведенных исследований установлено, что для того, чтобы достигнуть нейтрального рН порой жидкости образцов на основе шамота, супеси и песка, необходимо применять термообработку при 700 °С. Повышение водостойкости данных образцов достигается при термообработке от 300 °С и выше, при этом использование изделий предполагается в условиях нормальной или пониженной влажности (коэффициент размягчения 0,69-0,75). Полученные значения физико-механический показателей следующие: прочность при сжатии, МПа, образцов на основе шамота – 53,0-95,9; супеси – 62,7-64,2; песка – 50,0-69,5; прочность при изгибе, МПа, – 8,1-16,5; 4,7; 8,5-15,3; истираемость, г/см², – 0,2-0,49; 0,50; 0,15-0,54 соответственно.

Образцы на основе отсева гранитного щебня получали при добавлении стеклобоя в количестве 10% от общей массы формовочной смеси. Применяя термообработку при 500-700 °С, удалось достигнуть нейтрального рН поровой жидкости, увеличение водостойкости (коэффициент размягчения 0,80-0,96) и прочностных характеристик (прочность при сжатии 16,6-31,4 МПа; при изгибе 3,4-5,9 МПа).

Для образцов на основе шамота и песка была исследована их кинетика набора прочности с течением времени в зависимости от температурных условий. Установлено, что при выдержке образцов при комнатной температуре (20 °С) максимальная прочность наблюдается на 60 сутки с момента их заливки (прочность при сжатии и изгибе – 53,0 и 12,9 МПа для шамота; 50,0 и 14,5 МПа для песка). Увеличивая температуру до 50 °С, время набора максимальной прочности изделий сокращается до 21 суток, при этом полученные прочностные характеристики составили: прочность при сжатии, МПа, образцов на основе шамота – 72,5; песка – 68,0; прочность при изгибе, МПа, – 16,5; 15,3.

При увеличении температуры обработки до 150 °С удалось достигнуть аналогичных высоких физико-механических показателей образцов, что и при более низких температурах. Однако процесс выдержки сокращается до 6 ч, позволяющий существенно снизить время набора прочности. Прочность при сжатии образцов из песка и шамота составила 50,0 и 58,3 МПа соответственно.

Проводя анализ полученных значений физико-механических показателей образцов, можно сделать вывод, что данные изделия не уступают характеристикам материалов, применяемых в современном строительстве (таблица 1).

Сравнительные характеристики строительных изделий

Строительные изделия	Предел прочности, МПа		Истираемость, г/см ²	
	при сжатии	при изгибе		
Кирпич силикатный М300 (ГОСТ 379-95)	30,0	4,0	-	
Кирпич керамический рядовой М100-М300 (ГОСТ 530-2012)	10,0-30,0	2,2-4,4	-	
Кирпич керамический клинкерный М300-М1000 (ГОСТ 530-2012)	30,0-100,0	4,4 и более	не более 1,5	
Бетон М100-М300 (ГОСТ 26633-91)	9,6-28,9	-	-	
Полученные* в настоящей работе на основе	шамота	53,0-95,9	8,1-16,5	0,36
	супеси	62,7-64,2	4,7	0,50
	песка	50,0-69,5	8,5-15,3	0,15
	отсев щебня	16,6-31,4	3,4-5,9	-

*Образцы на силикатном вяжущем с модулем 2,0 после термообработки при 20-700°С

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что на основе силикатного вяжущего, полученного из отхода огнеупорных кирпичей – динаса, можно получать строительные изделия как из природного, так и из техногенного сырья с широким спектром физико-механических характеристик. В связи с этим, разработанные образцы могут быть рекомендованы в качестве изделий конструкционного назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Столбоушкин, А. Ю. Стеновые керамические материалы матричной структуры на основе неспекающегося малопластичного техногенного и природного сырья. Дисс. докт. техн. наук. – Новосибирск, 2014. – 365 с.
2. Щукина, Е. Г. Комплексное использование минерального сырья и отходов промышленности при производстве строительных материалов: учебное пособие / Е. Г. Щукина, Р. Р. Беппле, Н. В. Архинчеева – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2005. – 110 с.

3. Вяжущее из отходов динасового огнеупора / Л.К. Бердникова, А.В. Лапин, Ф.К. Горбунов, В.А. Полубояров // В сборнике: Химические технологии функциональных материалов Материалы V Международной Российско-Казахстанской научно-практической конференции, посвященной 85-летию Казахского национального университета им. аль-Фараби. Отв. ред. А.И. Апарнев. Новосибирск, 2019, С. 81-82.

PRODUCTION OF CONSTRUCTION PRODUCTS ON THE BASIS OF INDUSTRIAL WASTE, MINERAL RAW MATERIALS AND SILICATE BINDER

Lapin Andrei Vladimirovich¹, student, e-mail: tto4ta-1996@mail.ru

Berdnikova Liliya Kadirovna¹, Ph.D. (Engineering), e-mail:

liliya_baikina@mail.ru

Gorbunov Fedor Kostantinovich¹², Ph.D. (Engineering), e-mail:

f1123723@yandex.ru

¹Institute of solid state chemistry and mechanochemistry of SB RAS, 630128, Novosibirsk, st. Kutateladze 18, Russia

²Novosibirsk State Technical University, 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia

Abstract. On the basis of the obtained silicate binder modulus 2 and density 1.3 g/cm³, optimal compositions of building materials were developed from cheap mineral raw materials (sand, sandy loam), refractory waste (chamotte) and granite crushed stone screening. The resulting samples have performance characteristics comparable to products that are used in modern construction: compressive strength, MPa, samples based on chamotte-53.0-95.9; sandy loam-62.7-64.2; sand-50.0-69.5; dropout-16.6-31.4; bending strength, MPa, – 8,1-16,5; 4,7; 8,5-15,3; 3,4-5,9; abrasion resistance, g/cm², – 0,2-0,49; 0,50; 0,15-0,54 accordingly.

Keywords: Dinas; abrasion; gravel screening; sand; compressive and flexural strength; silicate binder, sandy loam; chamotte.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТЕЙ АЛЮМООКСИДНОГО КАТАЛИЗАТОРА К ПОГЛОЩЕНИЮ ОКСАЛАТА ВАНАДИЛА ПУТЕМ ПОСТЕПЕННОГО ПРОПИТЫВАНИЯ

Литвинов Семён Александрович¹, студент;

Коваленко Ольга Николаевна², старший научный сотрудник

¹Новосибирский государственный технический университет, 630073,
г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20

²Институт Катализа СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск,
пр. Академика Лаврентьева, 5

Литвинов С.А., e-mail: sam.litwinow2017@yandex.ru

Коваленко О.Н., e-mail: oven@catalysis.nsk.su

Адрес для корреспонденции: Литвинов Семён Александрович,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел (913)756-94-56

Аннотация. Исследован способ промотирования нового алюмооксидного катализатора, разработанного сотрудниками Института катализа и его использования в процессе Клауса, в качестве катализатора нового поколения, способного заменить современные катализаторы, применяемые на большинстве нефтеперерабатывающих заводов, занимающихся производством серы. Приведены принципы и особенности очистки попутных нефтяных и природных газов от сероводорода, крупнотоннажным методом Клауса, особенности строения созданного катализатора, его преимущества и недостатки, а также способы промотирования. В качестве промотора использовался раствор оксалата ванадила, находящийся в избытке.

Ключевые слова: процесс Клауса; сероводород; промотированный катализатор.

Введение

Эффективная очистка углеводородного сырья является ключевой составляющей при добыче и дальнейшем использовании различных нефтепродуктов. Одной из наиболее серьезных проблем является наличие сероводорода в добываемом сырье. Зачастую его высокое содержание исключает возможность рассеивание этих газов в атмосфере или их использования в качестве углеводородного топлива.

Улучшение качества обработки нефтяных и природных газов их высокая очистка путем минимизации присутствующего сероводорода позволит не только сократить общие выбросы токсичных соединений, но и обеспечит

большой выход чистой серы. Вследствие этого данную тему можно назвать актуальной.

Одним из наиболее востребованных способов получения серы из кислых газов, получаемых при очистке природного газа и жидких углеводородных фракций от сероводорода и металлургических газов от диоксида серы, является процесс Клауса [1].

Сероводород представляет собой высокотоксичное соединение, избыточное содержание которого в атмосферном воздухе отрицательно сказывается как на живых организмах (отравляющее и поражающее воздействие), так и на переработанных нефтепродуктах, при их транспортировке и хранении (качество товара, коррозия) [2]. Для высококачественных очистков наиболее эффективно использовать процесс Клауса (рис. 1).

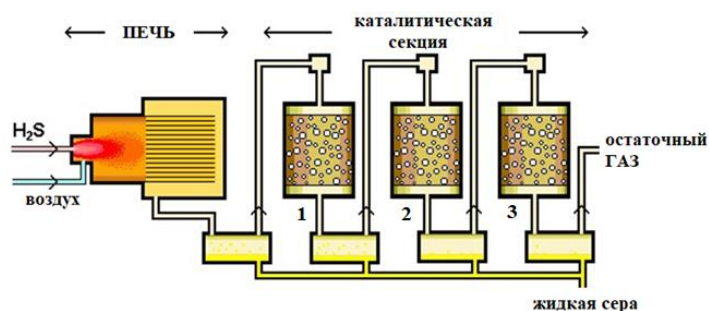


Рис. 1. Схема процесса Клауса

Процесс переработки состоит из термической стадии, на которой происходит первичное сжигание газа – при температурах от 950-1300°C и каталитической при температурах 220-260°C. Протекающие реакции демонстрируют формулы (1) и (2):



В технологическом газе, поступающем на каталитическую стадию, как правило, присутствуют примеси CS_2 , COS (до 5 % об.) и O_2 (до 0.1-0.2 % об.). Превращение COS и CS_2 происходит по реакциям гидролиза на первой ступени каталитической стадии, что демонстрируют формулы (3) и (4):



Промотированный алюмооксидный катализатор, разработанный командой ученых Института катализа, обладает повышенной активностью в реакции гидролиза CS_2 в первом реакторе, высокой устойчивостью к сульфатации во втором и третьем реакторах и высокой сероёмкостью при использовании в процессах, протекающих при температурах ниже точки росы серы (процессы Сульфрен или прямого окисления). Его применение позволит

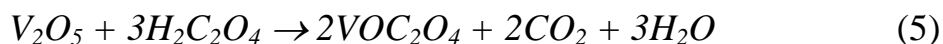
без существенных капитальных затрат и реконструкции производства повысить степень извлечения серы на 0,1-0,2% и, таким образом, снизить хвостовые выбросы диоксида серы на 20-30%.

Целью данной работы является исследование технологии приготовления нового промотированного алюмооксидного катализатора процесса Клауса

1. Методика экспериментального исследования

Для достижения поставленной цели в работе была использована следующая концепция:

1) Приготовление раствора оксалата ванадила. Реакцию можно описать формулой (5):



- 2) Пропитка гранул в избытке раствора, при помощи перистальтического насоса Masterflex L/S в течение 4-ех часов;
- 3) Сушка пропитанных гранул на воздухе (24 ч);
- 4) Прокаливание гранул в две стадии: 1 ч – 300°C, 4 ч – 450°C.
- 5) Измельчение гранул и отправка на анализ распределения ванадия.

2. Обсуждение результатов

Ввиду кислой среды раствора, а также особенностей строения удельной поверхности катализаторов, процесс сорбции протекает в стабильном режиме. Согласно проведенным исследованиям из четырех отобранных проб наилучшую степень пропитки показали гранулы 4-ого часа (рис. 2) в которых распределение V_2O_5 составляет около 2 % масс. в объеме мономолекулярного слоя пористой структуры гранулы, что удовлетворяет интервалу от 1 до 5 %, при котором наблюдается наилучшая активность катализатора, и как следствие наибольший выход готового продукта и очистка от кислых газов.

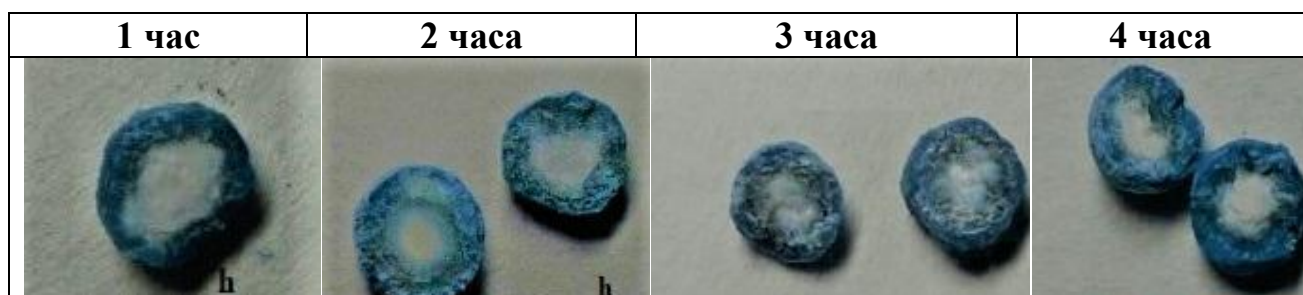


Рис. 2. Гранулы после пропитки

Сопоставление данных, представленных на рисунке 3 показывает, что модифицирование ванадием не приводит к значительному изменению пористой структуры носителя, тем самым, не ухудшая его свойства. Удельная поверхность незначительно снижается (на 13 %), средний размер пор увеличивается:

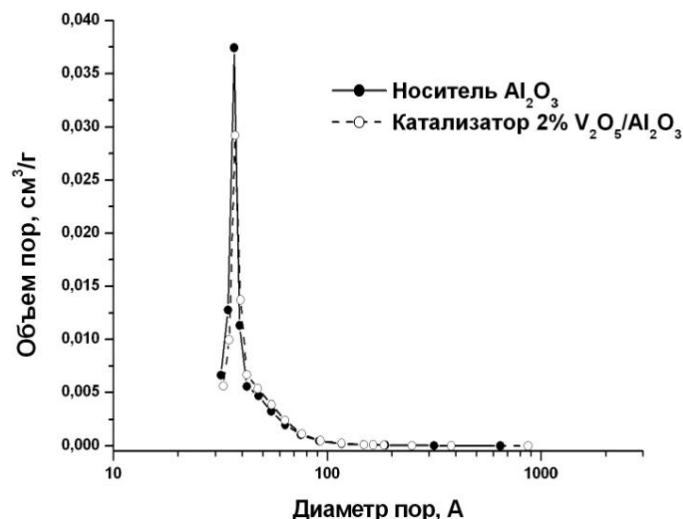


Рис. 3. Распределение объема пор по размерам пор носителя и катализатора

Остальные пробы не удовлетворяют представленным условиям. При исследовании состояния V_2O_5 в катализаторе $2\% V_2O_5/Al_2O_3$ методом ^{51}V MAS ЯМР было найдено, что частицы ванадия находятся в виде непосредственно связанных с носителем изолированных ионов V^{5+} .

3. Выводы

Согласно проведенному исследованию, было выяснено, что для наилучшего закрепления пентаоксида ванадия в структуре алюмооксидных гранул необходимо проводить пропитку в избытке раствора оксалата ванадила в течение четырех часов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Процессы и технологии обессеривания нефти и тяжелых остатков [Электронный ресурс] – URL: <https://pronpz.ru/ustanovki/ochistka-nefti-ot-sery.html>
2. Исупова Л.А., Коваленко О.Н., Глазырин А.В., Данилевич В.В., Пармон В.Н., Митюшов А.А., Ведров В.Н., Сусликова Н.М., Лебедев Ю.В., Горшкова Т.А. Катализатор получения элементной серы по процессу Клауса, способ его приготовления и способ проведения процесса Клауса // Патент РФ № 2527259. – 2014.

INVESTIGATION OF THE ABILITY OF AN ALUMINUM OXIDE CATALYST TO ABSORB VANADYL OXALATE BY GRADUAL IMPREGNATION

Litvinov Semyon Alexandrovich¹, student;
Kovalenko Olga Nikolaevna², Senior Researcher

¹Novosibirsk State Technical University, 20 K. Marx Ave., Novosibirsk,
630073

²Institute of Catalysis SB RAS, 5 Akademika Lavrentieva Ave., Novosibirsk,
630090, Russia

Litvinov S. A., e-mail: sam.litwinow2017@yandex.ru

Kovalenko O. N., e-mail: oven@catalysis.nsk.su

Address for correspondence: Litvinov Semyon Alexandrovich,
Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk,
630073, Russia, tel. (913)756-94-56

Annotation. The method of promoting a new aluminum oxide catalyst developed by the staff of the Institute of Catalysis and its use in the Claus process as a new generation catalyst that can replace the modern catalysts used in most oil refineries engaged in the production of sulfur is investigated. The principles and features of purification of associated petroleum and natural gases from hydrogen sulfide by the large-capacity Claus method, the structural features of the created catalyst, its advantages and disadvantages, as well as the methods of promotion are given. A solution of vanadyl oxalate in excess was used as a promoter.

Keywords: Claus process; hydrogen sulfide; promoted catalyst.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ NiCu-КАТАЛИЗАТОРОВ КОНВЕРСИИ CO₂ В ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ

Малахова Алина Юрьевна¹, студент; Матус Екатерина Владимировна^{1,2}, канд. хим. наук, старший научный сотрудник; Сухова Ольга Борисовна², ведущий инженер; Керженцев Михаил Анатольевич², канд. хим. наук, старший научный сотрудник

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (953) 804-44-48

² Институт катализа СО РАН, 630090, Россия, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева 5

Малахова А.Ю., e-mail alineks.07@mail.ru

Матус Е.В., e-mail matus@catalysis.ru

Сухова О.Б., e-mail sukhova@catalysis.ru

Керженцев М.А., e-mail ma_k@catalysis.ru

Адрес для корреспонденции: Малахова Алина Юрьевна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8 (953) 804-44-48.

Аннотация. С целью разработки эффективных катализаторов конверсии углекислого газа в ценные химические продукты проведен синтез NiCu-катализаторов на основе диоксида церия при варьировании мольного соотношения Cu/Ni, изучены их физико-химические свойства и активность в реакции пароуглекислотного риформинга метана. Установлено, что при введении меди сохраняется высокая удельная поверхность (110 ± 10 м²/г) и фазовый состав (твердый раствор замещения с кубической структурой типа флюорита) образцов, средний размер кристаллитов CeO₂ несколько увеличивается ($5.5 \rightarrow 7.0$ нм). Показано, что с увеличением мольного соотношения Cu/Ni от 0.04 до 0.25 возрастает конверсия реагентов (метан, диоксид углерода) и выход целевых продуктов реакции (водород, монооксид углерода).

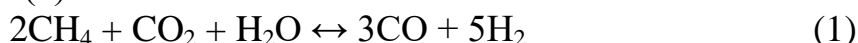
Ключевые слова: NiCu; катализатор; метан; окислительный риформинг; синтез-газ.

1. Введение

Одной из глобальных экологических проблем современности является потепление климата, что обусловлено ростом в атмосфере Земли концентрации парниковых газов, таких как углекислый газ и метан. За последние 20 лет количество выбросов углекислого газа, связанных с использованием углеродсодержащего топлива, возросло с 22 до 34 млрд. тонн

[1]. Чтобы не допустить изменения природных условий на Земле, требуется сокращение выбросов CO_2 .

В настоящее время наблюдается тенденция по внедрению новых промышленных технологий с целью снижения выбросов CO_2 . Так, тепловые электростанции переходят на топливо с меньшим содержанием углерода, заменяя уголь и мазут на природный газ; уменьшают расход сжигаемого топлива, внедряя более энергоэффективные установки. Это позволяет уменьшить объем выбросов углекислого газа на 20–40 % [2]. Одним из перспективных подходов к снижению концентрации CO_2 в атмосфере является его улавливание из отходящих газов и последующая переработка в полезные продукты. Примером такого процесса является пароуглекислотный риформинг (ПУР) метана (1).



Получаемая в результате реакции смесь CO и H_2 (синтез-газ) может использоваться в качестве сырья для производства синтетического топлива.

Разработка эффективных катализаторов пароуглекислотного риформинга метана является целью настоящей работы. Проведен синтез и исследование свойств NiCu-катализаторов на основе диоксида церия в зависимости от мольного соотношения Cu/Ni (0.004, 0.04, 0.25).

2. Методика экспериментального исследования

Синтез NiCu-катализаторов проводили методом сложноэфирных полимерных предшественников по схеме, представленной на рис. 1.

Для приготовления образцов навеску лимонной кислоты (ЛК) растворяли в этиленгликоле (ЭГ) при температуре 70 °С. Расчетное количество солей металлов $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (х.ч.), $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (х.ч.), $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (х.ч.) растворяли в дистиллированной воде. Водный раствор солей металлов смешивали с раствором лимонной кислоты в этиленгликоле. Смесь при постоянном перемешивании выдерживали при 60 °С в течение 30 минут, затем по каплям добавляли этилендиамин (ЭД). Мольное соотношение компонентов (Ce+M):ЛК:ЭГ:ЭД составляло 1:4:12:4.

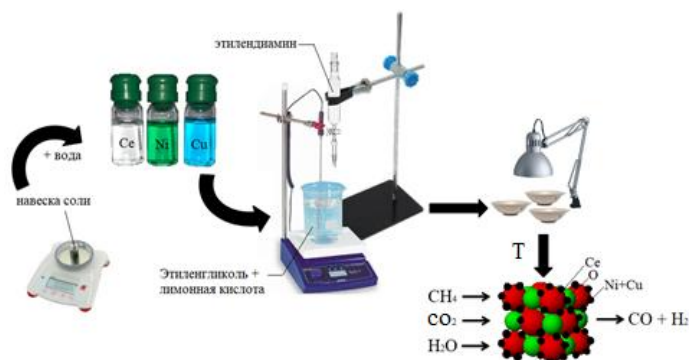


Рис. 1. Синтез каталитических систем

Полученный полимерный гель выдерживали при температуре 90 °С до образования смолообразного продукта. Термообработку образцов осуществляли в муфельной печи на воздухе в режиме ступенчатого подъема температуры. Продолжительность прокаливания при 500 °С составляла 4 ч.

Образцы исследованы комплексом физико-химических методов (низкотемпературная адсорбция азота, рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ, просвечивающая электронная микроскопия, сканирующая электронная микроскопия).

Исследование активности катализаторов в реакции ПУР CH_4 проводили в проточном кварцевом реакторе (внутренний диаметр 11 мм), при атмосферном давлении, температуре 600–900 °С, скорости газового потока 200 млN/мин и мольном соотношении реагентов $\text{CH}_4 : \text{CO}_2 : \text{H}_2\text{O} : \text{He} = 1 : 0.81 : 0.38 : 2.8$.

3. Результаты и обсуждения

Синтезирована серия NiCu-катализаторов основе диоксида церия при варьировании мольного соотношения Cu/Ni. Установлено, что при введении меди сохраняется высокая удельная поверхность ($110 \pm 10 \text{ м}^2/\text{г}$) и фазовый состав (твердый раствор замещения с кубической структурой типа флюорита) образцов, средний размер кристаллитов CeO_2 несколько увеличивается ($5.5 \rightarrow 7.0 \text{ нм}$).

Образцы протестированы в реакции ПУР CH_4 . Установлено, что с ростом температуры реакции наблюдается увеличение конверсии реагентов и выхода продуктов реакции. Как следует из зависимостей, представленных на рисунке 2, при увеличении температуры с 600 до 850 °С, конверсия метана возрастает с 34 до 86 %, то же наблюдается и для конверсии углекислого газа (рост с 24 до 87 %). Выход продуктов реакции (H_2 , CO) увеличивается с 34 до 93 % для водорода и с 26 до 83% для монооксида углерода. При температуре 850 °С параметры реакции близки к равновесным [3].

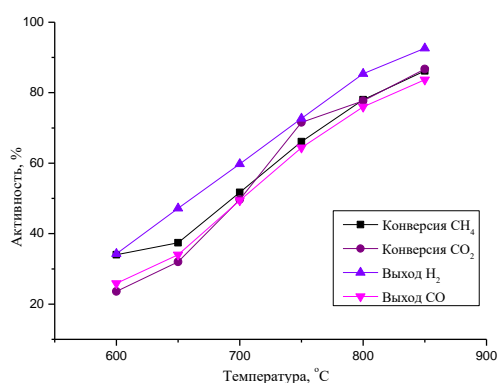


Рис. 2. Активность NiCu-катализатора ($\text{Cu}/\text{Ni} = 0.25$)

Влияние мольного соотношения Cu/Ni на активность реакции носит немонотонный характер. Так, увеличение отношения Cu/Ni с 0.004 до 0.04 незначительно повлияло на конверсию и выход продуктов. Дальнейшее увеличение до 0.25 положительно сказывается на показатели процесса, в частности при температуре реакции 850 °С, конверсия метана увеличилась с 83 до 86 %, конверсия углекислого газа – с 80 до 87 %. Выход целевых продуктов реакции также увеличивается: выход H₂ с 82 до 93 %, выход CO с 74 до 84 %.

Таким образом, разработаны эффективные биметаллические катализаторы пароуглекислотной конверсии метана, позволяющие эффективно перерабатывать три парниковых газа (CH₄, CO₂, H₂O) в синтез газ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект АААА-А21-121011490008-3).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Global CO₂ emissions in 2019 // International Energy Agency URL: [1.https://www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019](https://www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019) (date of the application: 02.04.2021).
2. Повышение эффективности утилизации углекислого газа из дымовых газов тепловых электростанций при совмещении процесса газоочистки с конверсией CO₂ в муравьиную кислоту и ее производные / Н.Н. Ежова, Н.В. Колесниченко, Л.М. Делицын, С.В. Сударева // Экологическая безопасность регионов России и риск от техногенных аварий и катастроф. Год издания: – 2015. – С. 43-49.
3. Bi-reforming of methane: thermodynamic equilibrium analysis and selection of preferable reaction conditions / E. V Matus, O.B. Sukhova, I.Z. Ismagilov, M.A. Kerzhentsev, L. Li, Z.R. Ismagilov. – 2021. – Conf. Ser. 1749 (2021) 012023.

SYNTHESIS AND STUDY OF NiCu-CATALYSTS FOR CO₂ CONVERSION INTO VALUABLE CHEMICAL PRODUCTS

*Malakhova Alina Yuryevna*¹, student; alineks.07@mail.ru

Matus Ekaterina Vladimirovna^{1,2}, Ph.D., Senior Researcher; matus@catalysis.ru

*Sukhova Ol'ga Borisovna*², Lead Engineer; sukhova@catalysis.ru

*Kerzhentsev Mikhail Anatol'evich*², Ph.D., Senior Researcher; ma_k@catalysis.ru

¹Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (953) 804-44-48

²Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, pr. Academician Lavrentiev 5

Address for correspondence: Alina Yuryevna Malakhova, Novosibirsk State

Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20,
tel. (953) 804-44-48. 159

Abstract. For development of effective catalysts for the conversion of carbon dioxide into valuable chemical products, NiCu catalysts were synthesized based on cerium dioxide with varying Cu/Ni molar ratio. Their physicochemical properties and activity in the steam-carbon dioxide methane reforming were studied. It was found that the introduction of copper retains a high specific surface area ($110 \pm 10 \text{ m}^2/\text{g}$) and phase composition (a substitutional solid solution with a cubic structure of the fluorite type) of the samples, and the average size of CeO_2 crystallites slightly increases ($5.5 \rightarrow 7.0 \text{ nm}$). It is shown that with an increase in the Cu/Ni molar ratio from 0.04 to 0.25, the conversion of the reactants (methane, carbon dioxide) and the yield of the reaction products (hydrogen, carbon monoxide) increase.

Keywords: NiCu; catalyst; methane; oxidative reforming; synthesis gas.

УДК 665.642 + 544.47

КАТАЛИТИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ ГУДРОНА В ПРИСУТСТВИИ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ

Чичкань А.С.^{1,2}, Олексик К.А.¹, Чесноков В.В.²

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-50-31

² Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630090, Россия,
г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5

Чичкань А.С., e-mail: AlexCsh@yandex.ru

Олексик К.А., e-mail: ksusha_oleksik_99@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Чичкань Александра Сергеевна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск,
пр. Карла Маркса, 20, III-205, тел. (383)346-50-31

Аннотация. Изучены особенности каталитического крекинга гудрона при 350 °С и давлении 1,0 МПа в присутствии муравьиной кислоты и цеолита ВЕА. Проведенные исследования показали, что добавка муравьиной кислоты позволяет эффективно вести крекинг такого тяжелого сырья, как гудрон. Установлено, что для последовательности каталитических систем: гудрон \rightarrow (гудрон+муравьиная кислота) \rightarrow (гудрон+муравьиная кислота+цеолит ВЕА) происходит как рост конверсии в превращении гудрона, так и увеличение селективности по светлым (бензино-дизельным) фракциям.

Ключевые слова: крекинг, гудрон, муравьиная кислота, цеолит ВЕА.

1. Введение

В связи с ростом потребности в моторных топливах существенно увеличивается необходимость переработки нетрадиционного тяжелого нефтяного сырья (ТНС), включающего в себя тяжелые нефти, природные битумы, тяжелые остаточные нефтяные фракции (гудрон, мазут), битуминозные пески и горючие сланцы. Большой интерес представляют процессы крекинга тяжелых остаточных нефтяных фракций, в частности гудрона, направленные на получение в качестве основных продуктов бензиновой и дизельной фракций. Химия гидрогенизационных процессов основана на эффективном использовании водорода, поэтому поиск новых источников водорода в настоящее время является актуальной задачей.

Муравьиная кислота является качественным жидким органическим носителем водорода, так как она имеет относительно высокое содержание водорода (4,4% в массовых долях), низкие воспламеняемость и токсичность. Важно отметить, что муравьиная кислота может быть получена из биомассы или CO_2 [1-3]. Наиболее популярными схемами переработки гудрона и других тяжелых остатков является замедленное коксование. В настоящей работе сделана попытка модифицировать процесс коксования гудрона. Предполагается, что добавка муравьиной кислоты позволит гибко регулировать выход и свойства получающийся продуктов коксования.

2. Экспериментальная часть

В настоящей работе использовали гудрон Омского НПЗ, цеолит ВЕА в качестве катализатора для крекинга гудрона, а муравьиную кислоту (МК), как источник водорода. Реакции крекинга гудрона проводили в автоклаве при 350 °С и давлении 1 МПа в течение 2 часов. Анализ газовых проб проводили на газовом хроматографе Хромос ГХ-1000. Определение элементного состава жидкой и твердой фазы проводилось на рентгенофлуоресцентном спектрометре ARL Perform'X. Процентное (мас.%) содержание элементов оценивали с помощью программы для бесстандартного анализа UniQuant. В корзинку для образца загружали навеску (гудрон или гудрон + МК или гудрон + МК + цеолит ВЕА). Автоклав помещали в печь и нагревали до требуемой температуры реакции.

3. Результаты и обсуждение

Результаты экспериментов представлены в таблице 1. Видно, что гудрон при температуре 350 °С претерпевает крекинг с образованием 8% газообразных и 15% жидких углеводородов. Вероятно, происходит отрыв боковых углеводородных цепей от полиароматических углеводородов. В целом, гудрон претерпевает незначительное превращение.

Таблица 1

Влияние добавления МК и цеолита ВЕА на каталитические превращения гудрона.
Температура реакции – 350 °С

Состав загрузки	Селективность, %		
	Газ*	Твердый продукт	Жидкие углеводороды
Гудрон	8	77	15
Гудрон + МК	11	46	43
Гудрон + МК + Цеолит ВЕА	12	38	50

В таблице 2 представлен фракционный состав жидких продуктов, полученных в реакциях крекинга гудрона. Как видно из представленных данных добавка муравьиной кислоты и цеолита ВЕА приводит к изменению распределения жидких продуктов по фракциям. Минимальное содержание (10,8%) бензиновой и (39,1%) дизельной фракций наблюдается в жидких продуктах, полученных в результате крекинга гудрона.

Ситуация существенно меняется после добавления к гудрону муравьиной кислоты. Степень превращения гудрона увеличивается с 23% (8%+15%) до 54% (11%+43%). Следует отметить, что, если количество газообразных углеводородов увеличивается незначительно, то селективность реакции по жидким углеводородам возросла в 2,87 раза.

Таблица 2

Фракционный состав жидких продуктов реакций крекинга гудрона

		Загрузка реактора		
		Гудрон	Гудрон, МК	Гудрон, МК, Цеолит ВЕА
Фракция	Температура, °С	Содержание, мас. %		
Бензин	н.к.-180	10,8	12	16
Дизель	180-360	39,1	52,1	53,9
Вакуумный газойль	360-550	35,5	24,3	20,4
Вакуумный остаток	550-720	8,1	6,6	4,9
Неэлюируемый остаток	>720	6,5	5	4,8

При добавлении к смеси (гудрон+муравьиная кислота) цеолита ВЕА происходит дальнейшее увеличение конверсии гудрона. Селективность превращения по газообразным углеводородам составляет 12%, а по жидким достигает 50%. Добавка муравьиной кислоты или (муравьиной кислоты и цеолита ВЕА) к гудрону приводит к последовательному росту содержания этих фракций в составе жидких продуктов.

4. Выводы

Изучены особенности каталитического крекинга гудрона при 350 °С и давлении 1,0 МПа в присутствии муравьиной кислоты, цеолита BEA [4]. Показана перспективность добавления муравьиной кислоты при крекинге гудрона с целью получения светлых (бензиново-дизельных) фракций.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда — проект № 17-73-30032.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bulushev D.A., Ross J.R.H. //Catal. Rev. 2018, 60, 566–593.
2. Bulushev D.A., Ross J.R.H. // ChemSusChem 2018. – Vol. 11. – P. 821–836.
3. Gromov N. V., Taran O. P., Delidovich I. V., Pestunov A. V., Rodikova Y. A., Yatsenko D. A., Zhizhina E. G., Parmon V. N. // Catalysis Today. — 2016. — Vol. 278. — P. 74–81.
4. Chesnokov V.V., Dik P.P., Chichkan A.S. // Energies. 2020. — Vol.13. — N17. — 4515:1-12. DOI: [10.3390/en13174515](https://doi.org/10.3390/en13174515)

CATALYTIC TAR CRACKING IN THE PRESENCE OF FORMIC ACID

Chichkan A.S.^{1,2}, Oleksik K.A.¹, Chesnokov V.V.²

¹Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (383) 346-50-31

²Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Akademika Lavrentiev ave., 5

Chichkan A. S., e-mail: AlexCsh@yandex.ru

Oleksik K. A., e-mail: ksusha_oleksik_99@mail.ru

Correspondence address: Chichkan Alexandra Sergeevna, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx ave., 20, III-205, tel. (383)346-50-31

Abstract. Specific features of the catalytic tar cracking in the presence of formic acid and BEA zeolite were studied at 350 °C and 1.0 MPa pressure. The obtained results evidenced that formic acid can be used as a hydrogen donor during catalytic reactions. The formic acid addition made it possible to perform efficient hydrocracking of heavy feed such as tar. It was found that both the tar conversion and selectivity to light (gasoline-diesel) fractions grew in the sequence: tar → (tar + formic acid) → (tar + formic acid + BEA zeolite).

Keywords: hydrocracking, tar, formic acid, zeolite BEA

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗОЛЫ-УНОСА
БУРОУГОЛЬНОЙ С ТЭЦ-5 Г.НОВОСИБИРСКА ДЛЯ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ**

*Бердникова Лилия Кадировна¹, к.т.н.; Онинченко Анастасия Павловна²,
магистрант; Горбунов Фёдор Константинович^{1,2}, к.т.н.*

¹Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения
Российской академии наук, 630128, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18

²Новосибирский государственный технический университет, 630073,
г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20

Л. К. Бердникова, e-mail: liliya_baikina@mail.ru

А. П. Онинченко, e-mail: na.oni@yandex.ru

Ф. К. Горбунов, e-mail: f1123723@yandex.ru

Адрес для корреспонденции: Онинченко Анастасия Павловна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел.+7-996-378-11-57

Аннотация. В настоящей работе проведено исследование физико-химических характеристик золы-уноса с ТЭЦ-5 г.Новосибирска от сжигания бурого угля Канско-Ачинского угольного бассейна и определены возможности ее использования в качестве источника вторичного ресурса для получения строительных материалов, а также для снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Ключевые слова: гранулометрический состав, зола-уноса, метод лазерного светорассеяния, поле отбора, рентгенофазовый анализ.

Объект исследования – зола-уноса с ТЭЦ-5 г.Новосибирска от сжигания бурого угля Канско-Ачинского угольного бассейна. Физико-химические свойства золы-уноса изучены следующими методами: рентгенофазового анализа – для определения качественного и количественного состава; лазерного светорассеяния – для определения гранулометрического состава; БЭТ с внутренним эталоном – для определения удельной поверхности; электронной микроскопии – для определения конфигурации частиц.

На (рис.1) приведена типичная рентгенограмма золы-уноса, образующейся на ТЭЦ-5: в образце присутствует большое количество фаз, рефлексy которых перекрываются, усложняя процесс интерпретации. С помощью программы Topas 4.2 (Bruker AXS, Германия) методом Ритвельда был проведен количественный анализ золы, результаты которого представлены в таблице. Из таблицы видно, что содержание фаз изменяется в

зависимости от отбора золы по ступеням улавливания (циклоны, поля электрофильтра, поля отбора) и достаточно однородно при разном времени отбора.

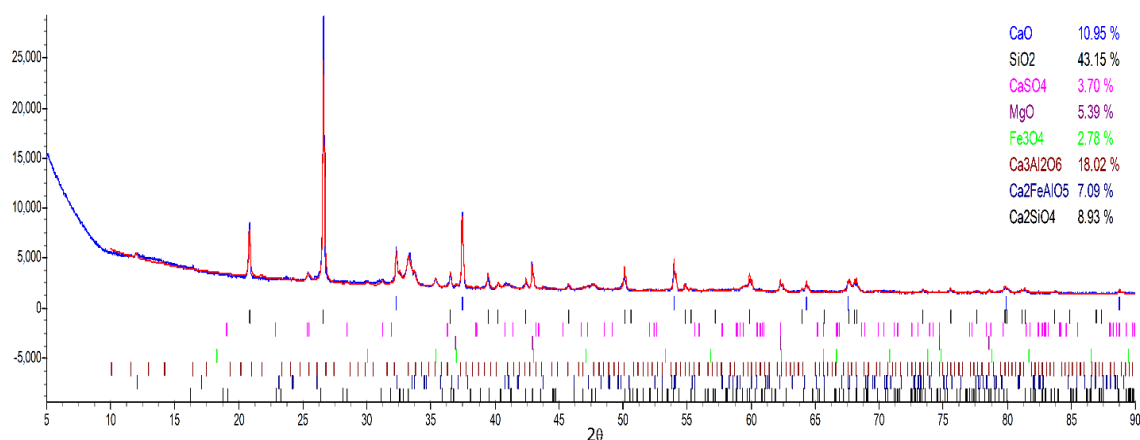


Рис.1. Рентгенограмма золы-уноса ТЭС-5 (общее поле, январь 2021г.)

Таблица

Результаты количественного рентгенофазового анализа золы-уноса ТЭС-5

Время отбора (2021г.)	Фаза	Концентрация, вес, %				
		Поле отбора				
		0 (общее)	1	2	3	4
январь	CaO	10,95	10,3	15,14	15,46	14,29
февраль		13,37	16,05	16,9	12,7	11,53
январь	SiO ₂	43,15	46,38	25,75	20,49	17,12
февраль		37,49	36,41	27,79	22,99	23,34
январь	CaSO ₄	3,7	3,3	6,4	7,29	9,36
февраль		5,36	4,97	7,63	9,85	9,32
январь	MgO	5,39	5,01	7,74	8,39	8,78
февраль		6,59	7,13	8,09	7,78	7,75
январь	Fe ₃ O ₄	2,78	2,28	3,68	4,32	4,28
февраль		2,91	2,42	3,13	4,15	4,04
январь	Ca ₃ Al ₂ O ₆	18,02	17,11	22,2	24,44	25,01
февраль		17,88	16,53	18,7	22,99	23,33
январь	Ca ₂ FeAlO ₅	1,09	6,71	10,01	10,87	12,24
февраль		9	9,4	10,52	11,94	11,89
январь	Ca ₂ SiO ₄	8,93	8,91	9,08	8,74	8,92
февраль		7,4	7,08	7,25	8,24	8,8

Согласно таблице, основными компонентами являются оксиды кальция и кремния, а также алюминат трикальция. В общем поле содержание оксида кремния в 1,5-2,5 раза выше, чем в четвертом, что говорит о возможности применения золы с нижних полей в производстве силикатных строительных

материалов. Исследуемая зола-уноса является основной (содержание оксида кальция более 10% по массе), скрытоактивной, т.е. самостоятельными вяжущими свойствами она не обладает и требует интенсификаторы твердения.

Исследования гранулометрического состава (рис.2) показали, что в золе с нижних полей около 90% частиц размером от 1 до 100 мкм. Начиная с 3 поля отбора, частицы размером более 100 мкм практически отсутствуют. Наличие такого большого количества микродисперсных частиц должно оказывать положительное влияние на пластичность формовочной массы и прочностные характеристики готовых строительных материалов.

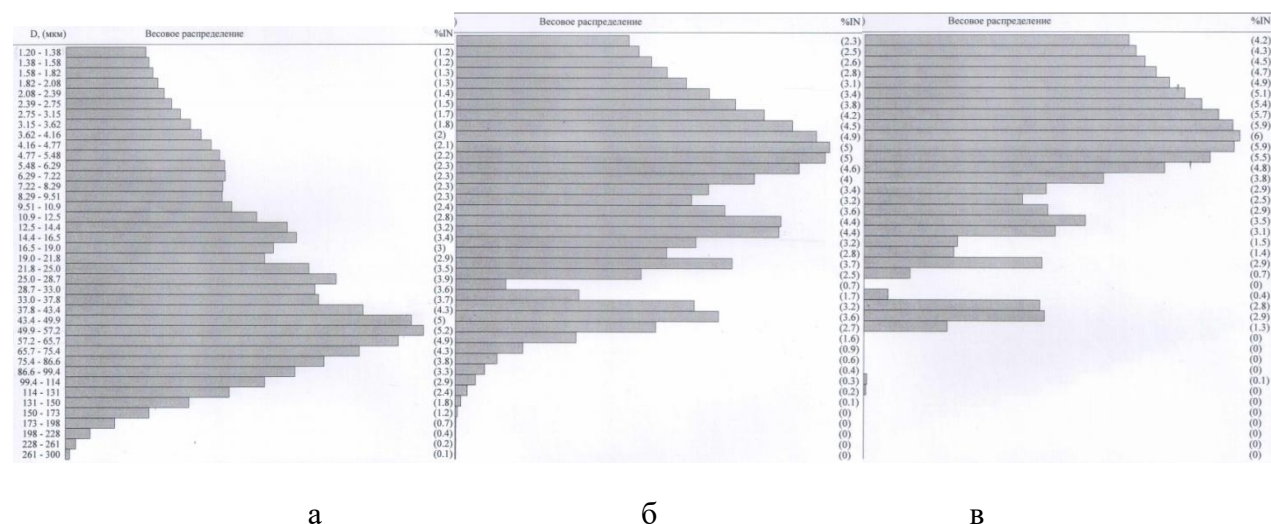


Рис.2. Распределение частиц золы-уноса по размерам в поле отбора: а – 1; б – 2; и в – 3

Удельная поверхность золы-уноса с общего поля отбора (январь 2021г.) составляет 460 м²/кг, насыпная плотность – 1,15 кг/м³.

По данным электронно-микроскопических исследований, частицы имеют сферическую форму (рис.3), частично агрегированы.

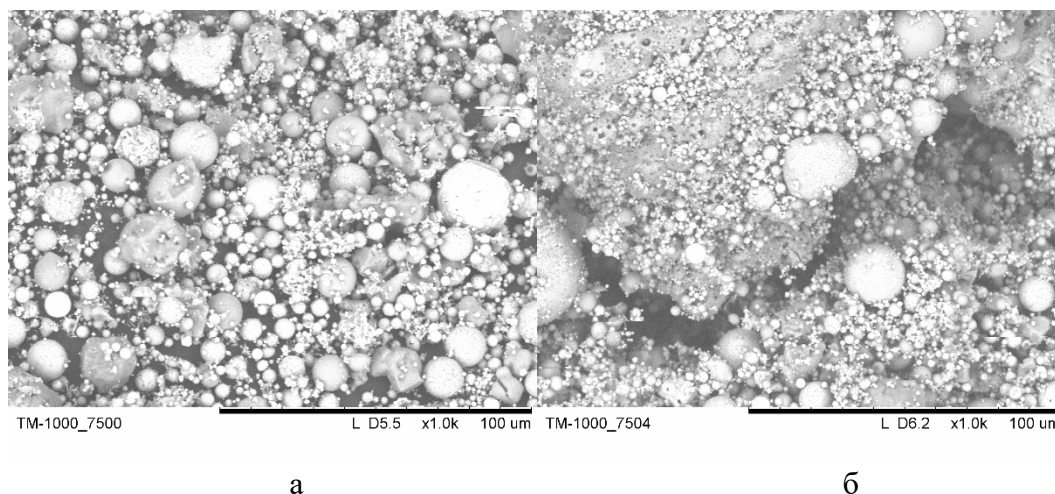


Рис.3. Электронно-микроскопические снимки золы-уноса с а – 1 и б – 2 полей отбора

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что исследуемую золу-уноса бурогоугольную возможно рассматривать не как отход, а как техногенное вторичное сырье в производстве строительных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буянова Н.Е. Определение удельной поверхности дисперсных и пористых материалов / Н.Е. Буянова, А.П. Карнаухов, Ю.А. Алабужев. – Новосибирск: Институт катализа СО АН СССР, 1978, 74 с.
2. Topas 4.2 User Manual // Bruker AXS GmbH, 2009, Karlsruhe, Germany, P.72.
3. Rietveld H.M. Line Profiles of Neutron Powder-diffraction Peaks for Structure Refinement, Acta Crystallogr. 1967. V. 22. 151–152.
4. Rietveld H.M. A Profile Refinement Method for Nuclear and Magnetic Structures, J. Appl. Crystallogr. 1969, 2, 65–71.

PHYSICO-CHEMICAL STUDIES OF BROWN COAL FLY ASH FROM NOVOSIBIRSK TPS-5 FOR USE AS SECONDARY RESOURCES

Berdnikova Liliya Tkach Kadirovna¹, Ph.D., e-mail: liliya_baikina@mail.ru
Onipchenko Anastasia Pavlovna², Graduate students, e-mail: na.oni@yandex.ru
Gorbunov Fedor Kostantinovich^{1,2}, Ph.D. (Engineering),
e-mail: f1123723@yandex.ru

¹Institute of solid state chemistry and mechanochemistry of SB RAS,
630128, Novosibirsk, st. Kutateladze 18, Russia

²Novosibirsk State Technical University,
20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia

Abstract. In this paper, the study of the physical and chemical characteristics of fly ash from the Novosibirsk TPS-5 from the burning of brown coal in the Kansk-Achinsk coal basin is carried out and the possibilities of its use as a source of secondary resources for obtaining construction materials, as well as for reducing the anthropogenic load on the environment are determined.

Keywords: granulometric composition, fly ash, laser light scattering method, sampling field, X-ray phase analysis.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАНА ИЗ ПЛАСТОВ-СПУТНИКОВ

Осипова Татьяна Владимировна, студентка

Цыганков Дмитрий Анатольевич, к. т. н., доцент

Новосибирский государственный технический университет, Россия, 630073

г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20

Осипова Т. В., e-mail: tatyana-osipova-1999@mail.ru

Цыганков Д. А., e-mail: tsygankov@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Осипова Татьяна Владимировна,

Новосибирский государственный технический университет НЭТИ, Россия,
630073

г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20

Аннотация. Рассмотрен вопрос возможности снижения концентрации метана в исходящей струе воздуха лавы за счёт повышения степени эффективности дегазации выработанного пространства, выражающегося в дополнительном извлечении газа из отработанных подрабатываемых пластов-спутников различной мощности. Внедрённые мероприятия позволили обеспечить постоянную концентрацию метана в воздухе исходящей струи лавы на уровне, не превышающем нормативный и увеличить нагрузку на очистной забой без нанесения ущерба безопасности горных работ.

Ключевые слова: вентиляция, дегазация, лава, метан, концентрация, газодренажная скважина, дегазационный трубопровод.

1. Введение

Высокой интенсивности добычи угля подземным способом невозможно достичь без управления процессом отведения метана средствами вентиляции и дегазации выемочного участка. В настоящее время для снижения количества метана, поступающего в горные выработки, применяется дегазация главных источников его выделения – разрабатываемых, сближенных подрабатываемых и надрабатываемых пластов угля (пластов-спутников), а также газоносных пород и выработанного пространства недр. Несмотря на то, что количество метана, извлекаемого из отработанных пластов-спутников, является относительно невысоким, в отдельных случаях его роль в газовом балансе выемочного участка может быть значительной. Все подземные горные предприятия по добыче угля в результате своей производственно-технологической деятельности загрязняют окружающую среду выбросами метана. В случае оборудования всех шахт Кузнецкого бассейна дегазационными системами темпы извлечения метана в нём достигли бы 35–

40 %. Основной причиной сдерживания применения дегазации на шахтах Кузнецкого бассейна, а также её низкой эффективности является недостаток инвестиций в современное оборудование и контрольно-измерительную аппаратуру [1]. Высокие концентрации метана в атмосфере выемочного участка могут привести к снижению нагрузки на очистной забой в 1,5–3 раза [2].

Целью исследования является поиск путей решения проблемы снижения концентрации метана в исходящей струе воздуха лавы за счёт повышения степени его извлечения из выработанного пространства недр.

2. Методика

Материалом для исследования является пласт угля со средней мощностью 3,2 м, разрабатываемый подземным способом на глубине 400–440 м в условиях центрального Кузбасса. Основными методами исследования являются наблюдение за газовой обстановкой на выемочном участке, проведение эксперимента по предложениям, служащим для её нормализации, а также анализ полученных статистических данных.

3. Результаты и обсуждение

В рассматриваемом случае схема проветривания лавы – комбинированная с отведением метановоздушной смеси по подземным горным выработкам, а также с помощью поверхностной газоотсасывающей установки ВЦГ-9 [3,4].

В существующих условиях концентрация метана в исходящей струе лавы часто превышает нормативное значение в 1 %. Наличие аппаратуры автоматического контроля метана (АКМ), допускающее временное присутствие концентраций метана в исходящей струе лавы на уровне до 1,3 %, не является решением проблемы.

В этой связи необходимо обеспечить понижение концентрации метана в исходящей струе воздуха лавы за счёт повышения степени его извлечения из выработанного пространства недр. Для этого было предложено в течение 2019 г. бурить скважины из откаточного штрека не только на неотработанные надрабатываемые пласты-спутники (фактическое газовыделение составляет 4,29 м³/т), но и на отработанные подрабатываемые пласты-спутники (расчётное газовыделение – 0,38 м³/т), а в течение 2020 г. вести контрольные замеры.

По результатам проделанной работы сравнительные показатели отведения метана средствами вентиляции и дегазации выемочного участка представлены на рисунках 1 и 2.

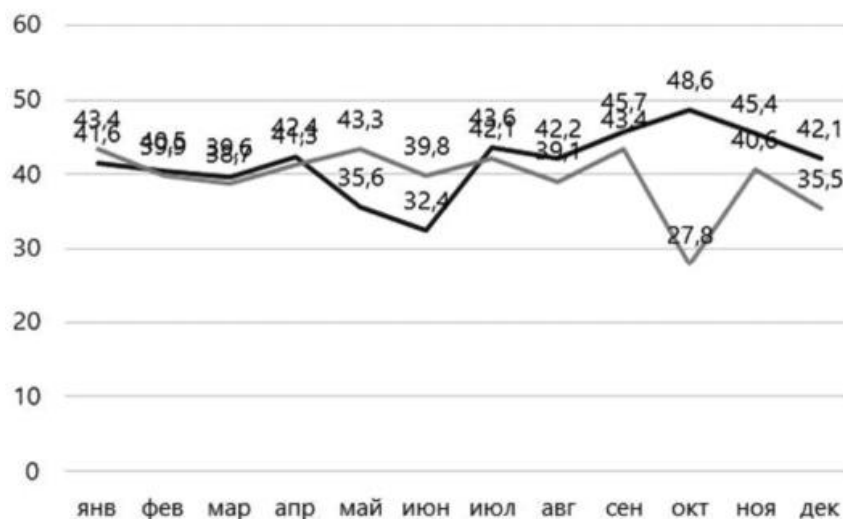


Рис. 1. Сравнительные показатели отведения метана средствами вентиляции в 2018 г. (тёмная кривая линия) и 2020 г. (светлая кривая линия), м³/мин

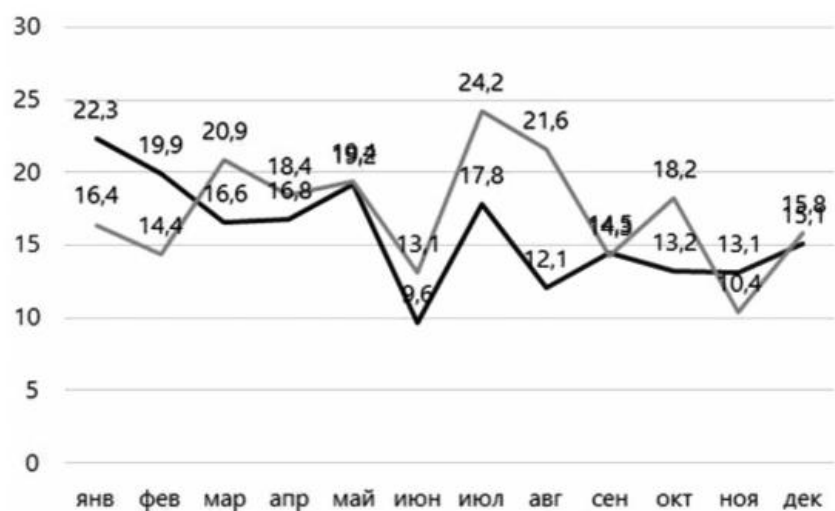


Рис. 2. Сравнительные показатели отведения метана средствами дегазации в 2018 г. (тёмная кривая линия) и 2020 г. (светлая кривая линия), м³/мин

По результатам проделанной работы сравнительные показатели концентрации метана, достигаемые путём эксплуатации существующих средств вентиляции и дегазации выемочного участка, представлены на рисунках 3 и 4.

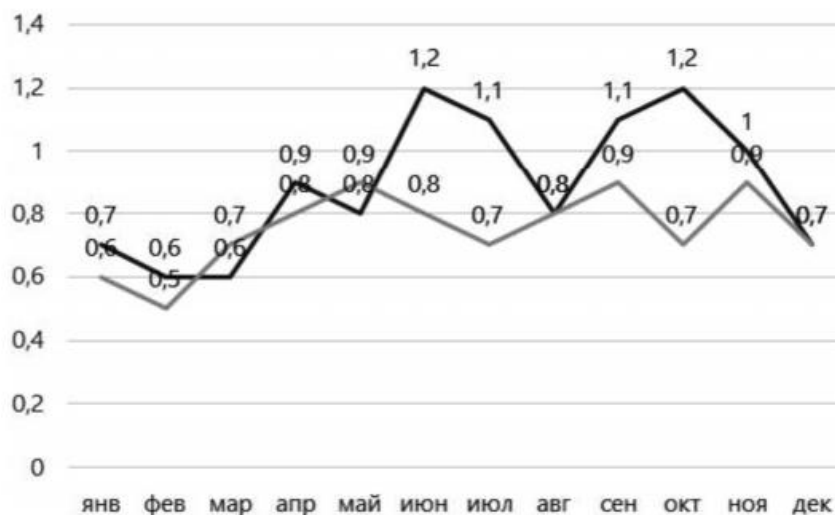


Рис. 3. Концентрации метана в исходящей струе лавы в 2018 г. (тёмная кривая линия) и 2020 г. (светлая кривая линия), %

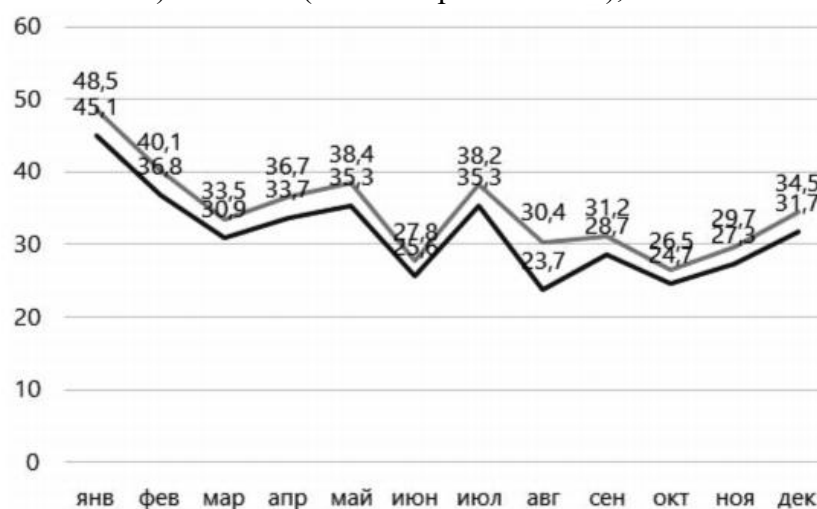


Рис. 4. Концентрации метана в подземном дегазационном трубопроводе в 2018 г. (тёмная кривая линия) и 2020 г. (светлая кривая линия), %

4. Выводы

1. Среднегодовое выделение метана в лаву из выработанного пространства недр (включая подрабатываемые пласты-спутники) сократилось с 1,4 м³/т добываемого угля в 2018 г. до 1,3 м³/т добываемого угля в 2020 г. (на 7,1 %).

2. Доля вентиляции в общем объёме отводимого метана в 2020 г. снизилась на 5 % по сравнению с 2018 г.

3. Доля дегазации в общем объёме отводимого метана в 2020 г. увеличилась на 8,9 % по сравнению с 2018 г.

4. Средняя добыча из лавы получила возможность увеличения на 1,1 % и может составить до 4550 т/сут.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. IEA: Coal Mine Methane in Russia: Capturing the Safety and Environmental Benefits. International Energy Agency, 2016. - 54 p.
2. Шахтный метан в России: Использование с выгодой для безопасности и охраны окружающей среды. ОЕСР/ МЭА, 2010. - 48 с.
3. Голинько В. И., Лебедев Я. Я., Муха О. А. Вентиляция шахт и рудников. Донецк: Национальный горный университет, 2012. - 266 с.
4. Инструкция по дегазации угольных шахт. М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований промышленной безопасности», 2013. - 250 с.

INCREASING THE EFFICIENCY OF METHANE EXTRACTION FROM SATELLITE SEAMS

Osipova Tatyana Vladimirovna, student, e-mail: tatyana-osipova-1999@mail.ru

Tsygankov Dmitriy Anatolievich, Ph.D., associate professor, e-mail:
tsygankov@corp.nstu.ru

Novosibirsk state technical university NETI, 630073, Russia, Novosibirsk
K. Marks pr, 20.

Abstract. The article discusses the issue of the possibility of reducing the concentration of methane in the outgoing stream of lava air by increasing the degree of degassing efficiency of the worked-out space, which is expressed in the additional extraction of gas from the exhausted undermined satellite layers of different thickness. The implemented measures made it possible to ensure a constant concentration of methane in the air of the outgoing lava stream at a level not exceeding the standard and to increase the load on the face without compromising the safety of mining operations.

Keywords: ventilation, degassing, lava, methane, concentration, gas drainage well, degassing pipeline.

РАЗРАБОТКА КАТАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПОЛИОЛЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

*Пичугина Ольга Владимировна¹, Медведева Татьяна Борисовна², Громов
Николай Владимирович^{1,2}, Тимофеева Мария Николаевна^{1,2}*

¹Новосибирский государственный технический университет,
630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

²Институт катализа им.Г.К. Борескова СО РАН,
630090, Россия, г.Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5

Пичугина О.В., e-mail: msolgavi76@gmail.com

м.н.с. Медведева Т.Б., e-mail: tanmedvedeva@catalysis.ru

с.н.с., к.х.н. Громов Н.В., e-mail: gromov@catalysis.ru

в.н.с., д.х.н. Тимофеева М.Н., e-mail: timofeeva@catalysis.ru

Аннотация. В одностадийном процессе гидролиза-гидрогенолиза целлюлозы в этилен- и 1,2-пропиленгликоли исследованы катализаторы на основе высокодисперсных никеля и рутения, закрепленных на носители на основе карбидов вольфрама (Ni/CW) и цезиевых солей ГПК (Ni/CsГПК и Ru/CsГПК), соответственно. Испытания катализаторов проводились в автоклаве высокого давления при 245 °С и давлении водорода 50 атм. Показано, что в присутствии катализаторов на основе карбидов вольфрама преимущественно образуется 1,2-пропиленгликоль, в то время как в присутствии систем на основе CsГПК основным продуктом является этиленгликоль. Установлено, что наиболее перспективными катализаторами представляются системы состава 1%Ni/CW и 3%Ni/CsГПК, в присутствии которых суммарный выход целевых продуктов составил 45% и 41% соответственно.

Ключевые слова: Растительная биомасса; целлюлоза; гидролиз-гидрогенолиз; бифункциональный катализатор; этиленгликоль; 1,2-пропиленгликоль.

Введение

Этилен- и 1,2-пропиленгликоли (ЭГ и ПГ) являются ценными химическими веществами, которые нашли широкое применение в промышленности (производстве полимеров, антифризов, фармацевтике для изготовления лекарственных препаратов [1]). На сегодняшний день потребление гликолей составляет порядка 30 миллионов тон в год и ежегодно увеличивается на ~5 % [2]. В настоящее время ЭГ и ПГ получают из невозобновляемого ископаемого сырья (этилена и пропилена) [3]. В связи с тем, что этилен и пропилен

получают на основе традиционных технологий при переработке ископаемого сырья, перспективным направлением исследований является создание способов получения гликолей из возобновляемой растительной биомассы. Биомасса представляет собой возобновляемый источник сырья, переработка которого позволяет решать экологические проблемы, возникающие при использовании традиционных нефтехимических технологий. Прямое одностадийное, так называемое «one-pot», получение ЭГ и ПГ из целлюлозы без выделения и очистки промежуточных продуктов на сегодняшний день является перспективным общепризнанным направлением исследований [4]. Цель данной работы заключалась в исследовании одностадийного процесса гидролиза-гидрогенолиза целлюлозы в присутствии катализаторов на основе карбидов вольфрама и цезиевых солей ГПК, а также высокодисперсного никеля, закрепленного на карбидные носители и наночастиц рутения, нанесенных на гетерополикислоты.

Экспериментальная часть

В процессе гидролиза-гидрогенолиза исследовались катализаторы на основе карбидов вольфрама (CW) и цезиевых солей ГПК (CsГПК). На поверхность носителей были нанесены наночастицы никеля и рутения. Металлы наносились на поверхность методом пропитки носителя по влагеомкости раствором предшественника – нитрата никеля Ni(NO₃) и нитрозил нитрата рутения Ru(NO)(NO)₃. Испытания катализаторов проводились в автоклаве высокого давления при перемешивании (1000 об/мин), температуре 245 °С, давлении водорода 50 атмосфер в присутствии гидроксида кальция Ca(OH)₂ в качестве со-катализатора. Катализаторы после приготовления исследовались набором физико-химических методов анализа.

Отобранные пробы исследовались методом ВЭЖХ, исследовался баланс общего органического углерода (ООУ) в системе. ВЭЖХ анализ проводился на хроматографе Shimadzu Prominence LC-20, оборудованном рефрактометрическим и диодноматричным детекторами. Определение ООУ проводили на анализаторе углерода серии multi N/C 2100 s (Analytik Jena).

Расчет выходов продуктов одностадийного процесса гидролиза-гидрогенолиза целлюлозы проводили в мольных процентах (%) по формуле:

$$Y = \frac{C_{\text{продукт}} \cdot V}{N_c \left(\frac{m_{\text{целл}}}{M_{\text{Глюкан}}} \right)} \cdot 100 \%$$

где Y - выход продукта, C_{продукт} - концентрация продукта (моль л⁻¹), V - объем реакционной смеси (л), N_c - коэффициент, учитывающий мольное соотношение углерода между продуктом и глюкозой, m_{целл} - масса целлюлозы (г), M_{Глюкан} - молярная масса глюкозы в целлюлозе (162 г·моль⁻¹).

Результаты и обсуждение

Результаты исследований катализаторов физико-химическими методами анализа показали высокую устойчивость гетерополианионов при синтезе,

осаждении и прокаливании носителей при приготовлении CsГПК. Анализ образцов катализаторов методом ИК-спектроскопии показал, что при нанесении рутения на поверхность CsГПК сохраняются структуры гетерополианиона. Согласно данным рентгенофазового анализа (РФА), полученные материалы CW представляют собой смесь W/W_2C с небольшими примесями WC. Фазовый состав материалов сильно зависит от количества добавок, введенных при синтезе катализаторов. Нанесение Ni на образцы карбидов вольфрама не вызывает изменений фазового состояния носителя.

Каталитические системы на основе карбидов вольфрама и цезиевых солей ГПК проявляют заметную каталитическую активность в исследуемом процессе. Установлено, что при использовании в качестве катализаторов карбидов вольфрама и никельсодержащих систем на их основе, выходы ПГ оказались больше, по сравнению с выходами ЭГ. В присутствии наиболее эффективного катализатора состава 1%Ni/CW выходы ЭГ и ПГ составили 17% и 28% соответственно (суммарный выход целевых продуктов 45%).

Катализаторы Ru/CsГПК и Ni/CsГПК также проявляют заметную активность в гидролизе-гидрогенолизе целлюлозы в ЭГ и ПГ. В присутствии катализаторов на основе CsГПК, в отличие от систем на основе CW, преимущественно образуется ЭГ. Катализаторы, содержащие 1%Ru, более активны, чем катализаторы 3%Ru (рисунок 2). 3%Ni/CsГПК оказался более эффективным по сравнению с 1%Ni/CsГПК. В присутствии катализаторов Ru/CsГПК достигнута 100% конверсия полисахаридного субстрата. Наиболее перспективной каталитической системой представляется катализатор 3%Ni/Cs_{3.5}H_{0.5}SiW₁₂O₄₀ (3%Ni/CsГПК), в присутствии которой суммарный выход целевого продукта достиг 41%.

Выводы

В одностадийном процессе гидролиза-гидрогенолиза целлюлозы испытаны бифункциональные катализаторы на основе высокодисперсных никеля и рутения, закрепленных на носители на основе карбидов вольфрама (Ni/CW) и цезиевых солей ГПК (Ni/CsГПК и Ru/CsГПК), соответственно. Установлено, что тип носителя каталитической системы позволяет управлять селективностью процесса. Показано, что в присутствии катализаторов на основе карбидов вольфрама преимущественно образуется 1,2-пропиленгликоль, в то время как в присутствии систем на основе CsГПК основным продуктом является этиленгликоль. Активные частицы на основе никеля демонстрируют большую каталитическую активность по сравнению с системами на основе высокодисперсного рутения. Увеличение загрузки металлов с 1 до 3% увеличивает выходы целевых продуктов в случае катализаторов Ni/CsГПК, в то время как при использовании Ni/CW и Ru/CsГПК выходы ЭГ и ПГ незначительно снижаются. Установлены оптимальные составы катализаторов: 1%Ni/CW, в присутствии которого, выходы этилен- и 1,2-пропиленгликолей, являвшихся основными продуктами

процесса, достигли 17% и 28% соответственно и 3%Ni/CsГПК, в присутствии которого выходы ЭГ и ПГ составили 26 и 15%.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (пр. 20-03-00263). Громов Н.В. выражает благодарность за финансовую поддержку Совету по грантам Президента Российской Федерации (СП-828.2021.1).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Liu H. et al. Hydrolytic hydro-conversion of cellulose to ethylene glycol over bimetallic CNTs-supported NiWB amorphous alloy catalyst //Catalysis Communications. – 2016. – Т. 77. – С. 47-51.
2. J. Pang, M. Zheng, R. Sun, A. Wang, X. Wang, T. Zhang, Synthesis of ethylene glycol and terephthalic acid from biomass for producing PET, Green Chem. 18 (2016) 342-359.
3. H. Yue, Y. Zhao, X. Ma, J. Gong, Ethylene glycol: properties, synthesis, and applications, Chem. Soc. Rev. 41 (2012) 4218-4244.
4. Van de Vyver S., Geboers J., Jacobs P. A. et al., Recent Advances in the Catalytic Conversion of Cellulose // ChemCatChem. – 2011. – Т. 3. – №. 1. – С. 82-94.

DEVELOPMENT OF CATALYTIC METHODS FOR CELLULOSE PROCESSING INTO POLYOLS FOR OVERCOMING ENVIRONMENTAL PROBLEMS AND RATIONAL USE OF NATURAL RESOURCES

Pichugina Olga Vladimirovna¹, Medvedeva Tatiana Borisovna², Gromov Nikolay Vladimirovich^{1,2}, Timofeeva Maria Nikolaevna^{1,2}

1 Novosibirsk State Technical University

630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx av., 20

2 Boreskov Institute of Catalysis

630090, Russia, Novosibirsk, Akademik Lavrentiev av., 5

Pichugina O.V., e-mail: msolgavi76@gmail.com

Junior Researcher, Medvedeva T. B., e-mail: tanmedvedeva@catalysis.ru

Senior Researcher, PhD in Chemistry, Gromov N.V., e-mail: gromov@catalysis.ru

Leading Researcher, D.Sc. in Chemistry, Timofeeva M.N., e-mail:

timofeeva@catalysis.ru

Abstract. In a one-pote process of hydrolysis-hydrogenolysis of cellulose in ethylene and 1,2-propylene glycol, catalysts based on highly dispersed nickel and ruthenium, supported on supports based on tungsten carbides (Ni/CW) and caesium salts of HPC (Ni/CsHPC and Ru/CsHPC), respectively, were investigated.

The catalysts were tested in a high-pressure autoclave at 245 ° C and a hydrogen pressure of 50 atm. It was shown that in the presence of catalysts based on tungsten carbides, 1,2-propylene glycol is predominantly formed, while in the presence of CsHPC systems, ethylene glycol is the main product. It has been found that the most promising catalysts are 1% Ni/CW and 3% Ni/CsHPK, in the presence of which the total yield of the desired products was 45% and 41%, respectively.

Key words: Plant biomass; cellulose; hydrolysis-hydrogenolysis; bifunctional catalyst; ethylene glycol, 1,2-propylene glycol

УДК 504.064.45 + 662.613.1 + 691

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОЛЫ УНОСА УГОЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

Попов Дмитрий Олегович, студент; Немущенко Дмитрий Андреевич, старший преподаватель; Ларичкин Владимир Викторович, профессор
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8(383)346-50-31

Попов Д. О., e-mail: d.popov.2017@stud.nstu.ru

Немущенко Д. А., e-mail: nemuschenko@corp.nstu.ru

Ларичкин В. В., e-mail: larichkin@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Попов Дмитрий Олегович, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8(999)-451-43-61

Аннотация. Одним из наиболее перспективных направлений переработки золошлаковых отходов угольных электростанций является их применение в строительной индустрии. Для оценки возможности вторичного использования отходов и определения областей, в которых применение данного техногенного сырья может быть эффективным, в рамках данной работы были проведены исследования отдельных физико-химических свойств (химический, фазовый, гранулометрический состав, потери при прокаливании и т. д.)

Ключевые слова: золошлаковые отходы, строительные материалы, переработка отходов, утилизация.

С каждым годом в стране возрастает потребление электрической энергии. Это приводит к увеличению мощностей тепловых электростанций, в процессе работы которых образуются золошлаковые отходы (ЗШО), складываемые на золоотвалах. К настоящему моменту их количество

превышает 1,5 млрд. т, что создает значительную экологическую нагрузку на окружающую среду.

Данная проблема является настолько острой, что 18 февраля 2019 г. Комитетом Государственной Думы по энергетике был проведен круглый стол на тему «Законодательное регулирование использования золошлаковых отходов угольных ТЭС» [4].

В зависимости от получения ЗШО подразделяются на следующие виды:

1) зола уноса сухого улавливания – зола, поступающая с электрофильтров и из циклонов на ТЭС в золоборники, направляется специальным пневмотранспортом в силосные склады, либо непосредственно в транспортные средства потребителей;

2) золошлаковая смесь гидроудаления – при очистке золоборников с помощью воды зола и шлак в виде золопульпы удаляется в отвалы.

Для применения данного отхода в строительной индустрии необходимо, чтобы его компонентный состав соответствовал определенным техническим требованиям. С этой целью был проведен ряд лабораторных исследований по определению физико-химических свойств ЗШО.

Объектом исследования служила зола уноса ТЭЦ-3 г. Новосибирска, образующаяся при сжигании бурого угля Канско-Ачинского угольного бассейна.

Определение фракционного состава золы проводили ситовым методом по ГОСТ 4790-2017 «Топливо твердое. Определение и представление показателей фракционного состава». Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 3

Фракционный состав золы

№	Размеры фракций, мм	Остаток на сите, г	Доля фракции, %
1	≥ 1	0,4	0,04
2	0,63...1	1,7	0,17
3	0,315...0,63	10,1	1,01
4	0,2...0,315	28,6	2,86
5	0,1...0,2	56,1	5,61
6	0,04...0,1	769,2	76,92
7	$\leq 0,04$	130,3	13,03

По полученным данным мы можем сделать вывод, что в исследуемой золе в большем количестве преобладает фракция с размерами частиц от 0,04...0,1 мм, доля фракции составляет 76,92 % от количества отобранной пробы.

Микрофотографии золы, полученные со сканирующего электронного микроскопа, представлены на рисунке 1. Видно, что частицы золы представляют шарики и агрегаты компактной формы, размер которых составляет от 1,0 мм до 0,04 мм. Из приведенных данных можно сделать вывод, что эти отходы являются очень тонкодисперсными.

В таблице 2 показаны результаты химического анализа золы рентгенофазовым методом (РФА), приведены основные компоненты. Как мы видим из таблицы, в золе в большей степени преобладают такие компоненты, как оксид кальция (27 %) и кристаллы браунмиллерита (26 %) – минеральные соединения кальция. Также достаточно много соединений меди и железа.

Таблица 4

Химический состав золы

№ п.п.	Соединение	Содержание, вес. %
1	CaO	27
2	SiO ₂	8
3	Fe ₂ O ₃	3
4	CuSO ₄	12
5	MgO	4
6	Fe ₃ O ₄	6
7	Ca ₃ Al ₂ O ₆	7
8	Ca ₂ FeAlO ₅	26
9	Ca ₂ SiO ₄	7

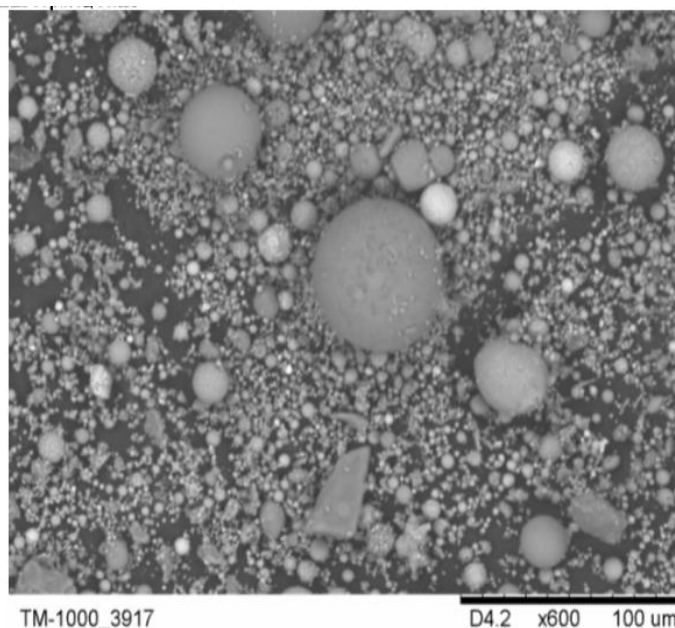


Рис. 4. Микрофотография образца золы уноса

Определение массы при прокаливании проводили согласно ГОСТ 21216-2014 «Сырье глинистое. Методы испытаний». Средние потери при прокаливании золы уноса ТЭЦ-3 составили 1,5 %, что позволяет использовать данное сырье в технологиях связанных с высокотемпературной обработкой.

Наиболее мелкодисперсную фракцию золы уноса, прошедшую через сито с размером ячеек 40 мкм при ситовом анализе, подвергли гранулометрическому анализу на лазерном приборе ANALYSETTE 22 NanoTec plus. Результаты показаны на рис. № 2.

В дальнейшем планируется провести исследования золы дифференциально-термическим методом, определить температуру плавления и интервалы спекания, а также оценить связующую способность. Аналогичные исследования запланированы для золошлаковых отходов Новосибирской ТЭЦ-5.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Худякова Л. И. Использование золошлаковых отходов тепловых электростанций / А. В. Залуцкий, П. Л. Палеев // [Электронный ресурс] : - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-zoloshlakovyh-othodov-terplovyyh-elektrostantsiy> - Загл. с экрана.

2. Фоменко Н. А. Применение окисленных бурых углей для повышения экологической безопасности утилизации золошлаковых отходов: дис. ... канд. техн. наук : спец. 25.00.36 / Фоменко Н. А ; науч. рук. С. А. Эпштейн // [Электронный ресурс] : тез. докл. -Москва. 2019. - Режим доступа: https://misis.ru/files/11947/Diss_Fomenko_.pdf - Загл. с экрана.

3. Адеева Л.Н., Борбат В.Ф. Зола ТЭЦ – перспективное сырье для промышленности // Вестник Омского университета. 2009. № 2. С. 141–151.

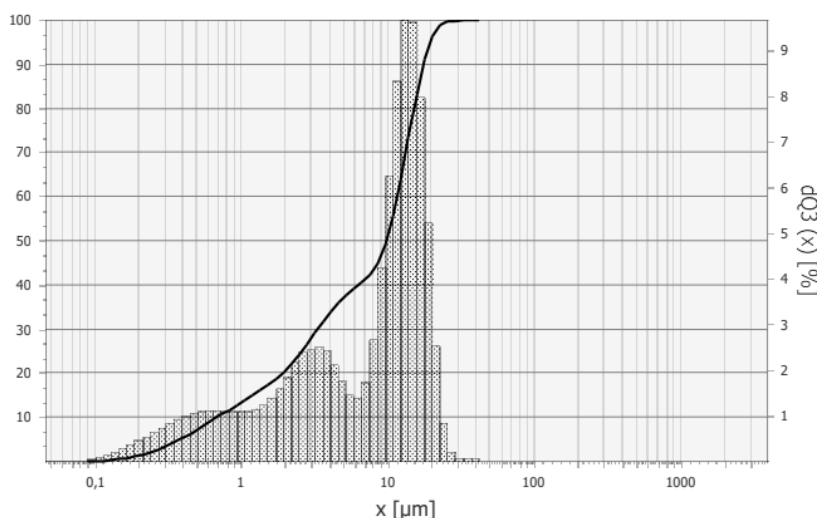


Рис. 5. Гранулометрический анализ фракции менее 40 мкм

4. «Круглый стол» на тему «Законодательное регулирование использования золошлаковых отходов угольных ТЭС» [Электронный ресурс] // Министерство энергетики Российской Федерации. - Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/14014> (дата обращения 14.08.2019).

5. Бирюков В.В., Сиротюк В.В., Шевцов В.Р. Проблемы и перспективы использования золошлаковых отходов // Вестник СибАДИ. 2008. № 7 // [Электронный ресурс] : тез. докл. -Москва. 2019. - Режим доступа: https://misis.ru/files/11947/Diss_Fomenko_.pdf - Загл. с экрана.

6. Таскин А. В. Химико-технологические решения комплексной переработки золошлаковых отходов промышленности: дис. ... канд. хим. наук : спец. 03.02.08 / Таскин А.В; науч. рук. Л. Н. Алексейко // [Электронный ресурс] :<https://www.dissercat.com/content/khimiko-tehnologicheskie-resheniya-kompleksnoi-pererabotki-zoloshlakovykh-otkhodov-promyshl/read> -Загл. с экрана.

USE OF ASH WASTE OF A COAL POWER PLANT AS A POTENTIAL RAW MATERIAL FOR THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Popov Dmitriy Olegovich, student, e-mail: d.popov.2017@stud.nstu.ru

Nemushchenko Dmitriy Andreyevich, senior lecturer of department of engineering problems of ecology, e-mail: nemuschenko@corp.nstu.ru

Larichkin Vladimir Viktorovich, head of department of engineering problems of ecology, e-mail: larichkin@corp.nstu.ru

Novosibirsk state technical university, 630073, Russia, Novosibirsk, pr. K. Marks, 20. tel. +7 (383) 346-50-31

Abstract: One of the most promising areas for the processing of ash and slag waste from coal-fired power plants is their use in the construction industry. To assess the possibility of recycling waste and to determine the areas in which the use of this technogenic raw material can be effective, within the framework of this work, studies were carried out of individual physicochemical properties (chemical, phase, particle size distribution, loss on ignition, etc.)

Key words: ash and slag waste, recycling, construction materials, waste processing.

УДК 541.183.2

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ОТДЕЛОЧНОГО КАМНЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Софронова София Михайловна, студентка; Ларичкина Наталья
Илларионовна*

Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)704-69-11

Софронова С.М., e-mail sonya.sofronova.99@gmail.com

Ларичкина Н.И., e-mail larichkina@corp.nstu.ru

*Адрес для корреспонденции: Софронова София Михайловна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)704-69-11*

Аннотация. При работе предприятий горнодобывающей промышленности, образуется значительное количество отходов, которые можно использовать как сырье для разных отраслей промышленности, в том числе, и в строительной индустрии. В работе на основе отходов, образующихся при добыче известняка, а также отходов других отраслей промышленности (высококальциевая зола уноса, стеклобой) была разработана рецептура по изготовлению отделочного камня. Для улучшения прочностных характеристик использовался цемент (около 20%) и нефть. Плотность образца составила получилась равна 1991 кг/м^3 , что соответствует нормируемым показателям (2100 кг/м^3).

Ключевые слова: Известняк; горнодобывающая промышленность; высококальциевая зола уноса; стеклобой; отходы; отделочный камень; цемент; рецептура; нефть.

Многие поколения людей, не задумываясь, пользовались благами природы. Однако продолжать действовать также в современном мире – просто пагубно для самого человечества. В связи с этим многие стали задумываться о своем вкладе в сохранение окружающей среды, создавая тенденции для развития таких понятий как осознанная жизнь, осознанное потребление. К сожалению, безотходное производство звучит как скорее что-то футуристичное, чем как что-то современное. Поэтому перед человечеством стоит острый вопрос – как использовать образующиеся отходы, чтобы они не причинили еще больший вред окружающей среде? Особенно много отходов образуется в горнодобывающей промышленности [1, 2].

За время функционирования горнопромышленного комплекса накоплено порядка 80-100 млрд. т отходов недропользования, ежегодно этот

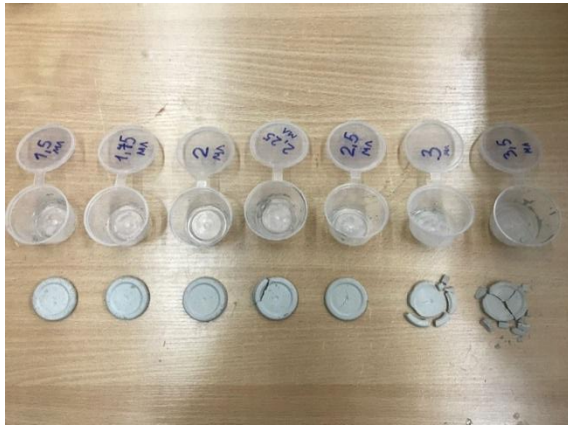
объем увеличивается на 1,5-2 млрд. т. При этом в связи с постоянным общим снижением содержания полезных ископаемых и полезных компонентов в добываемом сырье объем образуемых в результате его первичной переработки отходов неуклонно растет[2]. Стоит сказать, что многие отходы – это вторсырье. Чтобы они не занимали место на полигонах и свалках можно и нужно использовать их для нового производства.

Поэтому целью данной работы было с использованием отходов горнодобывающей промышленности (известняк) и отходов других производств (зола уноса, битое стекло) разработать рецептуру получения облицовочного материала.

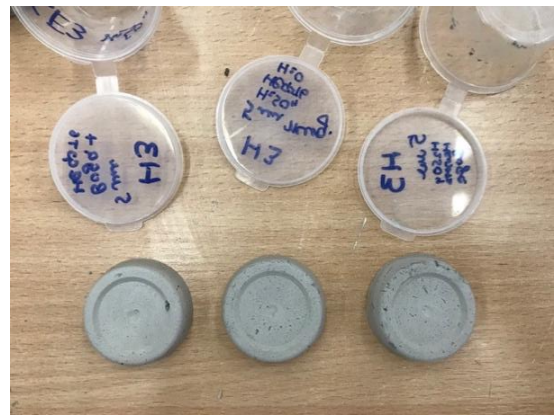
В работе наряду с отходами различных производств (обломки известняка из угольного разреза в Кангаласском районе Республики Саха (Якутия), морозостойкость которого не менее минус 40 °С; высококальциевая зола уноса, образующаяся при сжигании бурых углей; стеклобой, основными химическими элементами которого являются диоксид кремния (SiO_2) и оксиды металлов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O), использовались цемент с содержанием извести около 60% и нефть средней плотности Восточно-Ягунского месторождения.

Методика проведения экспериментальных работ включала следующие этапы: измельчение материалов и отходов, фракционирование, взвешивание, изготовление образцов и их высушивание.

Крупные обломки отходов (стеклобой, известняк) измельчались с помощью щековой дробилки «Пульверизетте 1» и дисковой мельницы «Пульверизетте 13». Измельченный материал фракционировали на ситовом анализаторе с виброприводом. В экспериментах использовали фракцию 0,200 - 0,315 мм, т.к. при измельчении известняка выход её был наибольший. Материалы, используемые при изготовлении образцов отделочного камня, взвешивались на технических весах марки «XP8001S». После чего сухая смесь механически перемешивалась в фарфоровой ступке и формовалась в пластмассовых контейнерах. Вода добавлялась в том же соотношении, что и при изготовлении цельного образца из известняка.



а)



б)

Рис. 6. Образцы отделочного камня из чистого известняка (1 а) и с добавлением промышленных материалов и отходов различных производств

Далее образцы сушились на открытом воздухе в течение 2 - 3 суток при комнатной температуре до полного высыхания. Были изготовлены образцы с разным соотношением компонентов: от чистого известняка (рис. 6 а) до многокомпонентных структур, включающих известняк, золу уноса, стеклобой, цемент, нефть, а также оксид хрома (III) с целью повышения прочных характеристик камня и придания окраски (рис. 1 б).

В итоге в ходе работы было получено восемь серий образцов, различных по своим физическим свойствам и химическому составу (рис. 2).

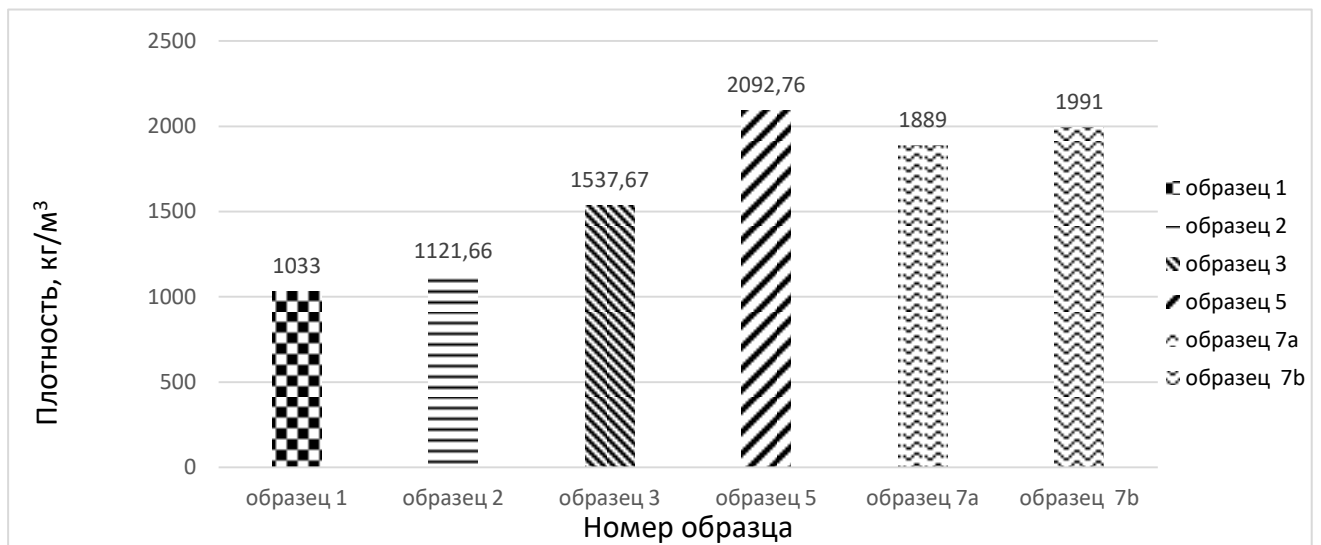


Рис. 2 Изменение плотности образцов отделочного камня в зависимости от их компонентного состава

Образцы, изготавливающиеся главным образом из отходов различных производств, сравнивались с образцами, изготовленными по стандартной рецептуре (образец 5). Основными компонентами, которого являлись цемент и

песок, взятых в соотношении 33:66, с добавлением нефти в количестве 0,5% от их суммарной массы. Плотность данного образца составляет 2092,76 кг/м³, которая не превышает плотности отделочных камней, регламентированных ГОСТом 4001-2013 (не более 2100 кг/м³) [3]. Следует отметить то, что плотность всех экспериментальных образцов, изменяющаяся от 1033 до 1991 кг/м³, также не превышает этого значения этого нормируемого показателя.

Следует отметить, что при разработке рецептуры отделочного камня за основу была взята информация, опубликованная в печати. Проблема состояла в том, что отходы известняка практически не использовались при изготовлении отделочного камня. Поэтому разработка рецептуры проводилась поэтапно, начиная с изготовления образца, состоящего только из измельченного известняка (образец 1). Полученный образец являлся самым легким (1033кг/м³), однако он крошился и характеризовался повышенной маркостью. Для увеличения плотности и снижения маркости при изготовлении образца 2 были добавлены зола и стеклобой в одинаковом процентном соотношении. Плотность незначительно повысилась, но маркость не изменилась. Поэтому, было решено добавить в 2 раза больше золы (образец 3). Наблюдалось увеличение плотности почти в 1,4 раза, маркость снизилась, но не исчезла. Для снижения маркости образцов в рецептуру было предложено ввести небольшое количество нефти (хотя, на наш взгляд, можно и использовать отработанное машинное масло). Отработка дозировки нефти вводимой в состав рецептуры проводилась на образцах 4 и 5, которые были изготовлены по классической рецептуре, т.е. из цемента, песка и воды. Образец 5 не имел запаха нефти и характеризовался низкой маркостью. При изготовлении образцов 7-ой серии была модифицирована рецептура опыта 5. Вместо песка использовалась смесь сухих компонентов, а именно: известняка, стеклобой и золы уноса с добавлением цемента в соотношении смеси сыпучих отходов и цемента, как 79,5:20. Количество нефти, используемой при изготовлении образца 7-й серии, составляло 0,5%. Получившиеся образцы данной серии были без запаха нефти и практически немаркими.

Таким образом, в результате проведенных исследовательских работ была разработана рецептура для изготовления отделочного камня с использованием известняка, золы уноса и битого стекла с добавлением цемента, количество которого в два раза меньше, чем по стандартной рецептуре. Образца получились с плотностью (1889 кг/м³ - 1991 кг/м³), что отвечает требованиям ГОСТ 4001-2013 (ниже 2100 кг/м³).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Международная стандартная отраслевая классификация всех видов экономической деятельности (МСОК): сайт. – URL: https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesM/seriesm_4rev3_1r.pdf (дата обращения: 12.03.2021). – Текст: электронный.

2. Проект федерального закона «О внесении изменений в Закон Российской Федерации "О недрах" и признании утратившими силу отдельных положений законодательных актов Российской Федерации в части уточнения вопросов пользования недрами и использования единой терминологии № 288750-7. – URL: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/288750-7> (дата обращения: 12.03.2021). – Текст: электронный.

3. ГОСТ 4001-2013 Камни стеновые из горных пород. Технические условия: утвержден и введен Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2013 г. N 2386-ст: дата введения 2015-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108470> (дата обращения: 12.03.2021). – Текст: электронный.

DEVELOPMENT OF A RECIPE FOR OBTAINING FINISHING STONE USING WASTE FROM THE MINING INDUSTRY

Sofronova Sofia Mikhailovna¹, student; Larichkina Natalia Illarionovna¹

¹Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073, Russia
Sofronova S. M., e-mail sonya.sofronova.99@gmail.com

Larichkina N. I., e-mail larichkina@corp.nstu.ru

Correspondence address: Sofronova Sofia Mikhailovna, Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073, Russia, tel. (913)704-69-11

Abstract. During the operation of mining enterprises, a significant amount of waste is generated, which, according to experts, can be used as raw materials for various industries, including the construction industry. In the work, on the basis of waste generated during the extraction of limestone, a recipe for the production of finishing stone was developed. The composition includes cement, fly ash, cullet, oil. The density turned out to be equal to 1991 gg / m³, which corresponds to the values of the state standard

Keywords: Limestone; mining; ash; cullet; waste; finishing stone; cement; formulation; oil.

**ВЛИЯНИЕ ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ
ПОЛИУРЕТАНА ДО И ПОСЛЕ МОДИФИКАЦИИ**

*Горбунов Фёдор Константинович^{1,2}, к.т.н.,
Ткач Виктор Юрьевич^{1,2}, магистрант
Фадина Александра Александровна¹, инженер*

¹Институт химии твердого тела и механохимии
Сибирского отделения Российской академии наук, 630128,
г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18

²Новосибирский государственный технический университет,
630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20

Ф. К. Горбунов, e-mail: f.gorbunov@solid.nsc.ru

В.Ю. Ткач, e-mail: vity-tkach@mail.ru

А.А. Фадина, e-mail: a.fadina@solid.nsc.ru

*Адрес для корреспонденции: Горбунов Фёдор Константинович,
Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения
Российской академии наук, Россия, 630128, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе,
18, 8-383-233-2410*1139*

Аннотация. В работе рассмотрено влияние высоких температур на эксплуатационные характеристики полиуретана (предел прочности при разрыве, относительное удлинение, плотность, твердость). Показано, что в результате термообработки (150°С) в течение 100 часов прочность при растяжении у модифицированных образцов литьевого полиуретана на 16,9 % выше, чем у немодифицированных.

Ключевые слова: высокие температуры, полимер, полиуретан, синтез, термодеструкция.

В настоящее время полиуретаны применяются в различных сферах промышленности, для изготовления самых разнообразных уплотнений, эластичных форм, герметиков, деталей и прочих изделий. Но их эксплуатация ограничена температурным диапазоном применения (от –60 до +80 °С). В некоторых областях промышленности температура эксплуатации полимерных материалов значительно выше температуры терпимости полиуретанов,

поэтому исследование влияния термодеструкции на характеристики полиуретана является актуальной задачей.

В качестве полимерной матрицы использовали преполимер СКУ ПФЛ-100 и отвердитель уретановых преполимеров МОСА. В качестве модификатора использовали 0,005 мас. % нанодисперсного диоксида кремния марки Tarkosil, полученного методом испарения электронным пучком.

В ходе выполнения работы исследовали эксплуатационные характеристики образцов исходного и модифицированного литьевого полиуретана в результате термообработки при 150°C в течение до 100 часов. Полученные данные приведены на рисунке 1.

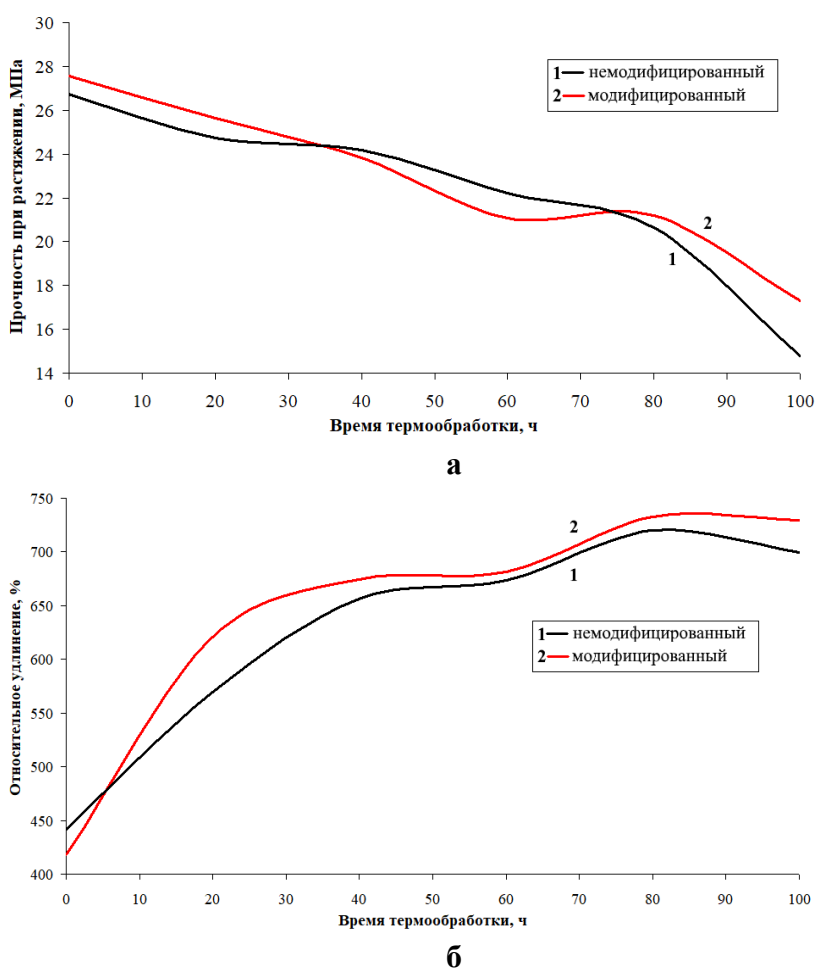


Рис. 1. Эксплуатационные характеристики полимерных материалов при термодеструкции:

а – прочность при растяжении; б – относительное удлинение

Из данных рисунка (рис. 1, а) видно, что в результате термодеструкции при 150°C в течение 100 часов происходит снижение показателей прочности при растяжении немодифицированного полиуретана с 26,7 до 14,8 МПа, а

модифицированного с 27,6 до 17,3 МПа. При этом наблюдается увеличение относительного удлинения образцов немодифицированного полимера с 442 до 720 %, а немодифицированного – с 418 до 732 %. Изменение прочностных характеристик свидетельствует о том, что в результате термодеструкции происходит разрушение межмолекулярных связей в структуре полимерных материалов. А введение модификатора в количестве 0,005 мас. % позволяет получить композиционные материалы прочность при растяжении после термообработки при 150°C в течение 100 часов которых составляет 17,3 МПа, что на 16,9% выше прочности немодифицированного полиуретана, обработанного в тех же условиях. Следовательно, время эксплуатации при высоких температурах модифицированных полимеров будет значительно больше, что позволит сократить количество применяемого полимера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Полиуретан – URL: <https://reahimpribor.ru/blog/poliuretan.html>.
2. Полубояров, В. А. Модификация нанодисперсиями каучукооб-разных полимеров / В. А. Полубояров, Ф. К. Горбунов, Е. В. Волоскова // LAP Lambert Academic Publishing. – 2014. – 131 с.
3. Горбунов, Ф.К. Влияние размеров зерна на прочностные характеристики пенополиуретанов / Ф.К. Горбунов, В.А. Полубояров, Е.В. Волоскова, А.В. Кадимова // Известие ВУЗов. Технология легкой промышленности, 2017. – №1. – С. 109-113.
4. Structure and mechanical properties of casting polyurethane before and after modification by ceramic nanoparticles / F. K. Gorbunov, V. A. Poluboyarov, A. I. Saprykin, L. K. Berdnikova // Materials Today: Proceedings. - 2019. - Vol.12, pt. 1. - P. 66-69. - DOI: 10.1016/j.matpr.2019.03.065.

INFLUENCE OF THERMAL DEGRADATION ON THE CHARACTERISTICS OF POLYURETHANE BEFORE AND AFTER MODIFICATION

Gorbunov Fedor Kostantinovich^{1,2}, Ph.D. (Engineering),

e-mail: f.gorbunov@solid.nsc.ru

Weaver Viktor Yurievich^{1,2}, graduate students,

e-mail: vity-tkach@mail.ru

Fadina Alexandra Alexandrovna¹, engineer

¹Institute of solid state chemistry and mechanochemistry of SB RAS,
630128, Novosibirsk, st. Kutateladze 18, Russia

²Novosibirsk State Technical University,
20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia

Abstract. The paper considers the influence of high temperatures on the performance characteristics of polyurethane (tensile strength, elongation, density, hardness). It is shown that as a result of heat treatment (150°C) for 100 hours, the tensile strength of the modified molded polyurethane samples is 16.9% higher than that of the unmodified ones.

Keywords: high temperatures, polymer, polyurethane, synthesis, thermal degradation.

УДК 544.478.1, 544.473-039.63, 504.75

РАЗРАБОТКА КАТАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ГИДРОЛИЗА- ОКИСЛЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В МУРАВЬИНУЮ КИСЛОТУ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ

Фролова Анна Сергеевна^{1,2}, Лукоянов Иван Андреевич^{1,2}, Медведева Татьяна Борисовна², Громов Николай Владимирович^{1,2}

¹Новосибирский государственный технический университет
630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

²Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН
630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5

Фролова А.С. e-mail: annaifrolova1997@gmail.com

м.н.с. Лукоянов И.А. e-mail: lukoyanov@catalysis.ru

м.н.с. Медведева Т.Б. e-mail: tanmedvedeva@catalysis.ru

с.н.с., к.х.н. Громов Н.В. e-mail: gromov@catalysis.ru

Аннотация. Исследован одностадийный ОхФА-процесс гидролиза-окисления целлюлозы в муравьиную кислоту в присутствии твердых бифункциональных катализаторов на основе органических солей (тетрааминбутилаты, тетрааминэтилаты, цетилтриметиламмониевые соли) Mo-V-P гетерополикислот. Изучено влияние условий реакции и состава катализаторов на выход целевого продукта. На примере катализатора состава $[C_{10}H_{21}MIM]_3HPMo_{11}VO_{40}$ показано, что оптимальными условиями реакции являлись 170 °С, давление воздуха – не ниже 35 атм, соотношение субстрат/катализатор – 1/0.125. Установлено, что эффективность катализаторов может зависеть от: 1) длины и природы органического заместителя, 2) кислотности и количества ванадия в составе катализатора. В присутствии катализатора оптимального состава, $[(C_2H_5)_4N]_{3.5}H_{0.5}PVMo_{11}O_{40}$,

выход МК составил 42 %. Показано, что по величине параметра TOF, твердый катализатор в 25 раз эффективнее по сравнению с растворимым ГПК катализатором.

Ключевые слова: Растительная биомасса; целлюлоза; гидролиз-окисление; бифункциональный катализатор; гетерополикислота; муравьиная кислота.

Введение

Целлюлоза, являясь основным компонентом растительной биомассы, представляется весьма перспективным альтернативным ископаемым ресурсом (нефти, углю, природному газу) сырьем для производства ценных химических соединений и компонентов топлив. Преимущества целлюлозы заключаются в ее возобновляемости и экологической безопасности.

Среди ценных химических продуктов, которые могут быть получены из целлюлозы, можно особо отметить муравьиную кислоту, широко используемую в пищевой, фармацевтической, кожевенной, текстильной отраслях промышленности и сельском хозяйстве. Также перспективным направлением применения МК является использование ее в качестве источника водорода в восстановительных процессах, в том числе при получении биотоплив.

Наиболее перспективным способом получения муравьиной кислоты из целлюлозы представляется одностадийный процесс гидролиза-окисления данного полисахарида в присутствии ванадийсодержащих бифункциональных катализаторов на основе ГПК. Однако, все работы, посвященные применению ГПК в качестве катализатора в процессе гидролиза-окисления целлюлозы в МК, предлагают использовать растворимые катализаторы. Такие катализаторы трудноотделимы от реакционного раствора, поэтому разработка твердых каталитических систем представляется перспективным направлением исследования.

Целью работы стало: исследование одностадийного «one-pot» процесса гидролиза-окисления целлюлозы в муравьиную кислоту в присутствии твердых бифункциональных катализаторов на основе органических солей (тетрааминбутилаты, тетрааминэтилаты и цетилдиметиламмониевых соли, соли имидазолия) Р-Мо-V ГПК.

Экспериментальная часть

Объектом исследования выступили две серии каталитических систем: 1) тетрааминбутилатов, тетрааминэтилатов и цетилдиметиламмониевых соли Мо-V-Р ГПК и 2) соли имидазолия Мо-V-Р ГПК (Таблица 1).

Таблица 1 - Серии образцов твердых ГПК катализаторов

Катализаторы	Состав катализаторов
1 серия	
тетрааминбутилаты, тетрааминэтилаты и цетилтриметиламмониевые соли P(Si)-Mo(W)-V ГПК	$[(C_4H_9)_4N]_{4.5}H_{0.5}SiW_{11}VO_{40}$
	$[(C_4H_9)_4N]_{3.5}H_{0.5}PMo_{11}VO_{40}$
	$[(C_2H_5)_4N]_{3.5}H_{0.5}PVMo_{11}O_{40}$
	$[C_{16}H_{33}N(CH_3)_3]_3HPMo_{11}VO_{40}$
	$[C_{16}H_{33}N(CH_3)_3]_5H_2PMo_8V_4O_{40}$
2 серия	
соли имидазолия Мо-V-P ГПК	$[C_6H_{13}MIM]_3HPMo_{11}VO_{40}$
	$[C_{10}H_{21}MIM]_3HPMo_{11}VO_{40}$
	$[C_{16}H_{33}MIM]_3HPMo_{11}VO_{40}$
	$[C_{16}H_{33}MIM]_2H_2PMo_{11}VO_{40}$
	$[C_{16}H_{33}MIM]_5H_2PMo_8V_4O_{40}$

Для создания эффективного процесса переработки целлюлозы в муравьиную кислоту необходим поиск оптимальных условий превращения. На процесс превращения целлюлозы могут оказывать влияние такие параметры как температура, давление кислорода воздуха, соотношение субстрат:катализатор. Проведен поиск оптимальных условий процесса гидролиза-окисления целлюлозы в присутствии бифункционального катализатора на основе соли ГПК с катионом имидазолия состава $[C_{10}H_{21}MIM]_3HPMo_{11}VO_{40}$.

Реакция гидролиза-окисления целлюлозы в муравьиную кислоту проводилась в автоклаве высокого давления (Autoclave Engeniers, США) в гидротермальной среде в атмосфере кислорода воздуха. Эксперименты проводили при оптимальной температуре 170 °С, давлении воздуха 35 атм. Отбор проб проводили в 0, 0,5, 1, 2, 3, 5 и 7 часов реакции. Скорость перемешивания составляла 600 об./мин.

Для проведения исследований 450 мг катализатора, 450 мг целлюлозы и 45 мл воды Milli-Q помещали в реактор автоклава. Автоклав закрывали, продували 3 раза аргоном, подавали заданное количество кислорода. Включали нагрев. По достижении заданной температуры отбиралась нулевая проба реакционной смеси и начинался отсчет времени реакции. Через определенные промежутки времени из автоклава отбирались пробы реакционной смеси. Пробы центрифугировались, фильтровались, отправлялись для исследований методами ВЭЖХ и баланса ООУ.

Результаты и обсуждение

В подобранных оптимальных условиях проведены испытания разработанных катализаторов в процессе гидролиза-окисления целлюлозы в муравьиную кислоту. Среди четырех исследуемых групп катализаторов активность возрастает в ряду: $[(C_4H_9)_4N]_{3.5}H_{0.5}PMo_{11}VO_{40} < [C_{10}H_{21}MIM]_3HPMo_{11}VO_{40} \sim [C_{16}N(CH_3)_3]_5H_2PMo_8V_4O_{40} <$

$[(C_2H_5)_4N]_{3.5}H_{0.5}PVMo_{11}O_{40}$. Выход муравьиной кислоты достигает 24-42 мол.%. Наибольший выход МК наблюдается в присутствии катализатора $[(C_2H_5)_4N]_{3.5}H_{0.5}PVMo_{11}O_{40}$. Было показано, что твердые катализаторы на примере $[(C_2H_5)_4N]_{3.5}H_{0.5}PVMo_{11}O_{40}$ существенно эффективнее растворимого ГПК $Co_{0,6}H_{3,8}PMo_{10}V_2O_{40}$. Для сравнения эффективности твердого и растворимого катализаторов были рассчитаны ТОФ. При оптимизации условий реакции гидролиза-окисления целлюлозы (170 °С, соотношение субстрат/катализатор – 1/0.125) эффективность разработанной твердой каталитической системы (величина ТОФ) возрастает в 25 раз по сравнению с растворимым катализатором $Co_{0,6}H_{3,8}PMo_{10}V_2O_{40}$.

Выводы

Подобраны оптимальные условия процесса гидролиза-окисления целлюлозы в присутствии образца твердого бифункционального катализатора $[C_{10}H_{21}MIM]_3HPMo_{11}VO_{40}$: температура – 170 °С, концентрация катализатора – 1,25 г/л, давление воздуха – не ниже 35 атм.

В подобранных оптимальных условиях проведено испытание катализаторов в процессе гидролиза-окисления целлюлозы в муравьиную кислоту. Проведен тщательный анализ реакционных смесей рядом методов анализа (ВЭЖХ, анализ общего органического углерода). Выход муравьиной кислоты достигает 24 - 42 мол.% в присутствии органических солей ГПК.

Определён оптимальный состав катализатора ($[(C_2H_5)_4N]_{3.5}H_{0.5}PVMo_{11}O_{40}$), в его присутствии выход МК составил 42%.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (пр. 20-03-00263, 20-43-540018). Громов Н.В. выражает благодарность за финансовую поддержку Совету по грантам Президента Российской Федерации (СП-828.2021.1).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gromov N.V., Medvedeva T.B., Rodikova Y.A., et. al One-Pot Synthesis of Formic Acid via Hydrolysis–Oxidation of Potato Starch in the Presence of Cesium Salts of Heteropoly Acid Catalysts // RSC Advances. 2020. V.10. N48. P.28856-28864.
2. Gromov N.V., Medvedeva T.B., Sorokina K.N., Samoylova Y.V. et. al Direct Conversion of Microalgae Biomass to Formic Acid under an Air Atmosphere with Soluble and Solid Mo-V-P Heteropoly Acid Catalysts // ACS Sustainable Chemistry & Engineering. 2020. V.8. N51. P.18947

DEVELOPMENT OF CATALYTIC METHODS OF HYDROLYSIS- OXIDATION OF CELLULOSE TO FORMIC ACID FOR SOLVING ECOLOGICAL PROBLEMS

*Frolova Anna Sergeevna^{1,2}, Lukoyanov Ivan Andreevich, Medvedeva Tatiana
Borisovna², Gromov Nikolay Vladimirovich^{1,2}*

¹Novosibirsk State Technical University

630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx av., 20

²Boreskov Institute of Catalysis

630090, Russia, Novosibirsk, Akademik Lavrentiev av., 5

Frolova A.S., e-mail: annaifrolova1997@gmail.com

Junior Researcher, Lukoyanov Ivan Andreevich, e-mail: lukoyanov@catalysis.ru

Junior Researcher, Medvedeva T. B., e-mail: tanmedvedeva@catalysis.ru

Senior Researcher, PhD in Chemistry, Gromov N.V., e-mail: gromov@catalysis.ru

Abstract. The one-stage OxFA - process of hydrolysis-oxidation of cellulose to formic acid in the presence of solid bifunctional catalysts based on organic salts (tetraamine butylates, tetraamineethylates, cetyltrimethylammonium salts) Mo-V-P heteropolyacids has been studied. The effect of the reaction conditions and the composition of the catalysts on the yield of the target product has been studied. Using a catalyst with the composition $[\text{C}_{10}\text{H}_{21}\text{MIM}]_3\text{HPMo}_{11}\text{VO}_{40}$ as an example, it was shown that the optimal reaction conditions were 170 ° C, the air pressure was not lower than 35 atm, and the substrate / catalyst ratio was 1 / 0.125. It has been established that the efficiency of catalysts can depend on: 1) the length and nature of the organic substituent, 2) acidity and the amount of vanadium in the catalyst composition. In the presence of a catalyst of optimal composition, $[(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{N}]_{3.5}\text{H}_{0.5}\text{PVMo}_{11}\text{O}_{40}$, the MC yield was 42%. It has been shown that, in terms of the TOF parameter, a solid catalyst is 25 times more effective than a soluble HPA catalyst.

Key words: Plant biomass; cellulose; hydrolysis oxidation; bifunctional catalyst; heteropoly acid; formic acid.

УДК 544.478.1, 544.473-039.63, 504.75

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОЛИЗА-ОКИСЛЕНИЯ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В МУРАВЬИНУЮ КИСЛОТУ В ПРИСУТСТВИИ Mo-V-P ГЕТЕРОПОЛИКИСЛОТНЫХ БИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

*Фунтикова Анна Владимировна¹, Медведева Татьяна Борисовна², Громов
Николай Владимирович^{1,2}*

¹Новосибирский государственный технический университет
630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

²Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН
630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5

Фунтикова А.В., e-mail: annafunt99@mail.ru

Медведева Т.Б., e-mail: tanmedvedeva@catalysis.ru

Громов Н.В., e-mail: gromov@catalysis.ru

Аннотация. В работе продемонстрирована возможность получения муравьиной кислоты из нового для данного процесса субстрата – биомассы микроводорослей *Parachlorella kessleri IC-11* в присутствии Mo-V-P гетерополиокислоты состава $H_5PMo_{10}V_2O_{40}$. В подобранных оптимальных условиях (130 °С, давлении воздуха не менее 3,5 МПа, концентрации катализатора 10 ммоль/л) был достигнут выход МК, равный 49 мас.%. Ресурсные испытания катализатора показали его стабильность как минимум в 4 циклах.

Ключевые слова: Микроводоросли; гидролиз-окисление; бифункциональный катализатор; муравьиная кислота; Mo-V-P гетерополиокислота.

Введение

Уменьшение запасов ископаемых источников углеводородов, а также постоянный рост мирового энергопотребления вызывают необходимость поиска альтернативной сырьевой базы для промышленности и энергетики. В число перспективных видов возобновляемого альтернативного сырья включают микроводоросли. К ценным продуктам, которые могут быть получены из микробиальной биомассы, относится муравьиная кислота (МК). МК представляется перспективным источником водорода или восстановителем, традиционно широко применяется в промышленности (химическая, текстильная, фармацевтическая, кожевенная) и сельском хозяйстве (силосование корма) [1].

Получение МК из микроводорослей может быть осуществлено путем одностадийного «one-pot» гидролиза-окисления в присутствии растворимых

бифункциональных Mo-V-P гетерополикислот (ГПК), которые обладают высокой кислотностью и их относят к катализаторам «зеленой химии». На сегодняшний день в литературе представлена лишь одна работа, посвященная получению МК из микробиальной биомассы. Albert и соавторы исследовали превращение цианобактериальных матов в МК в присутствии $H_5PV_2Mo_{10}O_{40}$ [2]. Выход целевого продукта составил всего 9 %. Для повышения выхода МК авторы использовали со-катализатор и смогли достичь 39 % целевого продукта.

Целью работы явилось исследование одностадийного «one-pot» процесса гидролиза-окисления биомассы микроводорослей в муравьиную кислоту в присутствии бифункциональной растворимой Mo-V-P ГПК состава $H_5PMo_{10}V_2O_{40}$.

Экспериментальная часть

В работе в качестве субстрата использовали микроводоросли штамма *Parachlorella kessleri IC-11*, выделенные из иловых осадков Омских водоочистных сооружений. Состав микроводорослей (белки, липиды, углеводы) был определен по методикам, описанным Сорокиной и соавт. [3]. Водный раствор бифункциональной ГПК состава $H_5PMo_{10}V_2O_{40}$ (ГПК-2) получали из стехиометрических количеств V_2O_5 , MoO_3 , H_2O_2 и H_3PO_4 по методике [1]. Состав раствора ГПК-2 подтверждался методом ЯМР-спектроскопии. Процесс гидролиза-окисления микроводорослей проводили в автоклаве высокого давления (Autoclave Engineers, США) при постоянном перемешивании 1000 об/мин, давлении воздуха 1-5 МПа, 110-140 °С и концентрации ГПК-2 0,35-15 ммоль/л. Из автоклава отбирались пробы реакционной смеси (0, 0,5, 1, 2, 3, 5, 7 ч) для анализ водорастворимых продуктов методами ВЭЖХ (Shimadzu Prominence LC-20) и ЯМР (Bruker AVANCE-40). Газообразные продукты проанализированы на газовом хроматографе (Кристалл 2000М, Хромотэк).

Результаты и обсуждения

Согласно данным анализа биомассы микроводорослей содержание углеводов, белков и липидов составляет 34,3, 36,3 и 13,2 мас.%, соответственно. Согласно данным ВЭЖХ анализа, углеводы представлены глюкозой, галактозой, ксилозой и маннозой с долей 76, 17, 6 и 1 мас.%, соответственно. Для эффективного превращения микроводорослей в МК необходимо подобрать оптимальные условия процесса (температура, давление воздушной смеси и концентрация катализатора). Изучение влияния температуры на процесс гидролиза-окисления микроводорослей проводили при 110-140 °С. Оптимальной температурой представляется 130-140 °С. Основным продуктом являлась МК (выход 49 мас.%), выход которой достигнут за 1-2 ч (рис. А). Также зафиксированы побочные продукты – уксусная, янтарная кислоты и формальдегид. Данные ВЭЖХ анализа хорошо согласуются с результатами ЯМР. Конверсия микроводорослей составила

95%, при селективности образования МК по водорастворимым продуктам 82%. В газовой фазе были обнаружены CO и CO₂, выход которых равен 2 и 32%, соответственно.

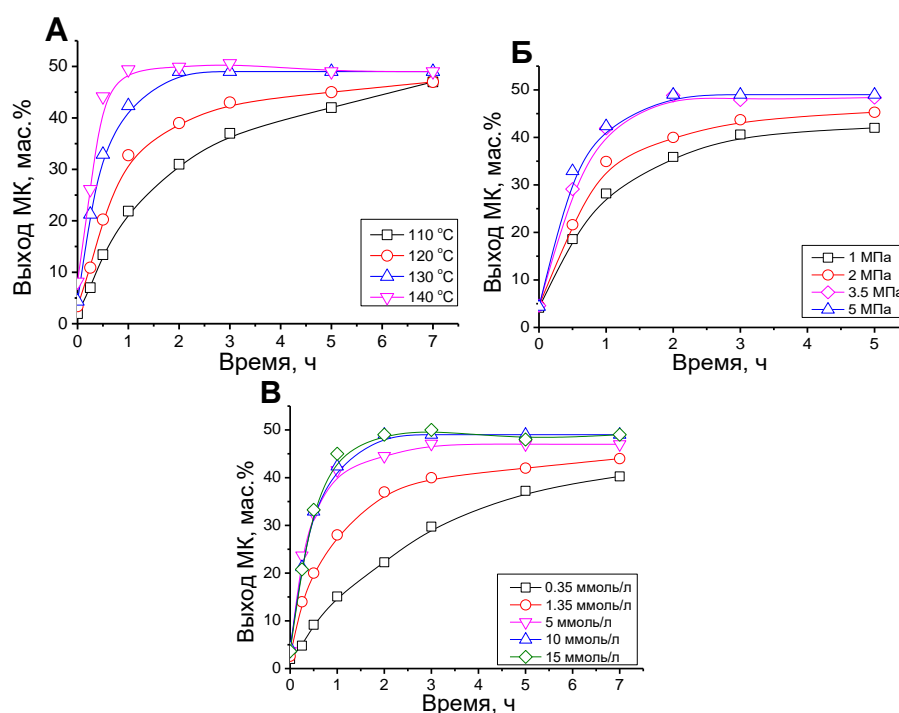


Рис. Влияние температуры (А), давления воздуха (Б) и концентрации растворимого катализатора ГПК-2 (В) на выход муравьиной кислоты в процессе гидролиза-окисления микроводорослей. Условия: навеска микроводорослей – 10 г/л, реакционный объем – 60 мл, давление воздуха – 5 МПа (А, В), концентрация ГПК-2 – 10 ммоль/л (А, Б), температура – 130 °С (Б,В).

Изучение влияния давления воздуха провели при 1-5 МПа (рис. Б). Согласно полученным данным, минимальное давление воздуха в реакторе должно быть не менее 3,5 МПа. При уменьшении давления до 1-2 МПа наблюдается снижение как скорости реакции, так и выхода МК, что, связано с недостаточным количеством кислорода в реакторе, требуемого для регенерации катализатора. Концентрация катализатора ГПК-2 для достижения максимального выхода МК должна быть не меньше 10 ммоль/л (рис. В). В подобранных оптимальных условия были проведены ресурсные испытания катализатора ГПК-2, показавшие его стабильность в 4 циклах процесса.

Выводы

Исследован одностадийный «one-pot» процесс гидролиза-окисления биомассы микроводорослей в МК в присутствии катализатора раствора ГПК-2. Подобраны оптимальные условия процесса: температура 130-140 °С, давление воздушной среды не менее 3,5 МПа, концентрация ГПК-2 не менее 10 ммоль/л. Достигнут выход МК, равный 49 мас.%. Растворимый катализатор ГПК-2 показал стабильность как минимум в 4 циклах. Таким образом,

биомасса микроводорослей может рассматриваться как перспективное альтернативное сырье для получения ценного продукта муравьиной кислоты.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (пр. 17-73-30032). Авторы выражают глубокую признательность к.х.н., с.н.с. ИК СО РАН Сорокиной К.Н. за предоставленную для исследований биомассу микроводорослей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gromov N.V., Taran O.P., Delidovich I.V., Pestunov A.V., Rodikova Y.A., Yatsenko D.A., Zhizhina E.G., Parmon V.N. Hydrolytic Oxidation of Cellulose to Formic Acid in the Presence of Mo-V-P Heteropoly Acid Catalysts // *Catalysis Today*. 2016. V.278. P.74-81.
2. Albert J.; Wölfel R.; Bösmann A., Wasserscheid P. Selective oxidation of complex, water-insoluble biomass to formic acid using additives as reaction accelerators // *Energy & Environmental Science*. 2012. V. 5. P. 7956-7962.
3. Sorokina K.N., Samoylova Y.V., Gromov N.V., Ogorodnikova O.L., Parmon V.N. Production of Biodiesel and Succinic Acid from the Biomass of the Microalga *Micractinium* sp. IC-44 // *Bioresource Technology*. 2020. V.317. 124026:1-9.

HYDROLYSIS-OXIDATION OF MICROALGAE BIOMASS TO FORMIC ACID IN THE PRESENCE OF Mo-V-P HETEROPOLY ACID BIFUNCTIONAL CATALYSTS

Funtikova Anna Vladimirovna¹, Medvedeva Tatiana Borisovna², Gromov Nikolay Vladimirovich^{1,2}

¹Novosibirsk State Technical University
630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx av., 20

²Boreskov Institute of Catalysis
630090, Russia, Novosibirsk, Akademik Lavrentiev av., 5

Funtikova A.V., e-mail: annafunt99@mail.ru

Medvedeva T.B., e-mail: tanmedvedeva@catalysis.ru

Gromov N.V., e-mail: gromov@catalysis.ru

Abstract. This work demonstrated the possibility of using *Parachlorella kessleri* IC-11 microalgae as a substrate to obtain formic acid in the presence of a Mo-V-P heteropoly acid catalyst of the composition $H_5PMo_{10}V_2O_{40}$. Optimal process conditions found were temperature 130 ° C, air pressure 3,5 MPa at least, minimum catalyst concentration 10 mmol/L Under the optimum conditions the yield

of formic acid achieved 49 wt%. Recycling test shown high stability and reproducibility of the catalyst in 4 cycles at least.

Key words: Microalgae biomass; hydrolysis-oxidation; bifunctional catalyst; formic acid; Mo-V-P heteropoly acid.

УДК: 544.478.1, 544.473-039.63, 504.75

ИЗУЧЕНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ГИДРОЛИЗА-ОКИСЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В МУРАВЬИНУЮ КИСЛОТУ

Черенков Илья Александрович¹, Медведева Татьяна Борисовна², Громов Николай Владимирович^{1,2}

¹ Новосибирский Государственный Технический Университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

² Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Россия, 630090, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5.

Черенков И.А., email cherenkov922@gmail.com

М.н.с. Медведева Т.Б., email tanmedvedeva@catalysis.ru

С.н.с., к.х.н. Громов Н.В., e-mail gromov@catalysis.ru

Аннотация. В работе представлен обзор литературных материалов по гидролизу- окислению растительного сырья в муравьиную кислоту в присутствии катализаторов разных типов. Данная тема представляется весьма актуальной, так как муравьиная кислота широко применяется в промышленности и сельском хозяйстве, а также может стать перспективным донором водорода в энергетике. В настоящем обзоре рассмотрено влияние таких параметров как состав катализаторов, тип растительных субстратов и условия проведения процесса на выход и селективность образования муравьиной кислоты. Показана высокая перспективность катализаторов на основе ванадийсодержащих ГПК. Обозначены ключевые направления дальнейших исследований процесса гидролиза-окисления муравьиной кислоты.

Ключевые слова: гидролиз-окисление; муравьиная кислота; гетерогенный катализатор; лигноцеллюлозная биомасса; гетерополикислота.

Введение

Из-за негативного воздействия на окружающую среду технологий на основе ископаемого углеводородного сырья (нефть, газ и др.) возникла необходимость в создании способов переработки растительного сырья, представляющего собой альтернативу ископаемым ресурсам, в ценные химические продукты. Растительная биомасса является экологически чистым, относительно дешевым и легко возобновляемым ресурсом.

Благодаря этим преимуществам она в перспективе может стать практически неисчерпаемой сырьевой базой для получения материалов, биотоплив и химических веществ. Источниками растительного сырья могут служить: отходы деревоперерабатывающей (отходы древесины) и целлюлозно-бумажной (отходы гемицеллюлоз) промышленности, отходы растениеводства и пищевого производства (солома, шелуха семечек, и т.д.), а также быстрорастущие неценные породы древесины (тополь, ива) и культивируемые на бросовых землях энергетические культуры (мискантус).

Одним из наиболее перспективных химических методов комплексной переработки растительной биомассы является процесс гидролиза-окисления, позволяющий получать муравьиную кислоту (МК) – ценное химическое соединение для пищевой, топливной и химической промышленности. В настоящее время предложены способы использования МК в качестве восстановителя или источника водорода при получении биотоплив на основе растительной биомассы.

Целью данной работы являлся систематический анализ литературных данных по одностадийному «one-pot» процессу гидролиза-окисления различных видов растительной биомассы в муравьиную кислоту в присутствии каталитических систем различных типов и выявление перспективных направлений дальнейшего развития фундаментальных исследований в данной области.

Теория

В качестве растительного сырья для получения МК можно использовать: 1) небольшие органические молекулы (моносахариды, сорбитол и др.); 2) полимерные компоненты лигноцеллюлозной биомассы (целлюлоза, гемицеллюлозы, лигнин); 3) растительную биомассу древесного (кора осины, хвойных деревьев) и недревесного типа (мискантус, шелуха овса). Лигноцеллюлозная биомасса состоит из трех основных компонентов: целлюлозы (30-55%), гемицеллюлоз (20-35%) и лигнина (10-25%). Основным субстратом для данного типа реакций являются глюкоза, целлюлоза и крахмал.

В качестве катализаторов гидролиза-окисления предлагалось использовать: ванадийсодержащие ГПК, ванадийсодержащие соли NaVO_3 или VO_2SO_4 в сочетании с минеральными кислотами.

ГПК представляется более перспективными, так как являются бифункциональными катализаторами (т.е. содержат и кислотные и окислительно-восстановительные центры), а также включены в список каталитических систем «зелёной химии».

Превращение коротких органических молекул является относительно несложной задачей. Конверсия этого процесса достигает 100%. Превращение полимеров растительной биомассы значительно более затруднено из-за необходимости сочетать процессы гидролиза и окисления.

В 2011-2012 годах группа ученых под руководством Якоба Альберта впервые показали возможность осуществления этого процесса в присутствии ГПК катализаторов [1]. Авторы получают МК с выходом 15% из целлюлозы. Использовалась ГПК состава ($H_5PV_2Mo_{10}O_{40}$), при температуре 90°C и давлении 30 атм. Низкая эффективность представленных ГПК систем может быть связана с: 1) низкой температурой реакции; 2) влиянием кристаллической структуры целлюлозы. При увеличении температуры процесса и использование методов активации растительного сырья можно существенно повысить эффективность процесса. Громов Н.В. и др. получили МК с выходом 61 % из целлюлозы при температуре 150 °C [2].

В настоящее время выходы МК из растительной биомассы как правило остаются невысокими. Якоб Альберт в результате исследований растительной биомассы получил максимальный выход МК из коры древесины 10% при 6 часовом опыте [3].

Примечательно, что большинство авторов используют растворимые гомогенные катализаторы. Гетерогенные катализаторы позволяют преодолеть недостатки гомогенных каталитических систем. Их каталитическая активность оказывается больше, чем у гомогенных. Так же преимуществом гетерогенных катализаторов является их более легкое отделение от реакционной смеси [4].

Большинство реакций гидролиза-окисления лигноцеллюлозной биомассы происходят с выделением двух продуктов – муравьиной кислоты и углекислого газа. Причем в некоторых исследованиях селективность образования CO_2 довольно высока. Необходим поиск путей блокирования образования побочного продукта и повышения селективности МК. Якоб Альберт предложил способ осуществления окисления глюкозы в водно-спиртовых растворах в присутствии ГПК состава ($H_8PV_5Mo_7O_{40}$) при температуре 110°C и давлении 20 атм. [5]. Суммарный выход муравьиной кислоты и CO_2 при окислении глюкозы составил 99%, а селективность МК достигла 85%. Авторы полагают, что спирт блокирует побочные реакции превращения интермедиатов в двуокись углерода, тем самым значительно увеличивая выход и селективность образования МК.

Выводы

Согласно проведенному исследованию литературы, одностадийный процесс гидролиза-окисления несомненно является перспективным способом получения из растительного сырья биогенной муравьиной кислоты, которая находит все более широкое применение в энергетике. Наиболее перспективными бифункциональными катализаторами для исследуемого процесса являются гетерополикислотные системы. Можно выделить следующие актуальные направления дальнейших

фундаментальных исследований в данной области:

- поиск перспективных источников и видов растительной биомассы, которая может быть использована для получения МК;
- поиск оптимальных условий применения ГПК катализаторов с ориентацией на тип используемого сырья;
- дальнейшее изучение и уточнение механизмов реакций превращения лигноцеллюлозного сырья в муравьиную кислоту;
- решение проблемы низкой селективности процесса и образования значительных количеств диоксида углерода в качестве побочного продукта процесса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Wolfel, R., Taccardi, N., Bosmann, A., et al. Selective catalytic conversion of biobased carbohydrates to formic acid using molecular oxygen. *Green Chemistry*. 2011. Vol. 13(10), P. 2759- 2763.
2. Gromov N.V., Taran O.P., Delidovich, I.V., et al. Hydrolytic Oxidation of Cellulose to Formic Acid in the Presence of Mo-V-P Heteropoly Acid Catalysts *Catalysis Today* 2016. Vol. 278, P.74-81.
3. Reichert J., Brunner B., Jess A., et al. Biomass oxidation to formic acid in aqueous media using polyoxometalate catalysts – boosting FA selectivity by in-situ extraction. *The Royal Society of Chemistry* 2015. *Energy and Environmental Science*, 2015, 8. 2985-2990.
4. Gromov N.V., Medvedeva T.B., Rodikova Y.A. et al. One-pot synthesis of formic acid via hydrolysis– oxidation of potato starch in the presence of cesium salts of heteropoly acid catalysts. *The Royal Society of Chemistry* 2020. *RSC Adv.*, 2020, 10, 28856-28864.
5. Maerten, S., Kumpidet, C., VoB, D., et al. Glucose oxidation to formic acid and methyl formate in perfect selectivity. *The Royal Society of Chemistry* 2020. *Green Chem*, 2020, 22, 4311-4320.

INVESTIGATION OF CATALYTIC METHODS OF PLANT RAW MATERIAL HYDROLYSIS-OXIDATION INTO FORMIC ACID

Ilya A. Cherenkov¹, Tatiana B. Medvedeva², Nikolay V. Gromov^{1,2}

¹Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx av., Novosibirsk, 630073, Russia

²Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, 5 Lavrentiev av., Novosibirsk, 630090, Russia

Cherenkov I.A., email cherenkov922@gmail.com

junior researcher Medvedeva T.B., email tanmedvedeva@catalysis.ru

senior researcher Gromov N.V., e-mail gromov@catalysis.ru

Abstract. This work presents a review of the literature on the hydrolysis-oxidation of plant raw materials to formic acid in various types of catalysts. This topic is very relevant, since formic acid is used in industry and agriculture, and can also become a promising donor of hydrogen in the energy sector. In this review, the influence of such parameters as the composition of the catalysts, the type of plant substrates and the conditions of the process at the outlet and the selectivity of the formation of formic acid are considered. The high prospects of catalysts based on vanadium- containing HPA have been shown. The key directions of further research of the hydrolysis-oxidation process of formic acid are outlined.

Keywords: hydrolysis-oxidation, formic acid, heterogeneous catalysts, lignocellulose biomass, heteropoly acid.

УДК 544.478.1, 544.473-039.63, 504.75

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ ГИДРОЛИЗА-ДЕГИДРАТАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ФУРАНОВЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ

*Черепанова Ксения Сергеевна¹; Медведева Татьяна Борисовна²;
Громов Николай Владимирович^{1,2}*

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

² Институт катализа им. Борескова СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск,
пр. Академика Лаврентьева 5

Черепанова К.С., email [kseniya310300mail.com](mailto:kсениya310300mail.com)

М.н.с. Медведева Т.Б., email tanmedvedeva@catalysis.ru

С.н.с., к.х.н. Громов Н.В., e-mail gromov@catalysis.ru

Аннотация. В работе представлен литературный обзор исследований по гидролизу- дегидратации растительного сырья в фурановые производные (5-ГМФ и фурфурол) в присутствии катализаторов различных типов. Данная тема представляется весьма актуальной, так как фурановые производные широко применяются в промышленности, а также могут стать перспективной основой для получения октанповышающих добавок. В работе рассмотрены факторы, определяющие эффективность предложенных для рассматриваемого процесса гомогенных и гетерогенных каталитических систем. Выделены перспективные типы твердых катализаторов.

Ключевые слова: гидролиз-дегидратация; фурановые производные; гетерогенный катализатор; лигноцеллюлозная биомасса.

Введение

Последние десятилетия тенденция к рациональному использованию сырья является весьма актуальной для фундаментальных исследований. Необходимость уменьшения или даже отказа от использования ископаемых источников энергии, а также их замены на возобновляемые ресурсы связана с значительным негативным влиянием на окружающую среду традиционных нефтегазовых технологий. Перспективным видом альтернативного сырья является лигноцеллюлозная биомасса, источниками которой могут выступать специальные технические культуры (мискантус), отходы сельского хозяйства, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, пищевой отраслей промышленности. Путем переработки растительного сырья можно получить фурановые производные, которые могут стать основой для получения новых видов экологически безопасных октанповышающих добавок.

За последние 30 лет количество публикаций в данной сфере увеличилось в 180 раз (рис.1), что говорит о высокой актуальности данного направления исследований. Соответствие правилу EHS (от англ. Environmental, Health, Safety окружающая среда, здоровье, безопасность), переработка отходов, и экономическая перспективность делают создание способов гидролиза-дегидратации растительной биомассы в фурановые производные актуальной фундаментальной задачей.

КОЛИЧЕСТВО ПУБЛИКАЦИЙ НА ТЕМУ ГИДРОЛИЗА-ДЕГИДРАТАЦИИ БИОМАССЫ

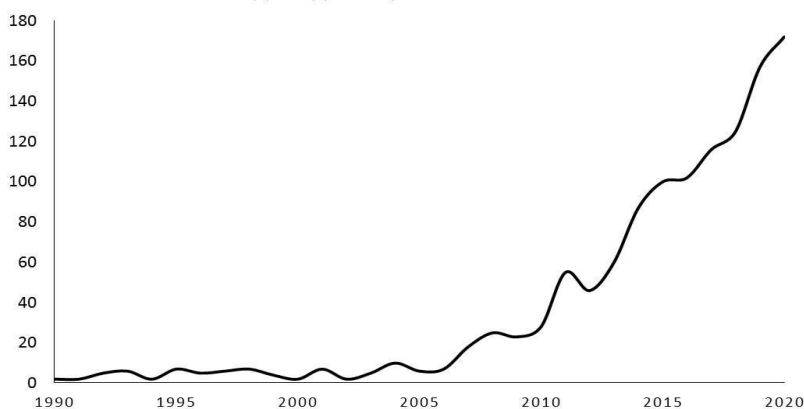


Рис. 1 – Количество публикаций на тему гидролиза-дегидратации биомассы

Теория

Фурановые производные (5-ГМФ и фурфурол) могут быть получены при гидролизе-дегидратации двух из трех основных компонентов лигноцеллюлозы, а именно: целлюлозы и гемицеллюлоз соответственно (рис. 2).



Рис. 2 – Концепция гидролиза-дегидратации лигноцеллюлозной биомассы в фурановые производные (5-ГМФ и фурфурол)

Катализаторы исследуемого процесса получения фурановых производных классифицируются по агрегатному состоянию. Они подразделяются на гомогенные и гетерогенные. Каждый тип катализаторов имеет свои преимущества и недостатки. Первые, как правило, дают наибольший выход продуктов, но их сложнее выделить после реакции. Гетерогенные катализаторы, напротив, выделить проще, путем гидромеханических процессов. Можно выделить несколько типов перспективных твердых катализаторов.

■ Оксиды

К преимуществам оксидов относят высокую стабильность в гидротермальных условиях, высокую кислотность поверхности (оксиды ниобия, циркония). Перспективными представляются каталитические системы на основе как чистых оксидов ниобия, алюминия, титана, циркония, так и их комбинаций. Так в 2011 году исследовательская группа из Китая достигла конверсии фруктозы в 93%, а выход 5-ГМФ составил 89% [1]. В 2020 года бразильские авторы смогли получить фурфурол с выходом до 60,1% [2].

■ Сульфатированные оксиды

Сульфатная пропитка может повышать эффективность оксидных катализаторов. Так, М. Лопез в присутствии сульфатированной каталитической системы на основе оксидов олова и алюминия смогли достичь 19% выхода 5-ГМФ [3]. Данные об эффективности сульфатирования оксидных катализаторов противоречивы. В то время как в ряде работ утверждается, что сульфо-группы смываются с поверхности оксида, есть мнение о неизменности состава катализатора в ходе реакции.

■ Сульфированные углеродные материалы

Значительных результатов при гидролизе целлюлозы в глюкозу достигла команда исследователей под руководством А. Онда. В серии опытов использовался катализатор на основе сульфированного активированного угля, выход глюкозы достиг 40% [4]. Заметных результатов достигла группа авторов под руководством Дж. Панга. Коллективом исследователей разработан высокоактивный гетерогенный кислотный катализатор гидролиза целлюлозы в глюкозу на основе сульфированного

активированного угля. Максимальная конверсия субстрата составила 94,4%, выход глюкозы достиг 74,5% [5]. В настоящее время это наибольший выход глюкозы, полученный из целлюлозы с использованием катализаторов на основе углей. В 2018 году индийские авторы Черчилль А. Антораджо и А. Харидас достигли 60% выхода фурфурола при 100% конверсии ксилозы в присутствии обработанного серной кислотой катализатора на основе лигнина [6].

■ Фосфорсодержащие соединения

Высокими выходами фурановых производных отличаются соединения, в составе которых присутствует фосфор. Конверсия субстрата достигает 100%, а селективность 5-ГМФ и фурфурола 90,5% и 86% соответственно [7].

Выводы

В современном катализе тема переработки биомассы становится все более и более актуальной, количество публикаций увеличивается в экспоненциальном порядке. Передовыми катализаторами для получения фурановых производных из растительного сырья являются оксиды ниобия, алюминия, титана, циркония, также ведутся исследования сульфатных пропиток оксидов, сульфированных углеродных материалов и фосфорсодержащих соединений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. F. Yang, Q. Liu, X. Bai and Y. Du. Conversion of biomass into 5-hydroxymethylfurfural using solid acid catalyst. *Bioresour. Technol.*, 2011, 102, 3424–3429.
2. L.F. Lima. Use of amorphous Nb_2O_5 and Nb_2O_5/Al_2O_3 as acid catalysts for the dehydration of xylose to furfural. *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, 2021, 132, 73–92.
3. M. Lopes, K. Dussan, J.J. Leahy, V.T. da Silva. Conversion of d-glucose to 5-hydroxymethylfurfural using Al_2O_3 -promoted sulphated tin oxide as catalyst. *Catalysis today*, 2017, 279, 233-243.
4. A. Onda. Hydrolysis of Cellulose Selectively into Glucose Over Sulfonated Activated-Carbon Catalyst Under Hydrothermal Conditions. *Top Catal*, 2009, 52, 801—807.
5. J. Pang. Hydrolysis of cellulose into glucose over carbons sulfonated at elevated temperatures. *The Royal Society of Chemistry* 2010. *Chem. Commun.*, 2010, 46, 6935—6937.
6. C. A. Antonyraj, A. Haridas. A lignin-derived sulphated carbon for acid catalyzed transformations of bioderived sugars. *Catalysis Communications*, 2018, 104, 2018, 101–105.
7. F. Yang, Q. Liu, X. Bai, Efficient production of furfural from xylose

and wheat straw by bifunctional chromium phosphate catalyst in biphasic systems. *Bioresour. Technol.*, 2011, 102, 3424–3429.

INVESTIGATION OF THE METHODS OF HYDROLYSIS-DEHYDRATION OF PLANT RAW MATERIALS INTO FURAN DERIVATIVES

*Kseniya S. Cherepanova*¹, *Tatiana B. Medvedeva*², *Nikolay V. Gromov*^{1,2}

¹Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx, Novosibirsk, 630073, Russia

²Boriskov Institute of Catalysis SB RAS, 5 Lavrentiev, Novosibirsk, 630090, Russia

Kseniya S. Cherepanova, email:
kseniya310300@mail.com

Tatiana B. Medvedeva, email:
tanmedvedeva@catalysis.ru

Nikolay V. Gromov, e-mail: gromov@catalysis.ru

Abstract. This work presents a literature review of studies on the hydrolysis-dehydration of plant raw materials into furan derivatives (5-HMF and furfural) in the presence of various types of catalysts. This topic seems to be very relevant, since furan derivatives are widely used in industry and agriculture, and can also become a promising basis for octane-increasing additives. The factors determining the efficiency of the proposed homogeneous and heterogeneous catalytic systems are considered. Promising types of solid catalysts have been identified.

Keywords: hydrolysis-dehydration; furan derivatives; heterogeneous catalysts; lignocellulose biomass; plant raw materials.

УДК 504.064.45 + 666.3 + 662.613.1

ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ФАЗ В КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ

Шабалов Сергей Денисович, студент; Немущенко Дмитрий Андреевич, старший преподаватель; Бедарев Александр Александрович, студент; Гайдадым Ангелина Владимировна, студент

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8(383)346-50-31

Шабалов С.Д., e-mail: 1999_serg@list.ru

Немущенко Д.А., e-mail: nemuschenko@corp.nstu.ru

Бедарев А.А., e-mail: bedarev.aleks19@gmail.com

Гайдадым А.В., e-mail: angelina.gaydadym@mail.ru

Адрес для корреспонденции: *Шабалов Сергей Денисович*, Новосибирский государственный технический университет, Россия, 630073, г. Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20, тел. +7 (913)005-48-19

Аннотация. В данной работе рассматривается способ синтеза определенных минеральных соединений в керамических массах на основе твердых отходов. Приведены результаты поисковых экспериментов – составлены рецептуры керамики, проведены испытания на прочность при сжатии и водопоглощение, образцы подготовлены для рентгенофазового анализа.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, стеклобой, переработка отходов, строительная керамика.

Введение

Помимо хорошо известной проблемы утилизации твердых коммунальных отходов существует не менее масштабная проблема – утилизация золошлаковых отходов (ЗШО), образующихся при сжигании угля на теплоэлектростанциях. В нашей стране количество образующихся ежегодно ЗШО не уступает в объеме бытовому мусору и равняется 30 млн. тонн в год.

При сжигании угля на ТЭС получается зола и шлаки, это минеральная, несгорающая часть. Наиболее мелкие частицы уносятся вместе с дымовыми газами. Это так называемая зола уноса, которую улавливают специальные фильтры, после чего она накапливается в бункерах и впоследствии идет на переработку, поскольку обладает рядом качеств, ценных для строительной отрасли.

Ежегодно перерабатывается лишь порядка 10 % образующихся отходов (та самая зола уноса) – используются для производства строительных

материалов и в некоторых других отраслях промышленности.

При этом область применения ЗШО и получаемых из них продуктов довольно широка: от рекультивации полигонов и восстановления ландшафтов, нарушенных при различных земельных работах и добыче полезных ископаемых, до применения в дорожном строительстве.

В рамках данного исследования ЗШО предлагается применять при производстве керамического строительного кирпича. Строительный кирпич должен, в первую очередь, соответствовать требованиям ГОСТ по прочностным свойствам. Прочностные свойства зависят от кристаллической структуры материала, при этом исследователи в области строительного материаловедения пока не пришли к однозначному мнению о том, какие минеральные (кристаллические) соединения обеспечивают наивысшую прочность при сжатии и изгибе. На данный момент ЗШО массово не применяется при производстве строительного кирпича в качестве основного компонента.

Методика экспериментального исследования

Рецептуры экспериментальных образцов керамики составлялись на основе оксидного состава зол уноса (см. табл. 1) и справочных данных по диаграммам состояния аналогичных составу золы оксидных систем. В составе зол уноса выбирались наиболее характерные оксиды, рецептура составлялась с целью получения определенных минеральных фаз в обожженных образцах керамики. Пример диаграммы состояния приведен на рис. 1.

Таблица 1

Химический состав золы уноса Новосибирской ТЭЦ-3

Содержание минералов, масс. %								
CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaSO ₄	MgO	Fe ₃ O ₄	Ca ₃ Al ₂ O ₆	Ca ₂ FeAlO ₅	Ca ₂ SiO ₄
27	8	3	12	4	6	7	26	7

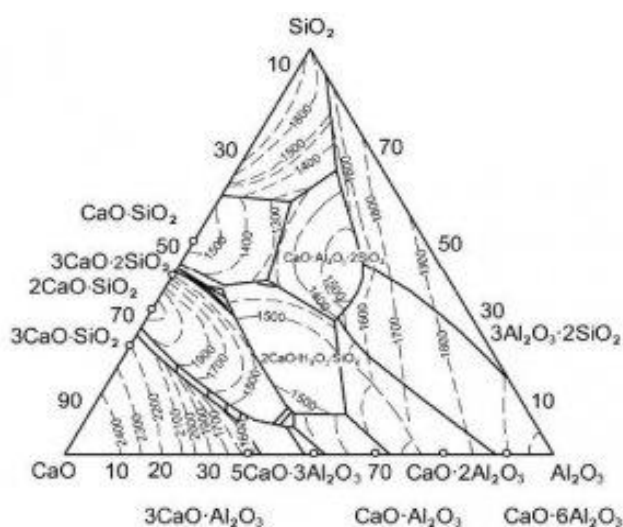


Рис. 1. Диаграмма состояния системы CaO-SiO₂-Al₂O₃

Основными компонентами рецептов являлись зола уноса и стеклобой (компонент твердых коммунальных отходов), с целью максимального вовлечения отходов в производство. В качестве связующего использовались бентонитовые и каолиновые глины.

Формование образцов осуществлялось по технологии полусухого прессования с сушкой на воздухе и обжигом по ранее разработанному ступенчатому режиму. Максимальная температура обжига определялась из диаграмм состояния аналогичных по химическому составу систем.

Были сформованы образцы (см. рис. 2) для получения волластонита (рец. № 1) и муллита (рец. № 2), а также с целью снижения температуры обжига керамики – натрий-силикатные кристаллические структуры (рец. № 3). Соответственно в рецептуру № 2 дополнительно вводился Al_2O_3 , а в рец. № 3 – Na_2CO_3 , в виде хим. реактива.



Рис. 2. Экспериментальные образцы керамики

Результаты исследований

Определение водопоглощения керамических изделий при атмосферном давлении методом кипячения проводилось по ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камни керамические». Рассчитывались средние арифметические значения и среднеквадратичное отклонение, по результатам строились диаграммы, см. рис. 3.

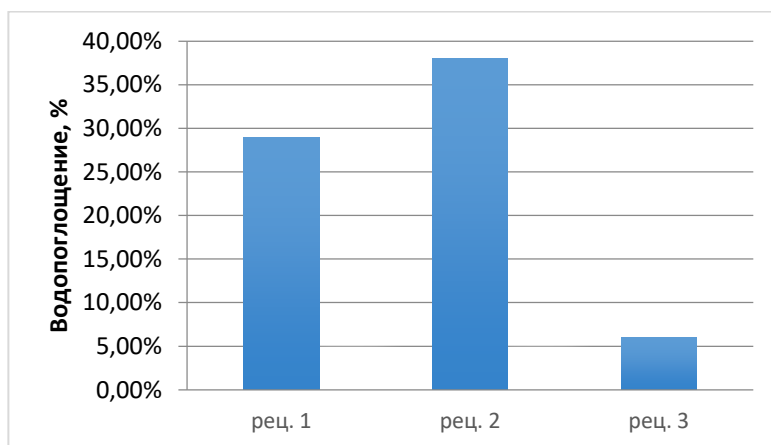


Рис. 3. Средние значения водопоглощения образцов

Испытания на прочность при сжатии также производились по ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камни керамические» (рис. 4). Результаты статистически обрабатывались.

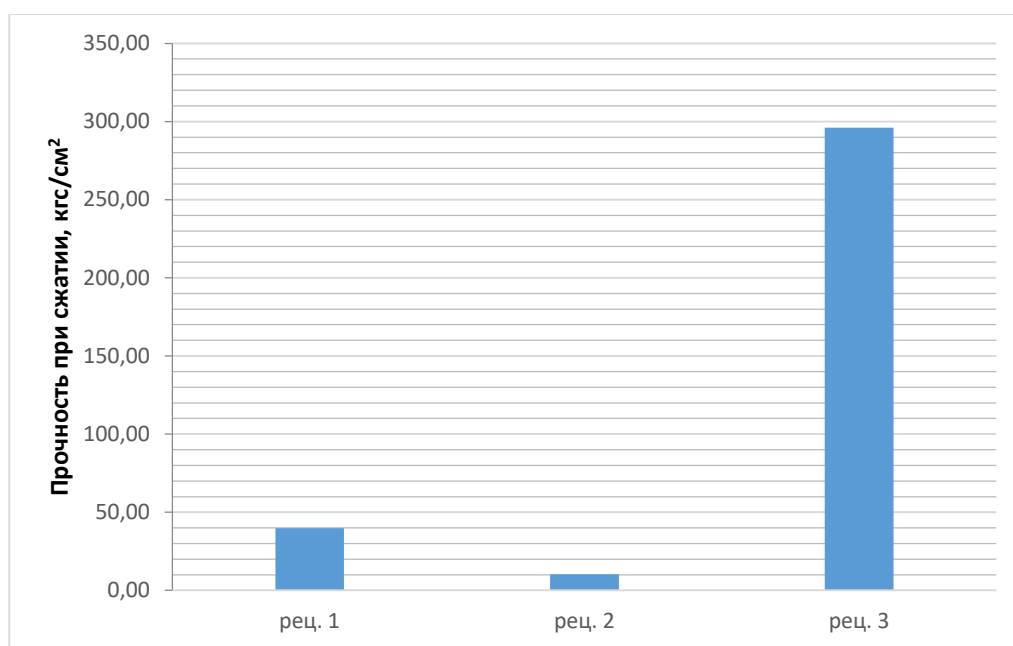


Рис. 4. Средние значения прочности при сжатии

Экспериментальные образцы, полученные по рец. № 3, по водопоглощению и прочности при сжатии соответствуют требованиям ГОСТ для облицовочного строительного кирпича.

В рамках данной работы в дальнейшем планируется провести рентгенофазовые исследования структуры полученных образцов и сделать выводы о возможности формирования определенного минерального состава указанным выше методом, а также выводы о влиянии минерального состава на некоторые свойства керамики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камни керамические» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/1200100260>
2. Выгорающие добавки в глину [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://novceramics.ru/dictionary_28.htm
3. Пластифицирующие добавки в глину [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://novceramics.ru/dictionary_82.htm
4. Зола и шлаки тепловых электростанций [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://cyberpedia.su/15xf0a5.html>
5. Использование золошлаковых отходов ТЭЦ в строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://skatr.ru/dom-svoimi-rukami/ispolzovanie-zoloshlakovykh-otkhodov-tets-v-stroitelstve>

6. Термодинамический метод получения строительных материалов и диаграммы состояния [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://ctcmetar.ru/stroitelnoe-materialovedenie/2103-termodinamicheskij-metod-polucheniya-stroitelnyh-materialov-i-diagrammy-sostoyaniya.html>

7. Обжиг [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://www.ceramistam.ru/blog/Sushka_i_obzhig/

8. Обжиг керамики. Режимы обжигов различных видов керамических изделий. Процессы, происходящие при обжиге. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://portalkeramiki.ru/index.php/experience/statii/171-firing-ceramics>

9. ГОСТ 379-79 «Кирпич и камни силикатные. Технические условия» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/871001065>

STUDY OF MINERAL PHASES IN CERAMIC MATERIALS BASED ON SOLID WASTE

Shabalov Sergey Denisovich, student, e-mail: 1999_serg@list.ru

Nemuschenko Dmitry Andreevich, senior lector of department of engineering problems of ecology, e-mail: nemuschenko@corp.nstu.ru

Bedarev Aleksandr Aleksandrovich, student, e-mail: bedarev.aleks19@gmail.com

Gaydadyng Angelina Vladimirovna, student, e-mail: angelina.gaydadyng@mail.ru

Novosibirsk state technical university, 630073, Russia, Novosibirsk, pr. K. Marks, 20, tel.: +7 (383) 346-50-31

Abstract. This paper discusses a method for the synthesis of certain mineral compounds in ceramic masses based on solid waste. The results of exploratory experiments are presented - formulations of ceramics are compiled, tests for compressive strength and water absorption are carried out, samples are prepared for X-ray phase analysis.

Key words: ash and slag waste, glass waste, recycling, construction ceramics.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНОЛА В
ФОРМАЛЬДЕГИД В ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОМ
МИКРОСТРУКТУРИРОВАННОМ РЕАКТОРЕ ЩЕЛЕВОГО ТИПА:
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

*Шеболтасов Артем Геннадьевич², студент; Верниковская Надежда
Викторовна^{1,2}, к.т.н.; Чумаченко Виктор Анатольевич¹, к.т.н.*

¹Институт катализа СО РАН, пр. Академика Лаврентьева, 5, Новосибирск,
630090, Россия

²Новосибирский государственный технический университет, пр. Карла
Маркса, 20, Новосибирск, 630073, Россия

Шеболтасов А. Г., e-mail artemsheb@mail.ru

Верниковская Н. В., e-mail vernik@catalysis.ru

Чумаченко В. А., e-mail vachum@catalysis.ru

*Адрес для корреспонденции: Шеболтасов Артем Геннадьевич,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913) 455-70-25*

Аннотация. Формальдегид является одним из базовых продуктов химической промышленности. Промышленными методами получения формальдегида являются окислительное дегидрирование метанола на серебряных контактах и окисление метанола на оксидных железомолибденовых катализаторах. Однако высокоэкзотермический характер процесса ограничивает производственные показатели. Перспективной и безопасной альтернативой в этом случае могут стать микроструктурированные (микроканальные) реакторы (МКР), в частности, МКР щелевого типа.

Разработана трехмерная (3D) математическая модель процесса окисления метанола в формальдегид в МКР щелевого типа. В отличие от известных, эта модель подробно описывает процессы тепло- и массопереноса в каналах, а также учитывает местоположение каналов в реакторе, теплопроводность материала пластин и температуру кромки реактора.

Ключевые слова: Окисление метанола, формальдегид, микроканальный реактор щелевого типа, МКР, математическое моделирование.

1. Введение

Промышленное получение формальдегида осуществляется путем окисления метанола на серебряных или на оксидных Fe-Mo катализаторах. Поскольку смеси метанола с кислородом (воздухом) взрывоопасны, то в традиционных трубчатых реакторах процесс получения CH_2O проводят при

концентрации CH_3OH в смеси 6,5–9 % об., что ниже нижнего предела взрываемости, однако при этом производительность катализатора невелика.

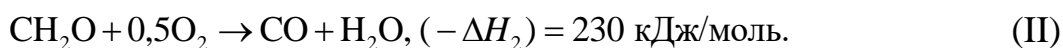
В отличие от трубчатых реакторов, МКР характеризуется высокими скоростями тепло- и массопереноса, обеспечивающими эффективный отвод тепла из зоны реакции, а также отсутствием значительных пустых объемов и эффективным перемешиванием реагентов, что снижает риск возникновения пламени. Поэтому в МКР такой процесс может быть реализован при больших концентрациях метанола, что позволит увеличить производительность катализатора по CH_2O , обеспечив при этом безопасность эксплуатации.

Моделированию процесса окисления метанола в формальдегид в МКР щелевого типа, посвящены работы [1,2]. Однако в этих работах предполагалось, что все каналы находятся в идентичных условиях, а моделирование проводилось для отдельно взятого канала и окружающей его каталитической пластины. В работе [3] при моделировании процесса в МКР в виде латунного диска с цилиндрическими каналами, заполненными измельченным катализатором, установлено, что каналы находятся в разных условиях. Было показано взаимное влияние процессов, происходящих в каналах с катализатором и в металлической части реактора. Интенсивность отвода тепла из зоны реакции, т. е. из области с каналами зависит от скорости теплопереноса в металлической части диска, которая определяется теплопроводностью материала и температурой кромки реактора.

Целью работы является разработка трехмерной математической модели процесса окисления метанола в формальдегид в микроструктурированном реакторе щелевого типа, учитывающей, наряду с процессами в отдельных каналах и окружающих их каталитических пластинах, их местоположение в реакторе, теплопроводность материала пластин и температуру кромки реактора.

2. Кинетическая модель процесса

При окислении метанола в формальдегид на оксидных Fe-Mo катализаторах протекают следующие основные реакции:



Выражения для скоростей реакций имеют вид [3]:

$$W_1 = \frac{K_1 C_{\text{CH}_3\text{OH}}}{1 + a_1 C_{\text{CH}_3\text{OH}} + a_2 C_{\text{H}_2\text{O}} + a_3 \frac{C_{\text{CH}_3\text{OH}}}{C_{\text{O}_2}}}, \quad W_2 = \frac{K_2 C_{\text{CH}_2\text{O}}^{\alpha_1}}{1 + b_1 C_{\text{CH}_3\text{OH}} + b_2 C_{\text{H}_2\text{O}} + b_3 \frac{C_{\text{CH}_2\text{O}}}{C_{\text{O}_2}}}$$

3. Математическая модель и результаты

Для описания каталитического процесса окисления метанола в формальдегид в МКР щелевого типа разработана математическая модель, описывающая процессы в 2-х расчетных областях и на границах (рис. 1). В Области I (реакционная смесь в каналах) учитывается конвективный аксиальный тепломассоперенос, диффузионный массоперенос и перенос тепла теплопроводностью в продольном и поперечном направлениях. В Области II учитывается превращение веществ и тепловыделение в результате протекания реакций, перенос тепла теплопроводностью в продольном и поперечном направлениях. На границе B_1 между Области I и II учитывается тепло- и массообмен. На поверхности реактора (B_2) задается температура, равная температуре хладагента.

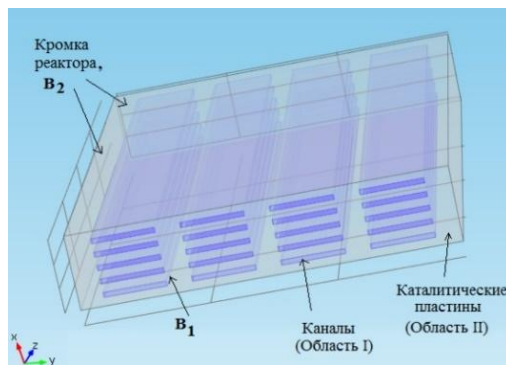


Рис. 1. Расположение расчетных областей и их границ.

Математическая модель имеет вид:

Область I (Газовая фаза каналов)

Баланс массы i -го вещества:

$$\frac{\partial(u_0 y_i)}{\partial z} + \nabla \cdot \left(-\frac{T_0}{T} D^e \nabla y_i \right) = 0, i = 1, 5$$

Баланс энергии:

$$u c_p \frac{\partial T}{\partial z} + \nabla \cdot (-\lambda^e \nabla T) = 0$$

Граничные условия:

$$z = 0: \frac{T_0}{T} D^e \frac{\partial y_i}{\partial z} = u (y_i^{in} - y_i); \lambda_l^e \frac{\partial T}{\partial z} = u c_p (T^{in} - T)$$

$$z = H: \frac{\partial y_i}{\partial z} = 0; \frac{\partial T}{\partial z} = 0$$

$$B_1: \frac{T_0}{T} D^e \nabla y_i = \beta (y_i^c - y_i); \lambda^e \nabla T = \alpha (T_m - T)$$

Область II (Каталитические пластины)

Баланс массы i -го вещества:

$$\frac{T_0}{T} \beta (y_i - y_i^c) + V_{m0} \sum_{j=1}^2 \nu_{ij} W_j = 0, i = 1, 5$$

Баланс энергии:

$$\nabla \cdot (-\lambda^m \nabla T_m) = \sum_{j=1}^2 Q_j W_j$$

Граничные условия:

$$z = 0: \frac{\partial T_m}{\partial z} = 0$$

$$z = H: \frac{\partial T_m}{\partial z} = 0$$

$$B_1: \lambda_m \nabla T_m = \alpha (T - T_m)$$

$$B_2: T_m = T_{edge}$$

u – линейная скорость, D^e – коэффициент диффузии, $y_i (y_i^c)$ – концентрация i -го вещества в газовой (твердой) фазе, α (β) – коэффициент межфазного тепло-(массообмена), c_p – теплоемкость газа, λ – коэффициент теплопроводности.

Выводы

Разработана 3D математическая модель процесса окисления метанола в формальдегид в МКР щелевого типа, учитывающая, наряду с подробным описанием процессов в отдельных каналах и окружающих их каталитических пластинах, местоположение каналов и пластин в реакторе, теплопроводность материала пластин и температуру кромки реактора.

Дальнейшее моделирование по разработанной модели позволит найти режимы, способные повысить по сравнению с традиционными реакторами производительность Fe-Mo катализатора по формальдегиду, не нарушая при этом условие безопасности производства.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект АААА-А21-121011390010-7).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Моделирование процесса окисления метанола в формальдегид в микроканальном реакторе с прямоугольными каналами / Корчемкина П.Г., Верниковская Н. В., Чумаченко В. А. // Наука. Промышленность. Оборона: XIX Научно-техническая конференция для студентов, аспирантов и молодых ученых: сб. науч. тр.: в 4 т., 18–20 апр. 2018 г. – Новосибирск.: Изд-во НГТУ, 2018. – Т. 3. – С. 160–163.

2. Realization of highly exothermal processes in micro-channel reactors: experimental studies and mathematical modeling / Safronovich E.S., Gribovskii A.G., Vernikovskaya N.V., Ovchinnikova E.V., Makarshin L.L., Chumachenko V.A. // CATALYSIS: from Science to Industry., October 23–27, 2016. – Tomsk: «Ivan Fedorov» publishing, 2016. – С. 120.

3. Multichannel microreactors for highly exothermic catalytic process: The influence of thermal conductivity of reactor material and of transport phenomena inside the channels on the process efficiency / Ovchinnikova E.V., Vernikovskaya N.V., Gribovskii A.G., Chumachenko V.A. / Chemical Engineering Journal. – 2021. – Vol. 409. – 13 с.

**MODELLING THE PROCESS OF METHANOL TO FORMALDEHYDE
OXIDATION IN THE ENVIRONMENTALLY SAFE MICROSTRUCTURED
SLIT-TYPE REACTOR:
DEVELOPMENT OF THE MATHEMATICAL MODEL**

*Sheboltsov Artem Gennadievich², student; Vernikovskaya Nadezhda
Viktorovna^{1,2}, Ph. D.; Chumachenko Victor Anatol'yevich¹, Ph. D.*

¹Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, Pr. Akademika Lavrentieva 5, 630090

²Novosibirsk State Technical University, Pr. K. Marksa, 20, 630073

Novosibirsk, Russia

Sheboltsov A. G., e-mail artemsheb@mail.ru

Vernikovskaya N. V., e-mail vernik@catalysis.ru

Chumachenko V. A., e-mail vachum@catalysis.ru

Abstract

Formaldehyde, as a product of alcohol oxidation, is widely used in many areas of industry. It is produced by the oxidation of methanol on silver or Fe-Mo oxide catalysts in tubular reactors. However, the highly exothermic nature of the process limits production performance. A promising and safe alternative in this case can be microchannel reactors, in particular, microstructured slit-type reactors.

A 3D mathematical model of the oxidation of methanol to formaldehyde in a slot-type MCR has been developed. The model differs from those given in the literature by a detailed description of the processes of heat and mass transfer in the channels, also taking into account the location of the channels in the reactor, the thermal conductivity of the plate material and the temperature of the reactor edge.

Keywords: Methanol oxidation, formaldehyde, slot-type microchannel reactor, MCR, mathematical modeling.

АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЭЦ-5

Шнайдер Екатерина Александровна, магистрант; Асеев Георгий Евгеньевич, кандидат технических наук.

Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия

г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (993)014-48-97

Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Шнайдер Е.А., e-mail: shnaider.katya97@gmail.com

Асеев Г.Е., e-mail: agebtnstu@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Шнайдер Екатерина Александровна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (993)014-48-97

Аннотация. В работе дана сравнительная оценка величины выбросов загрязняющих веществ тепловых станций в атмосферу, при использовании различных видов угля: бурого и каменного; предложены мероприятия по контролю и защите окружающей среды от воздействия выбросов тепловых станций, которые могут быть применены при проектировании и модернизации станций.

Ключевые слова: ТЭЦ, выбросы, каменный уголь, бурый уголь, диоксид азота, оксид углерода, диоксид серы.

Согласно данным обзора о состоянии окружающей среды в Новосибирске, в структуре валовых выбросов загрязняющих веществ от различных источников около 5% составляют выбросы от транспортных средств, 57% - это выбросы от промышленных предприятий и около 38% приходится на теплоэлектростанции.

ТЭЦ-5 является самой мощной тепловой станцией в Новосибирске и, соответственно – самым крупным источником выбросов загрязняющих веществ в атмосферу Новосибирска. Из общего объема выброса загрязняющих веществ в атмосферу среди предприятий топливно-энергетического комплекса около 42% приходится на долю ТЭЦ-5.

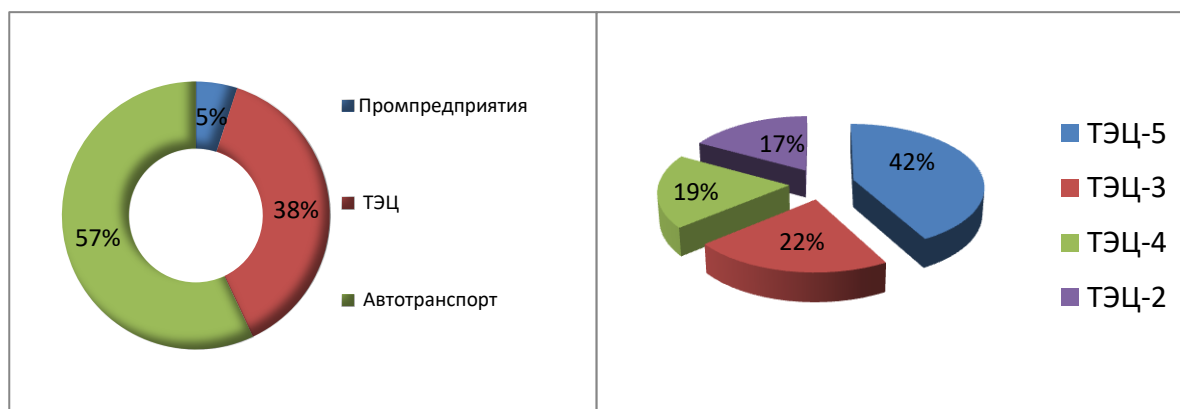


Рисунок 1 – Диаграммы выбросов в атмосферу из различных источников

Основными компонентами взаимодействия ТЭЦ с атмосферой являются продукты сгорания угля в воздушной среде. В процессе сгорания формируются выбросы дымовых газов, содержащие CO_2 - углекислый газ, NO_2 – двуокись азота, SO_2 - сернистый ангидрид, CO - угарный газ, а также золы и шлака, накапливаемых в виде твердых отходов [1].

Для оценки негативного воздействия ТЭЦ на окружающую среду при использовании разных видов угля была проведена расчетная оценка выбросов станции при сжигании бурого и каменного угля. При проведении расчетов принято: продолжительность отопительного периода равна 233 дням (5592 часа), паропроизводительность котлоагрегата 670 т/ч. Теплотехнические характеристики видов угля приведены в таблице 1.

Так как низшая теплота сгорания бурого угля в 1,77 раз меньше, чем у каменного, то, соответственно, бурого угля потребуется больше в 1,77 раз.

Результаты расчета [2] выбросов вредных веществ в атмосферу (на примере ТЭЦ-5) отображены на рисунке 2.

Таблица 1. Теплотехнические характеристики углей:

	Бурый уголь (БР2)	Каменный уголь (ССР)
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	15,54	27,51
Зольность, %	6,7	14,1
Содержание серы на рабочую массу, %	0,2	0,6
Фракция, мм	0-300	0-200
Влажность	29,3	10

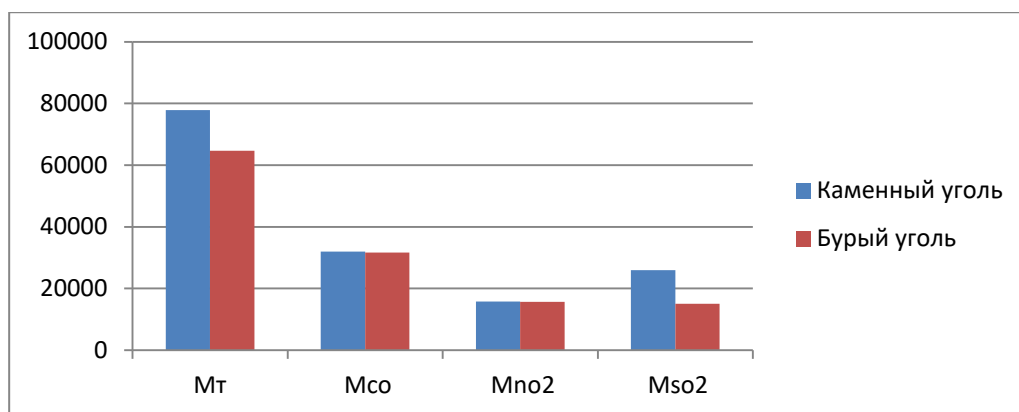


Рисунок 2 – Диаграмма состава выбросов ТЭС-5 в атмосферу при сжигании каменного и бурого углей, т/год

Полученные результаты показывают, что работа ТЭС на буром угле приводит к меньшим выбросам вредных веществ, чем при сжигании каменного угля.

При выборе способов уменьшения загрязнения атмосферы выбросами ТЭС должен быть рассмотрен круг мероприятий различного характера, в том числе:

- внедрение автоматизированных систем контроля за выбросами и за состоянием атмосферного воздуха в районе максимального воздействия дымового факела ТЭС;
- изменение параметров дымовых труб с целью улучшения рассеивания дымовых газов;
- реконструкция оборудования, например, организация рециркуляции дымовых газов, двухступенчатого сжигания, впрыска воды в горелки для уменьшения образования оксидов азота [3].

Вывод

1. При сжигании твердого топлива преобладающая часть ущерба возникает от воздействия выбросов оксида углерода и твердых веществ.

2. При использовании бурого угля в качестве топлива на ТЭС, за год в окружающую среду выбрасывается около 65 тыс. тонн твердых веществ (зола), 15 тыс. тонн оксида серы, 32 тыс. тонн оксида углерода и 16 тыс. тонн диоксида азота.

3. При эксплуатации ТЭС на каменном угле, значения выбросов оксида серы и диоксида азота почти не изменяются, в то время как выбросы оксида углерода увеличатся в 1,7 раз, а выбросы твердых веществ в 1,2 раза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. – М.: Гидрометеиздат, 1986.

2. РД 34.02.305-98 Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1998.

3. СО 153- 34.02.304-2003 Методические указания по расчету выбросов оксидов азота с дымовыми газами котлов тепловых электростанций. – М.: ИПК Издательство МЭИ, 2003.

ANALYSIS OF EMISSIONS TO THE ATMOSPHERE DURING OPERATION OF CHPP-5

**Schnaider Ekaterina Aleksandrovna, master's degree; Aseev Georgy
Evgenievich, candidate of technical sciences.**

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia

Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (993) 014-48-97

Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20

Shnaider E.A., e-mail: shnaider.katya97@gmail.com

Aseev G.E., e-mail: agebtnstu@gmail.com

Correspondence address: Ekaterina Schnaider, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (993) 014-48-97

Abstract. The paper provides a comparative assessment of the amount of emissions of pollutants from thermal power plants into the atmosphere when using various types of coal: brown and hard coal; measures are proposed to control and protect the environment from the impact of emissions from thermal power plants, which can be applied in the design and modernization of power plants.

Key words: TPP, emissions, coal, brown coal, nitrogen dioxide, carbon monoxide, sulfur dioxide.

Содержание

<i>СЕКЦИЯ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ</i>	6
РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ СИЛОВЫХ ПАНЕЛЕЙ ТАРЫ С БУМАЖНЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ ЯЧЕИСТОГО КАРТОНА Дюльдина М.В., Ягрушкина И.Н., Калиновский Д.С.	6
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Малашенко Д. И., Лойченко Е. А.	10
МИКРОСТРУКТУРА ЖАРОПРОЧНОГО НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ЖС6У ПОСЛЕ НАПЛАВКИ ЭЛЕКТРОННЫМ ЛУЧОМ И ОТЖИГА Масс А. В., Фелофьянова А. В., Хабиров Р. Р.	14
АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕЛЕДИАГНОСТИКИ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ Коротких В.В., Белокопытов С.В., Меньшов А.А.	18
УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕНИЯ Зубашевский К. М., Стояновский О.И.	23
<i>СЕКЦИЯ: БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ;</i>	27
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОВТОРНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК Брагина А.А., Парахин А.М.	27
ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Вознюк М.И., Леган М.В.	32
АВАРИЙНОСТЬ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО МАСЛОНАПОЛНЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ Ермолаев Н.Ю., Костенко А.К., Шевченко В.Е., Шмелёва Т.А.	36
О ПРОБЛЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СЕТЕЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ 5G Лаубаев Р.Э., Коробенков А.Д.	40
ИСПЫТАНИЕ ПРИБОРА PSUPER И ФОРМИРОВАНИЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК Малютина О. А., Бажина А. А., Ли Д. В., Асеев Г. Е.	44
СИСТЕМА ФИКСАЦИИ ГОРЕНИЯ ЧАСТИЦ ПЫЛЕВОЗДУШНОЙ СМЕСИ Нечаева И.Н., Нечаев А.С.	48
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РОССИИ И	

КИТАЯ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ Новокрещенов И.В., Леган М.В.....	53
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАНУЛЕНИЯ С УЧЕТОМ РАССТОЯНИЯ ДО ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ Пушенко Д.А., Парахин А.М.	58
ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТОРГОВЫХ ЦЕНТРОВ НА ПРИМЕРЕ ООО «ИКЕА ДОМ» Тимченко В.В., Удальцов Е.А.....	63
ОПЫТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ВНЕАУДИТОРНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ Тихонова О. В., Чирцова К. В.....	67
МЕХАНОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ПЬЕЗОКЕРАМИКИ Pb_2MgWO_6 С ЛЕГИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ Шевченко Н. С., Гусев А.А.....	72
<i>СЕКЦИЯ: ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</i>	77
ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И БИОБЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И БИОСФЕРЫ Аликин Ю.С., Рыбаков Ю.И., Ноздрин Г.А., Ермолаев В.В.....	77
ВЛИЯНИЕ НЕФТИ НА РОСТ РАСТЕНИЙ Амбрасовская Е.П., Ларичкина Н.И.....	83
ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОПТИЧЕСКОГО ПОЛИМЕРА ПОЛУЧЕННОГО ИЗ МОНОМЕРА – 1-(1,4-ДИТИА-8- АЗАСПИРО[4.5]ДЕКАН-8-ИЛ)ПРОП-2-ЕН-1-ОН Байраш А. С., Васильев Е.В.....	89
РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЕЧКОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ ЦИАНИДОВ Бармакова У.Ю., Ларичкина Н.И.	93
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО УЧАСТКА Букарев М. Ю., Мельцер М.Л.....	98
РАЗРАБОТКА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СТЕКЛОБОЯ Горбунов Е.К., Вентлянд Е.П., Горбунов Ф.К., Фади́на А.А.....	103
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭМИССИИ ОКСИДОВ АЗОТА (NO_x) В ПРОЦЕССЕ ДВУХСТАДИЙНОГО СЖИГАНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА Квашнина К.Е., Коротаева Т.А.....	106
ПОЛУЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ	

ОТХОДОВ, МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И СИЛИКАТНОГО ВЯЖУЩЕГО Лапин А.В., Бердникова Л.К., Горбунов Ф.К.	110
ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТЕЙ АЛЮМООКСИДНОГО КАТАЛИЗАТОРА К ПОГЛОЩЕНИЮ ОКСАЛАТА ВАНАДИЛА ПУТЕМ ПОСТЕПЕННОГО ПРОПИТЫВАНИЯ Литвинов С.А., Коваленко О.Н.	115
СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ NiCu-КАТАЛИЗАТОРОВ КОНВЕРСИИ CO ₂ В ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ Малахова А.Ю., Матус Е.В., Сухова О.Б., Керженцев М.А.	120
КАТАЛИТИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ ГУДРОНА В ПРИСУТСТВИИ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ Чичкань А.С., Олексик К.А.	124
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗОЛЫ-УНОСА БУРОУГОЛЬНОЙ С ТЭЦ-5 Г.НОВОСИБИРСКА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ Бердникова Л.К., Олимпченко А.П., Горбунов Ф.К.	128
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАНА ИЗ ПЛАСТОВ-СПУТНИКОВ Осипова Т. В., Цыганков Д. А.	132
РАЗРАБОТКА КАТАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПОЛИОЛЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ Пичугина О.В., Медведева Т.Б., Громов Н.В., Тимофеева М.Н.	137
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОЛЫ УНОСА УГОЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ Попов Д. О., Немущенко Д. А., Ларичкин В. В.	141
РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ОТДЕЛОЧНОГО КАМНЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Софронова С.М., Ларичкина Н.И.	146
ВЛИЯНИЕ ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИУРЕТАНА ДО И ПОСЛЕ МОДИФИКАЦИИ Горбунов Ф.К., Ткач В.Ю., Фаина А.А.	151
РАЗРАБОТКА КАТАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ГИДРОЛИЗА-ОКИСЛЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В МУРАВЬИНУЮ КИСЛОТУ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ Фролова А.С., Лукоянов И.А., Медведева Т.Б., Громов Н.В.	154
ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОЛИЗА-ОКИСЛЕНИЯ БИОМАССЫ	

МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В МУРАВЬИНУЮ КИСЛОТУ В ПРИСУТСТВИИ Mo-V-P ГЕТЕРОПОЛИКИСЛОТНЫХ БИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ	
Фунтикова А.В., Медведева Т.Б., Громов Н.В.	159
ИЗУЧЕНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ГИДРОЛИЗА-ОКИСЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В МУРАВЬИНУЮ КИСЛОТУ	
Черенков И.А., Медведева Т.Б., Громов Н.В.	163
ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ ГИДРОЛИЗА-ДЕГИДРАТАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ФУРАНОВЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ	
Черепанова К.С., Медведева Т.Б., Громов Н.В.	167
ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ФАЗ В КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ	
Шабалов С.Д., Немущенко Д.А., Бедарев А.А., Гайдадым А.В.	172
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНОЛА В ФОРМАЛЬДЕГИД В ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОМ МИКРОСТРУКТУРИРОВАННОМ РЕАКТОРЕ ЩЕЛЕВОГО ТИПА: РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ	
Шеболтасов А. Г., Верниковская Н. В., Чумаченко В. А.	177
АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЭЦ-5	
Шнайдер Е.А., Асеев Г.Е.	182

Алфавитный указатель

А

- Аликин Ю.С.77
Амбрасовская Е.П.83
Асеев Г. Е.44, 182

Б

- Бажина А. А.44
Байраш А. С.89
Бармакова У.Ю.93
Бедарев А.А.172
Белокопытов С.В.18
Бердникова Л.К.110, 128
Брагина А.А.27
Букарев М. Ю.98

В

- Васильев Е. В.89
Вентлянд Е.П.103
Верниковская Н. В.177
Вознюк М.И.32

Г

- Гайдадым А.В.172
Горбунов Е.К.103
Горбунов Ф.К.103, 110, 128, 151
Громов Н.В. 137, 140, 154, 159, 163,
165, 167
Гусев А.А.72

Д

- Дюльдина М.В.6

Е

- Ермолаев В.В.77
Ермолаев Н.Ю.36

З

- Зубашевский К. М.23

К

- Калиновский Д.С.6
Квашнина К.Е.106
Керженцев М.А.120
Коваленко О.Н.115
Коробенков А.Д.40
Коротаева Т.А.106
Коротких В.В.18, 22
Костенко А.К.36

Л

- Лапин А.В.110
Ларичкин В. В.141
Ларичкина Н.И.83, 93, 146
Лаубаев Р.Э.40
Леган М.В.32, 53
Ли Д. В.44
Литвинов С.А.115
Лойченко Е. А.10
Лукоянов И.А.154

М

- Малахова А.Ю.120
Малашенко Д. И.10
Малютина О. А.44
Масс А. В.14
Матус Е.В.120
Медведева Т.Б.137, 154, 159, 163,
167
Мельцер М. Л.98
Меньшов А.А.18

Н

- Немущенко Д. А.141, 172
Нечаев А.С.48
Нечаева И.Н.48
Новокрещенов И.В.53
Ноздрин Г.А.77

О

Олексик К.А.	124
Онипченко А.П.	128
Осипова Т. В.	132

П

Парахин А.М.	27, 58
Пичугина О.В.	137
Попов Д. О.	141
Пушенко Д.А.	58

Р

Рыбаков Ю.И.	77
-------------------	----

С

Софронова С.М.	146
Стояновский О.И.	23
Сухова О.Б.	120

Т

Тимофеева М.Н.	137
Тимченко В.В.	63
Тихонова О. В.	67, 72
Ткач В.Ю.	151

У

Удальцов Е.А.	63
--------------------	----

Ф

Фадина А.А.	103, 151
Фелюфьянова А. В.	14
Фролова А.С.	154
Фунтикова А.В.	159

Х

Хабиров Р. Р	14
---------------------	----

Ц

Цыганков Д. А.	132
---------------------	-----

Ч

Черенков И.А.	163
Черепанова К.С.	167
Чирцова К. В.	67
Чичкань А.С.	124
Чумаченко В. А.	177

Ш

Шабалов С.Д.	172
Шеболтасов А. Г.	177
Шевченко В.Е.	36
Шевченко Н. С.	72
Шмелёва Т.А.	36
Шнайдер Е.А.	182

Я

Ягрушкина И.А.	6
---------------------	---

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Наука Промышленность Оборона

**Труды XXII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
ПОСВЯЩЕННОЙ 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ПЕРВОГО ПОЛЁТА
ЧЕЛОВЕКА В КОСМОС**

г. Новосибирск, 21-23 апреля 2021 г.

Том III

Под редакцией *С.Д. Саленко*

Компьютерная верстка

В.А. Кирюхина

Н.В. Мезенцев

А.А. Нестерова

Е.Ю. Потанина

Подписано в печать 25.06.2021 г. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная
Тираж 20 экз. Уч.-изд.л. 11,16. Печ.л. 12. Заказ № 134

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20
Тел: (383)-346-31-87