

Министерство образования и науки 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 XIX ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

г. Новосибирск, 18-20 апреля 2018 г.

Том III

СЕКЦИИ:

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

Новосибирск
2018

УДК 62+623](063)
ББК 72я431
Н 34

Н 34 Наука Промышленность Оборона: труды XIX Всероссийской научно-технической конференции: в 4 т. / коллектив авторов; под редакцией С.Д. Саленко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018.

ISBN 978-5-7782-3550-2
Том 3: - 260 с.
ISBN 978-5-7782-3553-3

Редакторы тома:

Атапин В. Г., д.т.н., профессор (*технологические процессы в промышленности*)

Коробейников С.М., д.ф-м.н., профессор (*безопасность технологических процессов и производств*)

Ларичкин В.В., д.т.н., профессор (*экология, природопользование, защита окружающей среды*)

Представлены труды XIX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов «Наука Промышленность Оборона – 2018». Материалы представлены по следующим секциям:

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

УДК 62+623](063)

ISBN 978-5-7782-3553-3 (Том 3)
ISBN 978-5-7782-3550-2

© Коллектив авторов, 2018
© Новосибирский государственный
технический университет, 2018

СОСТАВ ОРГКОМИТЕТА

Председатель оргкомитета:

Пустовой Н.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой прочности летательных аппаратов, президент Новосибирского государственного технического университета (НГТУ).

Сопредседатели:

Иванков В.И., председатель межрегиональной ассоциации «Сибирское соглашение», исполнительный комитет;

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

Накоряков В.Е., академик РАН, советник РАН, главный научный сотрудник Института теплофизики СО РАН, руководитель АНО "Институт передовых исследований";

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);

Смирнов С.А., заместитель Генерального директора ОАО "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 (ИТПМ СО РАН) им. С.А. Христиановича Сибирского отделения РАН (ИТПМ СО РАН);

Разгонов В.Л., генерал-майор, начальник Новосибирского высшего военного командного училища (НВВКУ);

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

Члены Оргкомитета:

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

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

Дьяченко Ю.В., д.т.н., профессор кафедры «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»;

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;

Литвинцева Г.П., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой экономической теории и прикладной экономики;

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

Левин В.Е., д.т.н., профессор, заместитель заведующего кафедрой ПЛА НГТУ;

Милевский К.Е., к.т.н., доцент кафедры 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 АГД;

Расторгуев Г.И., д.т.н., профессор, первый проректор НГТУ;

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

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;

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

Редакционная коллегия сборника трудов научно-технической конференции «НПО-2018»

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

Коробейников С.М., д.ф.-м.н., профессор

Курлаев Н.В., д.т.н., профессор

Ларичкин В.В., д.т.н., профессор

Литвинцева Г.П., д.э.н., профессор

Левин В.Е., д.т.н., профессор

Легкий В.Н., д.т.н., профессор

Обуховский А.Д., к.т.н., доцент

Расторгуев Г.И., д.т.н., профессор

Чичиндаев А.В., д.т.н., профессор

СЕКЦИЯ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 67.02

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ФОКУСИРОВКИ ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКЕ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОЙ СМЕСИ

Великанова Алёна Игоревна¹², Голышев Александр Анатольевич²,
Филиппов Артем Александрович², Рынгач Николай Анатольевич¹

¹ Новосибирский государственный технический университет

² Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича
г. Новосибирск, velikanova_ai@mail.ru

Одними из наиболее распространенных методов формирования покрытий и деталей из дисперсно-упрочненные металлических композиционных материалов является лазерная наплавка на базе аддитивных технологий. Процесс лазерной наплавки характеризуется жестким термическим циклом, вследствие чего могут возникать различные напряжения и дефекты в гетерогенном материале, что значительно ограничивает возможности управления свойствами получаемых материалов. Поэтому, важно подобрать оптимальные режимы наплавки порошка [1].

Большинство проводимых исследовательских работ по оптимизации процесса лазерной наплавки обычно рассматривают влияние скорости сканирования и мощности излучения на параметры одиночных треков, опуская влияние режимов фокусировки лазерного пучка. Однако от выбранного фокуса напрямую зависит диаметр падающего пятна, что приводит к изменению процесса лазерной наплавки. В данной работе рассмотрено влияние фокусировки лазерного излучения на геометрию и химический состав одиночного трека.

Laser surfacing is one of the simplest methods of manufacturing coatings and parts from dispersion-strengthened materials). The process of laser surfacing is characterized by a rigid thermal cycle, so that different residual stresses and defects in a heterogeneous composite can occur. This fact greatly limits ability to manage properties of resulting materials. Therefore, it is important to choose the optimal modes of surfacing the powder.

Most studies on optimization of laser surfacing process study the effect of laser beam scanning speed and laser radiation power on parameters of single tracks, but do not consider the effect of focusing. But the chosen focus of laser radiation depends on the incident laser beam diameter, which leads to a change in resulting tracks. In this paper the effect of focusing of laser radiation on the geometry and chemical composition of a single track is considered.

Results of the study are following:

1. Focusing of laser radiation affects height and width of single tracks, area of the melt-pool zone and physic-mechanical properties.

2. The dependence of a single track geometry on chemical composition of the deposited material and the microhardness was considered using the mixing ratio. This ratio directly depends on the geometry of obtained tracks, which simplifies the investigation of dependencies.

As a result: when choosing laser surfacing modes it is important to take into account focusing values, because it has a significant effect on the laser surfacing process. It is necessary to carry out complex studies that will include consideration of external geometric characteristics of tracks and the melt-pool area.

Введение. Свойства получаемых дисперсно-упрочненные металлических композиционных материалов (ДМКМ) с помощью лазерной наплавки (ЛН) определяются большим количеством факторов: параметрами наплавочного процесса, типом армирующих частиц, их процентным содержанием, размером, формой и распределением в материале, а также поверхностной связью между матрицей и частицами [1]. Поэтому для получения высоких физико-механических свойств материала необходимо учитывать большой объем факторов и тщательно контролировать условия его получения.

Одна из задач, поставленных в серии проведенных экспериментов, которые рассматривали принципы формирования наплавочных одиночных треков из ДМКМ, было исследование влияния фокусировки лазерного излучения.

Методика исследования. материал, оборудование. Для исследования влияния фокусировки лазерного излучения была принята следующая стратегия режимов – треки наплавлялись при постоянных скоростях сканирования $V = const = 0,7 \text{ м/мин}$ и мощностях лазерного излучения $W = const = 1\,000 \text{ Вт}$, но при изменяющейся фокусировке лазерного излучения (+9; +6; +3; 0; -3; -6; -9).

На рисунке 1 показана схема лазерной наплавки при фокусировке лазерного излучения в « $f = 0$ », в этом случае диаметр пятна на поверхности порошкового слоя равен диаметру сфокусированного луча $d_f = 0,2 \text{ мм}$. Так же на схеме указаны условные обозначения перетяжки фокуса, при положительной фокусировке лазерное излучение фокусируется над поверхностью заготовки, а при отрицательной в глубине материала. При « $f = -3$ » и « $f = +3$ » фокус перемещается на 3 мм, а диаметр пятна на поверхности составляет 0,53 мм; при « $f = -6$ » и « $f = +6$ » на 6 мм, диаметр – 0,86 мм; при « $f = -9$ » и « $f = +9$ » на 9 мм, диаметр – 1,18 мм;

Сплошной наплавленный слой формируется при успешном наплавлении отдельных треков друг к другу. Однако, если необходимо построить оптимальный слой наплавленного материала (хорошо сплавленный, тонкий, плотный и без трещин) отдельные треки должны удовлетворять определенным геометрическим условиям [2].

Обычно наплавляемый одиночный трек можно разделить на две зоны: зона наплавки - часть трека над поверхностью подложки, и зона проплава - часть трека в подложке. На рисунке 2 изображена схема одиночного трека с зонами.

Для оценки одиночных треков по геометрии было принято решение оценивать их по следующим параметрам: F_n – площадь наплава; F_p – площадь проплава и коэффициента перемешивания D , определяемого по формуле 1 [2]:

$$D = \frac{F_n}{F_n + F_p} \quad 1)$$

Коэффициент перемешивания D определяет долю материала подложки в наплавленном треке, как правило, для получения высокого качества покрытия необходимо, чтобы он был достаточно низким (10 - 30%) [2].

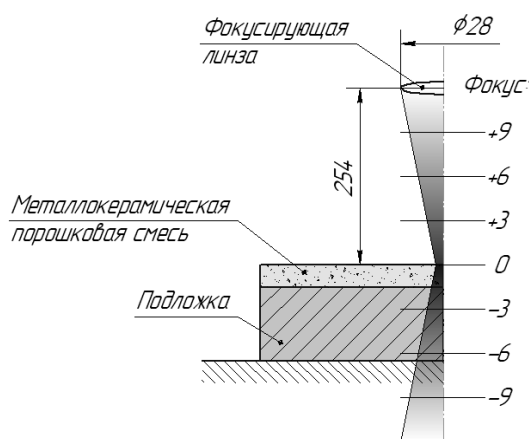


Рис. 1. Схема лазерной наплавки при фокусировке лазерного излучения в « $f = 0$ »

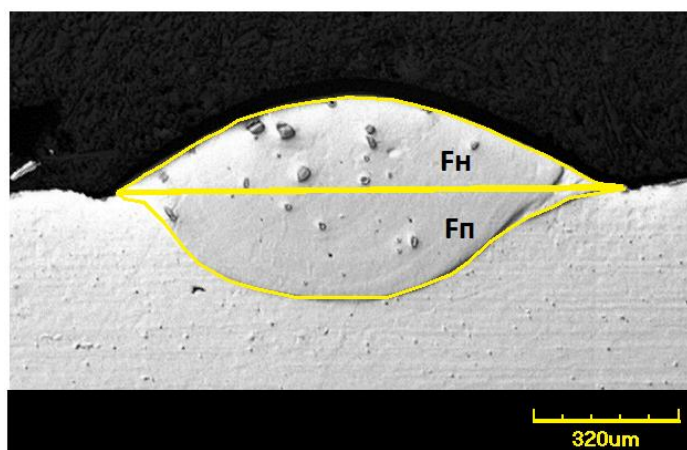


Рис. 2. Сечение одиночного наплавленного трека при $f = +9$ разделенный на зоны:
 F_n – площадь наплава; F_p – площадь проплава

Для проведения экспериментальной лазерной наплавки в качестве основы использовалась подложка в виде пластины из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т толщиной 5 мм с габаритными размерами 50 × 50 мм. В качестве наплавляемого материала использовалась порошковая смесь «Т-Термо-640» фирмы «Техникорд», состоящая из двух видов порошков: 40% карбида вольфрама (WC) и 60% металлопорошка системы Ni-Cr-B-Si. Частицы порошковой смеси изображены на рисунке 3, по нему видно, что частицы WC осколочного типа, частицы Ni-Cr-B-Si имеют сферическую форму, со средним диаметром 40 мкм. Порошковый слой наносился на стальную подложку по одной технологии и его толщина составляла 1,5 мм.

Для проведения экспериментальной наплавки была использованная лазерная установка АЛТК «СИБИРЬ 4» представляющая собой технологический комплекс на основе газоразрядного CO₂-лазера с самофильтрующим (СФР) резонатором. Технологический CO₂-лазер обладает следующими характеристиками генерируемого излучения: длина волны излучения 10,6 мкм; мощность излучения до 8 кВт; качество пучка ВРР 4,7 мм × мрад; диаметр пучка на фокусирующей линзе 28 мм и фокусным расстоянием 254 мм. Данный комплекс был разработан в Институте теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН [4].

Снятие геометрических данных одиночных был проведено на микроскопе Olympus LEXT OLS3000, химический анализ материала, для оценки состава наплавленного материала использовался энергодисперсионный рентгеновский спектрометр Oxford Instruments X-Max 80 mm², микротвердость измерялась микротвердомером Wilson Hardness Tukon 1102.

На рисунке 4 представлен наплавленный одиночный трек при фокусировке лазерного излучения в « $f = +9$ ». На нем, в центре трека, выделена область, в которой изучался химический состав и семь точек снятия твердости, которые не попадают на нерасплавленные частички керамики.

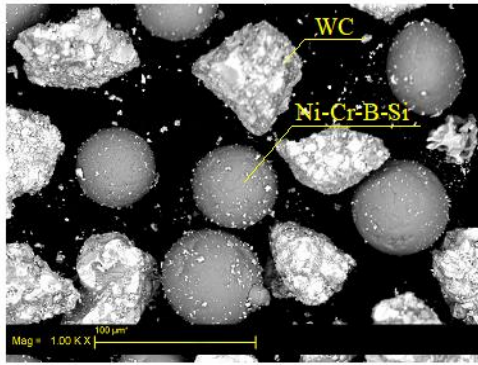


Рис. 3. Частицы металлокерамической порошковой смеси: 40% WC и 60% Ni-Cr-Si-B

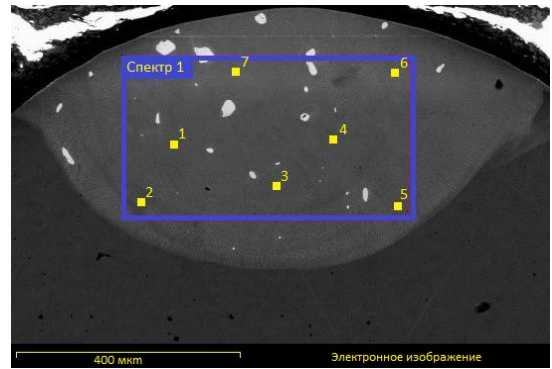


Рис. 4. Сечение одиночного наплавленного трека при $f = +9$, с областью определения химического состава и точек микротвердости

По результатам полученных данных были построены графики, показывающие зависимости геометрии, химического состава и микротвердости от фокусировки и коэффициента перемешивания.

Результаты и обсуждение. По построенному графику (см. рисунок 5) видно, что максимальное значение наплава F_H трека наблюдается при заглублении фокусировки в материал на 3 мм, так же при этом наблюдается обширная зона проплава F_{II} . Как обсуждалось ранее, для успешной и качественной наплавки зона проплава должна составлять малую часть (10-30%) от общей площади сечения трека. Для контроля этого условия был введен специальный коэффициент перемешивания D .

Переходный график от фокуса к коэффициенту D показан ниже (см. рисунок 6). На графике видно, что максимальное значение коэффициента достигается при значении фокусировки $f = -3$, при данном режиме наплавке ($V = 0,7 \text{ м/мин}$, $W = 1000 \text{ Вт}$ и $f = -3$) зона проплава составляет 70-75% площади наплавленного одиночного трека.

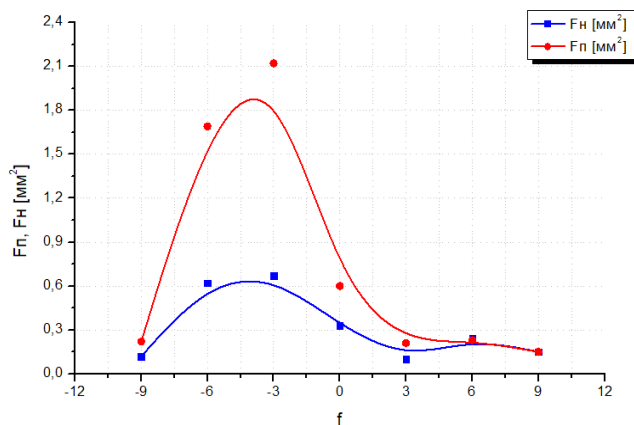


Рис. 5. Зависимость площади наплавленной части F_H и площади проплавленной части F_{II} трека от фокуса f

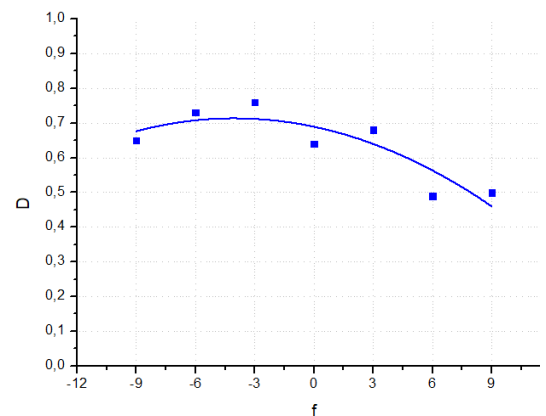


Рис. 6. Зависимость коэффициента перемешивания D от фокуса f

Далее показаны графики, на которых рассмотрены зависимости влияния фокуса на химический состав и микротвердость (см. рисунок 7 и 8).

На рисунке 7 представлены количественные данные о весовой концентрации элементов в получаемых треках. Наблюдается высокое содержание железа, которое отсутствовало в порошковой смеси, однако, которое является основным элементом используемой подложки (нержавеющая сталь). Из рисунка 7 видно, что в зависимости от разных режимов фокусировки концентрация вольфрама изменяется от 5 % до 20 %.

На рисунке 8 представлена зависимость параметра микротвердости от положения фокуса. Наблюдается минимум функции при режиме фокусировки $f = -3$. Данный результат, можно объяснить тем, что в этом случае концентрация элемента вольфрама (W) минимальна, следовательно, и концентрация керамики.

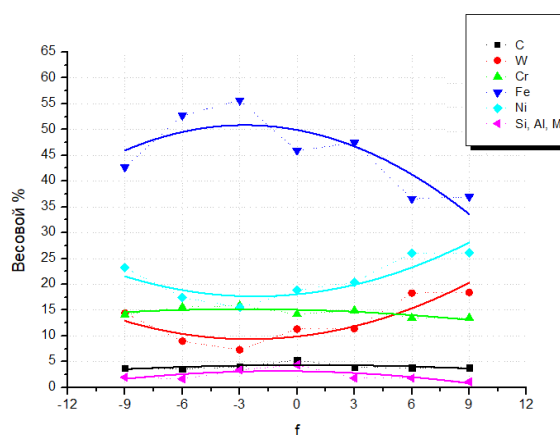


Рис. 7. Зависимость весового состава элементов (%) от фокуса f

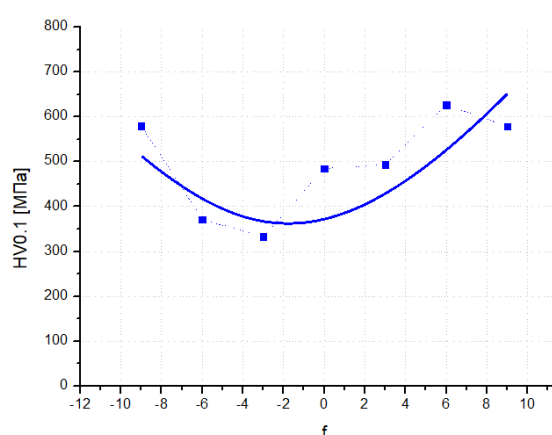


Рис. 8. Зависимость микротвердости ($HV0.1$) наплавляемого материала от фокуса f

На рисунках 9 и 10, отображены зависимости химического состава и микротвердости наплавляемого материала от коэффициента D , указывающего на степень перемешивания материала подложки с наплавляемой порошковой смесью.

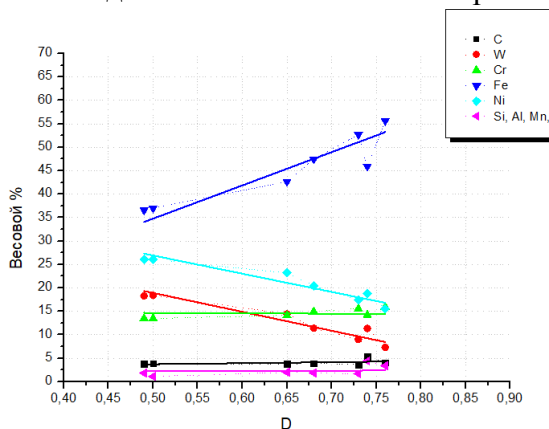


Рис. 9. Зависимость весового состава элементов (%) от коэффициента перемешивания D

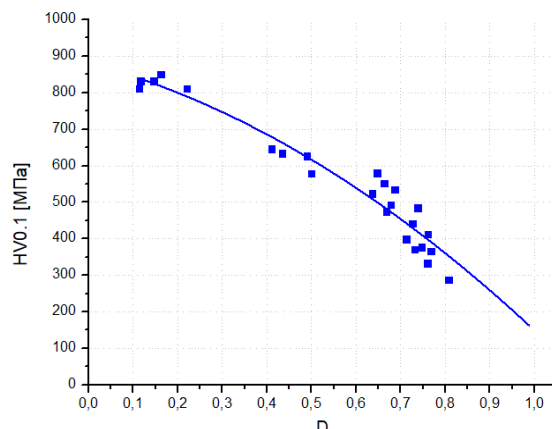


Рис. 10. Зависимость микротвердости ($HV0.1$) наплавляемого материала от коэффициента перемешивания D

На рисунке 9 показаны экспериментальные значения концентрации содержания элементов от коэффициента D . В диапазоне значений D 0,5-0,75 концентрация Fe вырастает с 35% до 53%, а содержание W падет с 18% до 8%, что сказывается на микротвердости.

На рисунке 10 видно, что максимальное значение микротвердости достигается при минимальном значении коэффициента перемешивания, таким образом, для получения покрытия с высокими физико-механическими свойствами необходима минимальная связь наплавляемого слоя с основным материалом, однако эта связь необходима для их сцепления.

Выводы. Из приведенных данных следует, что фокусировка лазерного излучения оказывает значительное влияние не только на внешнюю геометрию наплавляемых одиночных треков, но и на зону проплава, а через нее на физико-механические свойства получаемого материала.

Через коэффициент перемешивания было рассмотрено влияние геометрии зон наплавленного одиночного трека на химический состав наплавляемого материала, а далее и на микротвердость. Данный коэффициент является общим для всех режимов наплавки, так как он не зависит от выбранных режимов (скорости, мощности и фокусировки лазерного излучения), а напрямую зависит от геометрии полученных треков, что упрощает исследование зависимостей.

Таким образом, при подборе режимов лазерной наплавки важно учитывать значения фокусировки, так как она оказывает существенное влияние на процесс лазерной наплавки. Так же является необходимым проведение комплексных исследований, включающих в себя не только учет внешних геометрических характеристик треков (таких как высота и ширина), но и глубины проплава.

Литература:

1. Повышение эксплуатационных характеристик изделий из композиционного материала на основе жаропрочного сплава, полученного лазерной аддитивной технологией / А.Г. Григорьянц, М.В. Лукьянов, И.Н. Шиганов, Р.С. Третьяков, А.К. Шелестова, А.А. Александрова // II Международная конференция «Аддитивные технологии: настоящее и будущее»: сборник трудов: – 2016. – Часть 1. – Режим доступа: <https://conf.viam.ru/conf/192/proceeding>

2. Исследование влияния геометрии газопорошкового потока и параметров излучения на формообразование одиночных валиков при лазерной наплавке [Электронный ресурс] / А. К. Шелестова, П. Е. Самарин // Молодежный научно-технический вестник: электронный научный журнал. -2014. - №5. – Режим доступа: <http://sntbul/bmstu.ru/doc/722587.html>

3. U. de Oliveira, V. Oceli 'k, J.Th.M. De Hosson / Analysis of coaxial laser cladding processing conditions // Surface & Coatings Technology 197 (2005) PP. 127–136.

4. N. S. Ryashin, A. G. Malikov, V. S. Shikalov, I. P. Gulyaev, B. M. Kuhumov, V. F. Kosarev and A. M. Orishich / Cold spraying of aluminum bronze on profiled submillimeter cermet structures formed by laser cladding // Proceedings of the XXV Conference on High-Energy Processes in Condensed Matter (HEPCM 2017) AIP.

5. Создание гетерогенных материалов на основе порошков B_4C и Ni методом холодного газодинамического напыления с последующим послойным лазерным воздействием / В. М. Фомин, А. А. Голышев, В. Ф. Косарев, А. Г. Маликов, А. М. Оришич, Н. С. Ряшин, А. А. Филиппов, В. С. Шикалов // Прикладная механика и техническая физика. – 2017. – Т. 58, №5. – С. 218-227.

6. Исследование микроструктуры формируемых металлокерамических покрытий / Голышев А.А., Филиппов А.А., Ряшин Н.С. // Проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии: тезисы докладов XII Всероссийской конференции молодых ученых. – 2018. – С. 49-50.

7. Zita Iždinská, Ahmed Nasher, Karol Iždinský / The structure and properties of composite laser clad coatings with Ni based matrix with WC particles // Materials Engineering, Vol. 17 (2010), No. 2. PP. 1-5.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРНЫХ ШВОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКОЙ, МЕЖДУ ЗАГОТОВКАМИ ИЗ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ТИТАНА И АЛЮМИНИЯ

И. Е. Витошкин¹ А. Г. Маликов² А.М. Оришич²

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент, А. А. Никулина

¹Новосибирский Государственный Технический Университет
г. Новосибирск,

²Институт Теоретической и Прикладной Механики им. С.А. Христиановича СО РАН,
г. Новосибирск,
vitoshkin.2015@stud.nstu.ru

В данной работе приведены результаты исследования сварных швов, полученных лазерной сваркой между разнородными заготовками из сплава на основе титана и алюминиевых сплавов В-1424 и В-1461. Были проведены предварительные исследования для выбора режима сварки на основе результатов, полученных при испытаниях на растяжение и изучении полученных изломов методом растровой электронной микроскопии.

In this paper, the results of the investigation of welded joints obtained by laser welding between heterogeneous preforms of a titanium based alloy and aluminum alloys В-1424 and В-1461 are presented. Preliminary studies were carried out to select the welding regime based on the results obtained during the tensile tests and the study of the fractures by the scanning electron microscopy.

Титановые и алюминиевые сплавы находят широкое применение в авиа-космической промышленности благодаря высоким показателям удельной прочности и коррозионной стойкости. Так как титан обладает высокой стоимостью, целесообразно изготавливать из него только ответственные детали и конструкции. Часто в авиа и автомобилестроении возникает потребность объединить преимущества различных материалов в одной структуре, так, например, в авиастроении, возникнет необходимость в присоединении крыла из титанового сплава к алюминиевому фюзеляжу. В связи с этим проблема качественного соединения титановых и алюминиевых деталей становится актуальной. Зачастую к таким соединениям предъявляются требования по механическим характеристикам, в частности пределу прочности на разрыв, а также герметичности.

Целью данной работы является выбор режима для получения качественного сварного соединения без внешних дефектов между листами титанового и алюминиевого сплавов, полученного методом лазерной сварки. Лазерная сварка позволяет создавать нагрев локально, благодаря чему возникающие зоны термического влияния имеют малые размеры и свойства материалов мало изменяются.

Лазерная сварка разнородных сварных соединений на основе титанового и алюминиевого сплавов осуществлялась на автоматизированном лазерном технологическом комплексе “Сибирь-1”, включающем непрерывный СО₂-лазер с мощностью до 8 кВт, разработанный в ИТПМ СО РАН. Лазерное излучение фокусировалось на поверхности сплава с помощью ZnSe-линзы с фокусным расстоянием 254 мм. Особенностью данной работы является использование алюминиевых сплавов, легированных литием, а также смещение лазерного луча в сторону титанового сплава с целью получения такого состава ванны расплава, при котором бы образовывался α -твёрдый раствор на основе титана. Для защиты сварного шва использовался инертный газ гелий. В качестве свариваемых материалов использовались титановый сплав ВТ-5 и алюминиевые сплавы В-1461

(легирующие элементы: Cu, Mn, Li, Zr, Sc, Mg, Zn) и 1424 (легирующие элементы: Mg, Li, Zn, Zr, Sc), разработанные и запатентованные ФГУП «ВИАМ» и произведённые на ОАО «КУМЗ» в виде пластин толщиной 2 мм.

Испытания на растяжение проводили на установке Zwick Roell. Фрактографические исследования осуществляли на микроскопе Carl Zeiss EVO 50 XVP.

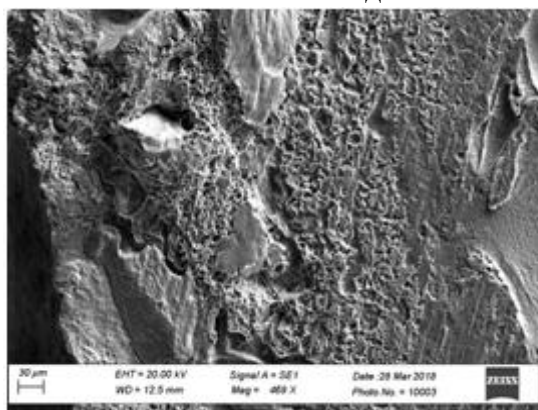
На первоначальном этапе оптимизировался процесс лазерной сварки по получению сварных швов без внешних дефектов в виде пор, непроваров, подрезов и отсутствию горящих трещин. Результаты представлены в таблице 1. Варьировались параметры скорости сварки, мощности луча, смещения фокуса относительно поверхности и смещения луча относительно края титановой пластины. Режимы, при которых были получены максимальные показатели предела прочности, выделены заливкой в таблице 1. Полученные при этом изломы были проанализированы с использованием методики растровой электронной микроскопии.

Таблица 1 — Результаты подбора режима сварки

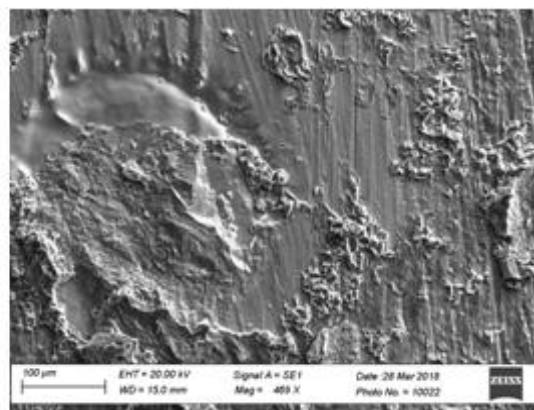
Титановый сплав	Алюминиевый сплав	Мощность Р, кВт	Скорость сварки V, м/мин	Смещение фокуса вглубь пластины Δf , мм	Смещение от края титановой пластины h, мм	Предел прочности σ_B , МПа
BT-5	1424	1,2	1	-3	0,5	21,9
		1,2	1,2	-3	1	44,3
		1,2	1,2	-3	0,8	105
	1461	1,25	1	-2	0,35	215
		1,25	1	-3	1	240
		1,25	1	-3	0,5	223

Излом со сплавом 1424 (рисунок 1, а) имеет участки хрупкого и вязкого разрушения. Участки хрупкого разрушения находятся преимущественно посередине излома. Со стороны алюминиевой пластины обнаружены поры диаметром около 500 мкм. Дно пор имеет дендритную структуру, а химический анализ показал, что поверхность пор содержит только алюминий. Зоны вязкого разрушения содержат только алюминий. Участки хрупкого разрушения содержат алюминий и титан.

Поверхность разрушения образца со сплавом 1461 (рисунок 1, б) имеет участки хрупкого и вязкого разрушения, а также поры размером около 40 мкм. Участки хрупкого разрушения располагаются преимущественно посередине излома. Химический анализ показал, что зона вязкого излома содержит только алюминий, а зона хрупкого излома – титан и алюминий с массовой долей титана до 50 %.



а



б

Рисунок 1 — Поверхности изломов образцов 1424 и 1461

Наличие титана в зонах хрупкого разрушения позволяет предположить, что в процессе сварки сформировались интерметаллидные области. При этом излом образца со сплавом 1461 имеет большую долю хрупкого излома, что объясняет более высокую в сравнении с другим образцом прочность на растяжение.

Сравнивая результаты проведенных испытаний с данными работ [1 - 5], можно сделать вывод, что выбранные режимы позволяют получить качественные соединения, характеризующиеся высоким уровнем предела прочности на растяжение.

В дальнейшем планируется провести структурные исследования сварных швов разнородных материалов, полученных на отобранных режимах, с использованием методов световой и просвечивающей электронной микроскопии.

Литература:

1. Wan1 L., Lv1 S., Huang Y., Xu1 Y. and Cui Q., Effect of hot dip aluminising on interfacial microstructure and mechanical properties of Ti/Al joint by TIG arc welding brazing. – Science and Technology of Welding and Joining Vol. 20, 2015, pp. 164-171.
2. Ming Gao, Cong Chen, Yunze Gu and Xiaoyan Zeng, Microstructure and Tensile Behavior of Laser Arc Hybrid Welded Dissimilar Al and Ti Alloys. – Materials Vol. 7, 2014, pp. 1590–1602.
3. Yanbin Chen, Shuhai Chen, Liqun Li, Effects of heat input on microstructure and mechanical property of Al/Ti joints by rectangular spot laser welding-brazing method. – The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. No. 170, 2008, pp. 265–272.
4. Tomashchuka I., Sallamanda P., Méassona A., Cicalaa E., Dubanda M., Peyre P., Aluminum to titanium laser welding-brazing in V-shaped groove / Journal of Materials Processing Technology. – Vol. 245, 2017, pp. 24-36.
5. Zhanga C.Q., Robsona J.D., Prangnella P.B., Dissimilar ultrasonic spot welding of aerospace aluminum alloy AA2139 to titanium alloy TiAl6V4. – Journal of Materials Processing Technology. Vol.231, 2016, pp. 382-388.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКИ АЛЮМИНИДОВ НИКЕЛЯ НА ТИТАН

А.В. Гирш

Научный руководитель: Т.С. Огнева, к.т.н., доцент

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, n.girsh@mail.ru

В данной работе приводятся результаты металлографического и рентгенофазового анализа интерметаллидных покрытий. Покрытия получены электронно-лучевой наплавкой порошка Ni_3Al на поверхность титановой заготовки.

In this paper the results of metallographic and X-ray phase analysis of wear-resistant coatings are presented. The coatings were obtained by electron-beam surfacing of Ni_3Al powder on the surface of titanium specimens.

Титан и его сплавы широко применяются в промышленности благодаря таким уникальным свойствам этого материала, как высокая удельная прочность или коррозионная стойкость. В то же время серьезным недостатком титана, ограничивающим его использование в парах трения, являются низкие триботехнические свойства. Эффективным решением данной проблемы является нанесение на поверхность титановых изделий износостойких покрытий, содержащих высокопрочные интерметаллидные соединения [1 – 3].

Цель данной работы заключалась в изучении микроструктуры и особенностей фазового состава в образцах с покрытиями, полученными методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки. В качестве исходного материала использовались пластины титанового сплава марки ВТ6, порошок Ni_3Al (для образцов № 1 – 4) и порошок Ti (для образца № 2). Электронно-лучевая обработка материалов осуществлялась в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН (г. Новосибирск). Режимы наплавки, состав и плотность наплавляемого слоя и состав флюса представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы наплавки и химический состав наплавляемого слоя

№ образца	Состав порошковой насыпки	Состав флюса	Режим наплавки	Плотность порошковой насыпки
1	Ni_3Al (5 г)	CaF_2 – 4 г LiF – 1 г	ток 27 мА скорость 15 мм/с	0,2 г/см ²
2	Ti (1 г.) Ni_3Al (4 г)	CaF_2 – 4 г LiF – 1 г	ток 27 мА скорость 15 мм/с	0,2 г/см ²
3	Ni_3Al (11,25 г.)	CaF_2 – 9 г LiF – 2,25 г	ток 22 мА скорость 10 мм/с	0,45 г/см ²
4	Ni_3Al (13,5 г)	CaF_2 – 7,2 г LiF – 1,8 г	ток 22 мА скорость 10 мм/с	0,45 г/см ²

Микроструктура образцов исследовалась в поперечном сечении. Исследования проводились на оптическом микроскопе Axio Observer Z1m производства Carl Zeiss. Структура наплавленного интерметаллидного покрытия имеет четкую границу раздела с материалом подложки (рисунок 1), наблюдаются изменения микроструктуры при движении от поверхности покрытия к границе раздела. В материале подложки наблюдается зона термического влияния (ЗТВ), также сопровождающаяся постепенным изменением микроструктуры (рисунок 2).

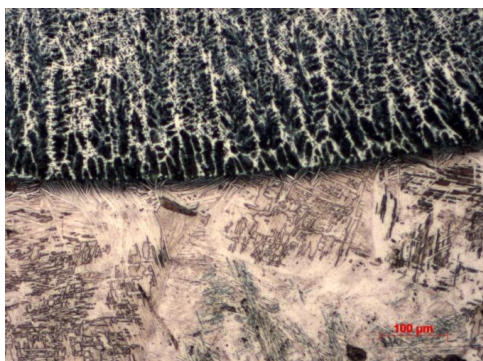


Рисунок 1 – Структура образца № 4 на границе покрытия с подложкой



Рисунок 2 – Образец № 4 на границе ЗТВ и материала основы, не подвергшегося структурным изменениям

Прочностные свойства покрытий оценивались на основании дюрометрических испытаний. Измерения проводились на микротвердомере Wolpert Group 402MBD с нагрузкой 0,1 кг. Исследования показали, что микротвердость покрытия в среднем отличается от микротвердости подложки в 1,6-2 раза и составляет 600 HV для образцов 1 и 2 и 700 HV для образцов 3 и 4. В зоне термического влияния также наблюдается упрочнение материала, максимальное зарегистрированное значение микротвердости составило 400 HV.

Дифракционные картины для рентгенофазового анализа были зарегистрированы на дифрактометре модели ARL X'TRA. Сильные отражения в экспериментальных дифракционных картинах образцов № 1 и 2 соответствуют положениям дифракционных углов соединений Ti_3Al и Ti_2Ni . Полученные данные свидетельствуют о диффузионном перераспределении элементов порошковой насыпки и подложки в результате переплава при нагреве электронным лучом. На основании дюрометрического исследования можно сделать вывод, что фазовая структура образцов 3 и 4 значительно отличается.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что вневакуумная электронно-лучевая наплавка позволяет получить высокопрочные интерметаллидные покрытия на титановой основе, отличающиеся хорошей адгезией с подложкой.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Грант Президента, соглашение № 14.Z56.18.5849-МК).

Литература:

1. Металлография титановых сплавов [Текст] / Е. А. Борисова, Г. А. Бочвар, М. Я. Брун [и др.] ; под ред. С. Г. Глазунова, Б. А. Колачева. – Москва : Металлургия, 1980. – 446 с.
2. Влияние температуры нагрева на структуру и механические свойства материала, полученного искровым плазменным спеканием порошка ПН85Ю15 [Текст] / Л. И. Шевцова, И. А. Батаев, В. И. Мали, А. Г. Анисимов, Д. В. Лазуренко, Т. С. Самейщева // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. – 2013. – № 4. – С. 35–42.
3. The Al-Ni-Ti System [Текст] / K.J. Lee, P. Nash Journal of Phase Equilibria Vol . 12 No. 5 1991, pp. 551–562

ОСОБЕННОСТИ АНОДНОГО РАСТВОРЕНИЯ ТВЕРДОГО СПЛАВА ВК8 В ЭЛЕКТРОЛИТЕ АЗОТНОКИСЛОГО АММОНИЯ

С.В. Джавадова, С.И. Василевская

Научный руководитель: д.т.н., профессор Х.М. Рахимьянов

Новосибирский государственный технический университет
г. Новосибирск, dzhavadova1995@list.ru

В работе рассмотрено анодное поведение твердого сплава ВК8 в электролите азотнокислого аммония при разных концентрациях. Выявлено, что полученные поляризационные кривые данного сплава имеют два участка пассивного растворения, участок активного и транспассивного растворения. Предположено, что к торможению процесса растворения исследуемого материала приводит пассивация одного из его составляющих химических компонентов. В связи с этим предложено провести исследование анодного поведения его компонентов в электролите азотнокислого аммония.

In the paper the anodic behavior of the VK8 solid alloy in the ammonium nitrate electrolyte at different concentrations is considered in this work. It was revealed that the obtained polarization curves of this alloy have two passive dissolution sections, a region of active and transpassive dissolution. It is assumed that the that braking of process of dissolution of the studied material results in the passivation of one of its constituent chemical components. In connection with this, it was suggested to conduct an investigation of the anodic behavior of its components in the ammonium nitrate electrolyte.

В современной промышленности твердые сплавы и сплавы на основе вольфрама все чаще находят свое применение. В машиностроительном производстве их применяют для наплавки быстроизнашивающихся поверхностей и напайки режущих инструментов, а также для изготовления подшипников скольжения, работающих в абразивных средах. Сплав на основе вольфрама зарекомендовал себя в оснащении точных поверхностей микрометрического оборудования и опор весов, рабочей части клейм, волок, штампов и вырубных матриц [1].

Сплав ВК представляет собой гетерогенную систему, в состав которой входят карбид вольфрама (WC) и кобальт (Co), находящийся как в твердом растворе, так и в отдельных химических соединениях. Данный сплав следует отнести к классу труднообрабатываемых материалов, формообразование изделий из которых традиционными методами механической обработки затруднительно.

Одним из возможных методов обработки данных сплавов является электрохимическая обработка [2 – 7]. Электрохимическая обработка это вид обработки, позволяющий из заготовки получить деталь требуемой геометрической формы и размеров за счет анодного растворения материала. При исследовании анодного растворения металлов и сплавов в условиях электрохимической обработки классическим является метод поляризационных кривых [2]. Данный метод заключается в развертке потенциала с заданной скоростью с одновременной регистрацией тока на исследуемом электроде.

В качестве исследуемого материала применялся твердый сплав марки ВК8 ГОСТ 3882 - 74. Заготовки из указанного материала вырезались методом электроэрозионной обработки. Площадь поперечного сечения вырезаемых заготовок составляла не более 2 мм². Для исследования анодного поведения данного сплава применялся 5%, 10% и 15 % электролит азотнокислого аммония.

Поляризационные исследования проводились на экспериментальной установке, состоящей из потенциостата – гальваностата модели «Elins P-20X», трехэлектродной электрохимической ячейки и персонального компьютера модели «Acer». Внешний вид экспериментальной установки представлен на фотографии (рисунок 1).

Согласно методике, изложенной в работе [8], перед проведением экспериментов поверхность исследуемых образцов подвергалась шлифованию на абразивной бумаге, а также обезжириванию и промыванию в дистиллированной воде.

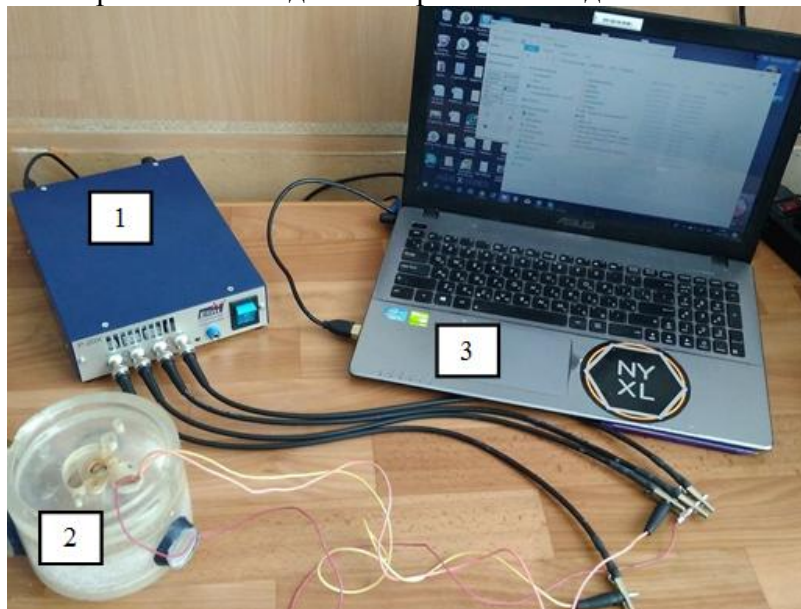


Рисунок 1 - Экспериментальная установка для поляризационных исследований
1 – потенциостат – гальваностат модели «Elins P-20X»; 2 – трехэлектродная электрохимическая ячейка; 3 – персональный компьютер модели «Acer»

Результаты исследований анодного растворения твердого сплава ВК8 в 5%, 10% и 15% в водном растворе азотнокислого аммония приведены на рисунке 2.

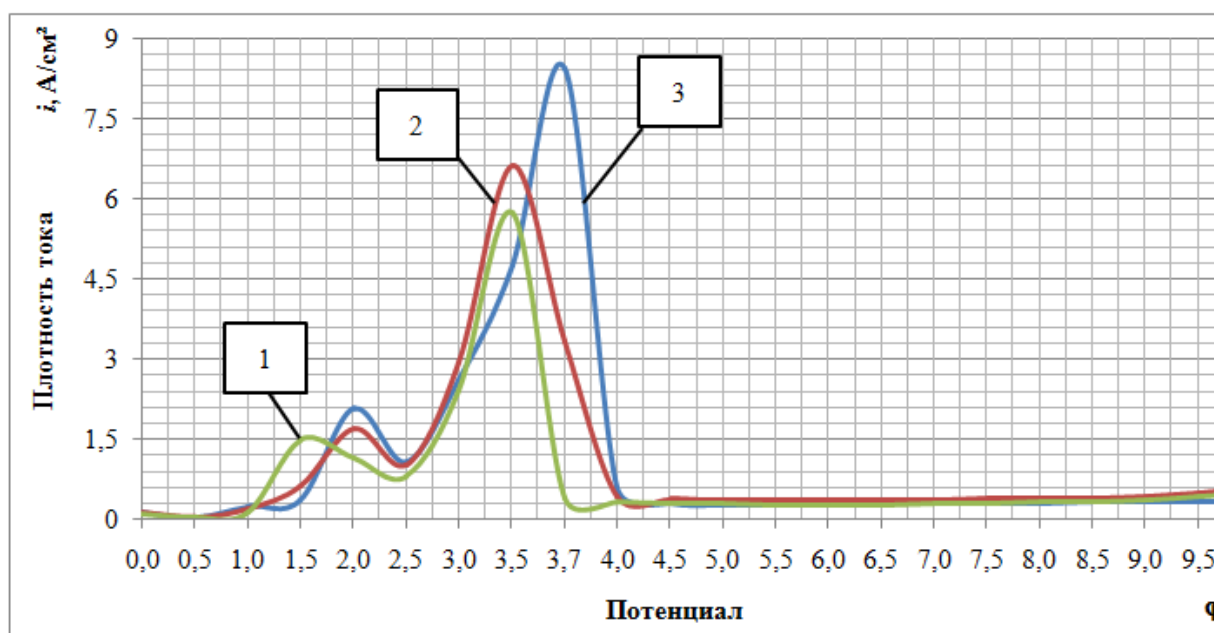


Рисунок 2 – Поляризационные кривые анодного поведения твердого сплава ВК8 в водном растворе азотнокислого аммония: 1 – 5%; 2 – 10%; 3 – 15%

Поляризационные кривые 1 – 3 (рисунок 2) при исследовании анодного поведения твердого сплава ВК8 в водном растворе азотнокислого аммония при концентрациях 5%, 10% и 15% имеют схожий характер и их можно разделить на несколько участков. К пассивным участкам относятся диапазоны от 1,5 В до 2,5 В (кривая 1), от 2 В до 2,5 В (кривые 2 – 3) и от 3,5 В до 10 В (кривые 1 – 2) от 3,6 В до 10 В (кривая 3), к активному участку следует отнести диапазон от 0 В до 1,5 В (кривая 1), от 0 В до 2 В (кривые 2 – 3) и участок перепассивации от 2,5 В до 3,5 В (кривые 1 – 2), от 2,5 В до 3,7 В (кривая 3). На участках от 1,5 В до 2,5 В и от 2 В до 2,5 В наблюдается незначительное торможение процесса. Вероятно, это связано с образованием на поверхности исследуемого материала окисной пленки. В диапазоне потенциалов от 3,5 В до 10 В и от 3,6 В до 10 В происходит резкое замедление процесса, что объясняется образованием на поверхности исследуемого материала плотной пленки из продуктов анодного растворения. В диапазонах потенциалов от 0 В до 1,5 В и от 0 В до 2 В, а также от 2,5 В до 3,5 В и от 2,5 В до 3,7 В происходит интенсивное анодное растворение твердого сплава, что характеризуется ростом плотности тока.

На основании проведенных исследований можно предположить, что к торможению процесса растворения исследуемого материала на участках в диапазонах от 3,5 В до 10 В и от 3,6 В до 10 В приводит пассивация одной из его составляющих компонентов. По результатам анодного поведения твердого сплава ВК8 в 5%, 10% и 15% водном растворе азотнокислого аммония невозможно определить влияние каждого химического элемента, входящего в его состав, на растворение всего материала. В связи с этим необходимо исследование анодного поведения его компонентов.

Литература:

1. Курлов А.С., Гусев А.И. Физика и химия карбидов вольфрама. М.: Физматлит, 2013. — 272 с.
2. Мороз И.И. Электрохимическая размерная обработка металлов. – М.: «Машиностроение», 2009. – 279 с.
3. Де Барр А.Е., Оливер Д.А. Электрохимическая обработка. – М.: «Машиностроение», 1973. – 184 с.
4. Черепанов Ю.П., Самецкий Б.И. Электрохимическая обработка в машиностроении. – М.: «Машиностроение», 1972. – 117 с.
5. Рахимьянов Х.М., Красильников Б.А., Янпольский В.В., Красильников Д.Б. Электрохимическая обработка безвольфрамовых твердых сплавов // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2010. - № 3. – С. 3 – 7.
6. Рахимьянов Х.М., Красильников Б.А., Янпольский В.В., Никитенко М.И., Моисеенко А.Н. Электрохимическое растворение покрытий из порошковых материалов // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2011. - № 2. С. 3 – 5.
7. Красильников Б.А., Василевская С.И., Головкин Н.В. Анодное поведение сплава КНТ – 16 в среде нейтральных электролитов // Инновации в машиностроении: сборник трудов VIII Международной научно – практической конференции. 2017. – Новосибирск, 2017. – С. 174 – 178.
8. Фрейман Л.И., Макаров В.А., Брыскин И.Е. Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите // Под ред. Я.М. Колотыркина. – Л.: Химия, 1972. – 240 с.

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗМАТЫВАТЕЛЯ РУЛОННОГО МЕТАЛЛА

Дунайцев Н.Н., Гилета В.П.,

Научный руководитель: В.П. Гилета, д.т.н., проф., проф. кафедры ПТМ

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск

Несмотря на значительное разнообразие на рынке разматывателей рулонного металла возникает потребность в их специализации для конкретного технологического процесса, обусловленной спецификой производства, уровнем его механизации и применяемого оборудования. В работе рассмотрены вопросы, связанные с выбором, обоснованием параметров и разработкой конструкции разматывателя рулонного металла консольного типа с электромеханическим приводом для встраивания в технологическую линию производства профильных изделий.

Despite the considerable diversity in the market of unwinders of rolled metal, there is a need for their specialization for a particular manufacturing process, due to the specifics of production, the level of its mechanization and the equipment used. The paper deals with the issues related to the selection, justification of parameters and the design of a cantilever type roll-type uncoiler with an electromechanical drive for integration into the production line for the production of profile products.

Листовой металл в больших количествах изготавливается и реализуется в рулонах, вес которых может достигать нескольких тонн. На предприятиях, занимающихся металлообработкой, первым этапом техпроцесса является разматывание рулона [1]. Для этих целей используются разматыватели рулонного металла. Обычно на производстве для обеспечения бесперебойной подачи материала их встраивают непосредственно в технологическую линию. Листовой металл подается на станки для раскроя, профилирования, гибки и так далее.

Известно большое количество разматывателей рулонного металла иностранных фирм, например, компаний «Ilmaksan», «Jouanel», «LLT Ventas Engineering», а также отечественных производителей, например, Липецкого завода профилегибочного оборудования, ГК «Бора», «Профиль-Пром» и др [2]. Рулонные размотчики можно классифицировать по следующим основным критериям. По типу привода – ручные и механизированные, по способу монтажа – консольные и двухопорные, по уровню дополнительных опций – станки могут комплектоваться устройствами для автоматизации подъема рулона, разжима фиксирующих лепестков барабана и так далее.

Несмотря на значительное разнообразие на рынке разматывателей рулонного металла возникает потребность в их специализации для конкретного технологического процесса, обусловленной спецификой производства, уровнем его механизации и применяемого оборудования.

В работе рассмотрены вопросы, связанные с выбором, обоснованием параметров и разработкой конструкции разматывателя рулонного металла консольного типа с электромеханическим приводом для встраивания в технологическую линию производства профильных изделий.

В соответствии с техническим заданием рулонный разматыватель должен обеспечить возможность выполнения операции по подготовке к размотке следующего рулона в процессе переработки предыдущего. Отработанный барабан (освобожденный от разматываемой ленты) и барабан с подготовленным новым рулоном металла меняются местами посредством поворота. Поворот платформы станка с двумя независимыми

барабанами с электромеханическими приводами осуществляется вручную. Двухпозиционная компоновка поворотного рулонного разматывателя позволяет увеличить производительность получения профильных изделий.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема привода вращения одного барабана разматывателя, включающего в себя цилиндрическо-конический мотор-редуктор, который передает вращательный момент через муфту на вал барабана. Привод должен реализовывать крутящий момент на барабане разматывателя для подачи металлической ленты толщиной 0,5...1,5 мм со скоростью 40...60 м/мин. Использование такого привода главного движения позволяет при достаточно высоком КПД (0,8...0,85) уменьшить габариты станка и существенно упростить его конструкцию.

В состав станка входит шкаф управления, в котором установлены частотный преобразователь, регулирующий частоту вращения барабанов и плавность хода в режимах «Старт» и «Стоп», а также аппаратура контроля скорости движения ленты посредством использования потенциометрических линейных датчиков.

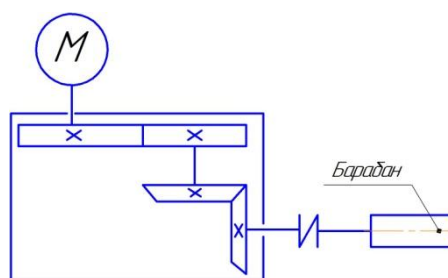


Рис. 1. Принципиальная схема привода главного движения

Техническим условием разрабатываемого станка является прием рулона металла толщиной 0,5...1,5 мм, весом до 1,5 тонн, имеющего размеры наружного и внутреннего диаметров 1500 и 590 мм, соответственно, и ширину до 300 мм, разворот его в положение, удобное для отгиба переднего конца рулонной ленты и удержания вращающегося рулона во время размотки с помощью фиксатора. Рулон в разматывателе необходимо строго ориентировать по оси профилегибочного стана.

Потребную мощность (кВт) электродвигателя оценим по следующей формуле [1, 3]:

$$P = \frac{M_{\text{ст}} \omega}{\eta \cdot 1000},$$

где $M_{\text{ст}}$ – статический момент разматываемой металлической ленты, Н·м; ω – угловая скорость барабана, с^{-1} , $\eta = 0,8$ – КПД привода барабана.

$$M_{\text{ст}} = S\sigma_s + \sigma AR,$$

где S – пластический момент сопротивления полосы, м^3 ; $S = bh^2/4 = 0,17 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ (здесь $b = 0,3 \text{ м}$ и $h = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ – соответственно ширина и толщина полосы), м ; $\sigma_s = 250 \text{ МПа}$ – предел текучести листового металла (Ст 3); σ – напряжение в полосе от натяжения (для лент толщиной до 1,5 мм примем $\sigma = 0,01\sigma_s = 2,5 \text{ МПа}$ [3]; $A = 0,3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 0,45 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ – площадь поперечного сечения полосы; $R = 0,45 \text{ м}$ – средний радиус рулона.

Отсюда $M_{\text{ст}} = 250 \cdot 0,17 + 2,5 \cdot 10^6 \cdot 0,3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,45 = 548 \text{ Н·м}$.

Угловая скорость барабана при скорости ленты $v = 60 \text{ м/мин}$ и $R = 0,45 \text{ м}$ будет равна $\omega = 2,22 \text{ с}^{-1}$.

Тогда мощность электродвигателя

$$P = \frac{548 \cdot 2,22}{0,8 \cdot 1000} = 1,52 \text{ кВт}.$$

Общая компоновка двухпозиционного поворотного консольного разматывателя рулонного металла с электромеханическим приводом показана на рисунке 2.

Основными исполнительными органами рулонного разматывателя являются независимые барабаны 1, валы 2 которых посредством опор 3 установлены на поворотной платформе 4. Каждый из валов 3 снабжен тормозной муфтой 5 для исключения инерционного проскальзывания ленты и остановки барабанов после включения режима «Стоп».

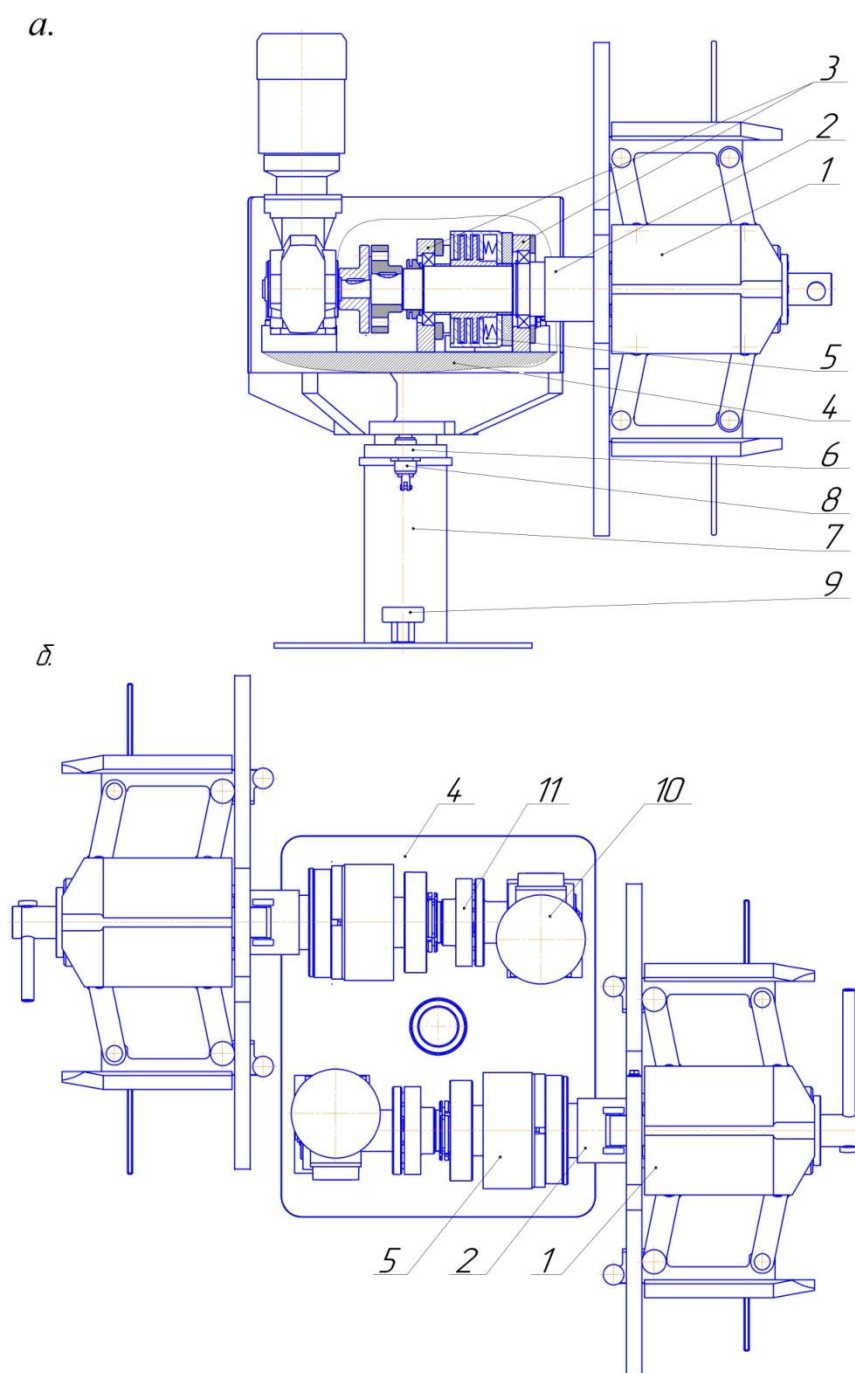


Рис. 2. Конструктивная схема двухпозиционного разматывателя:
а. – главный вид (фрагмент); б. – вид сверху

Платформа 4 через упорный подшипник 6 связана со станиной (стойкой) 7 рулонного разматывателя и имеет возможность поворачиваться относительно своей вертикальной оси. На станине 7 установлен фиксатор 8, предназначенный для ориентирования поворотной платформы 4 в двух рабочих положениях. Для этого на платформе 4 имеются гнезда, в которых размещается фиксатор 8. Фиксатор 8 выполнен

подпружиненным с помощью пружины, удерживающей его в гнезде. Для отжатия пружины и вывода фиксатора из гнезда разматыватель снабжен ножной педалью 9.

Вращение барабанов 3 осуществляют моторы-редукторы 10, соединенные с валами 3 посредством упругих компенсирующих муфт 11.

Барабан для удержания и вращения рулона металла снабжен разжимными лепестками (сегментами) 12 (рис. 3), на которые надевается рулон ленты. Для регулирования разжима лепестков 12 внутри барабана на оси вала установлена втулка 13, имеющая возможность поступательного перемещения относительно продольной оси вала. Втулка 13 снабжена фланцами 14, к которым шарнирно присоединены рычаги 15, образующие параллелограммный механизм, перемещающий в радиальном направлении лепестки 12 при необходимости изменения диаметра барабана. Четыре рычага 15 шарнирно связаны с одним лепестком 12 и обеспечивают его плоскопараллельное движение к центру или от центра барабана. Радиальное перемещение лепестков 12 барабана осуществляется винтовым механизмом, содержащего винт 16 и гайку 17. Для вращения винта используется рукоятка 18. Крышки 19 и 20 связывают винт 16, установленный на подшипниках с подвижной втулкой 13. На каждом лепестке 12 сделаны пазы для установки в них фиксаторов прижима рулона металла 21.

Работа двухпозиционного поворотного разматывателя осуществляется следующим образом.

Предварительно лепестки 12 барабана раздвигаются до достижения нужного диаметра с помощью винтового механизма, винт 16 которого вращается рукояткой 18. Затем на лепестки 12 барабана надевается рулон ленты, прижимы 21 устанавливаются в пазы лепестков 12. Те же операции проделывают со вторым барабаном 1. Конец ленты рулона заправляют в подающую клеть профилегибочного стана. Чтобы избежать инерционного проскальзывания ленты производят регулировку усилия электромагнитной тормозной муфтой 5.

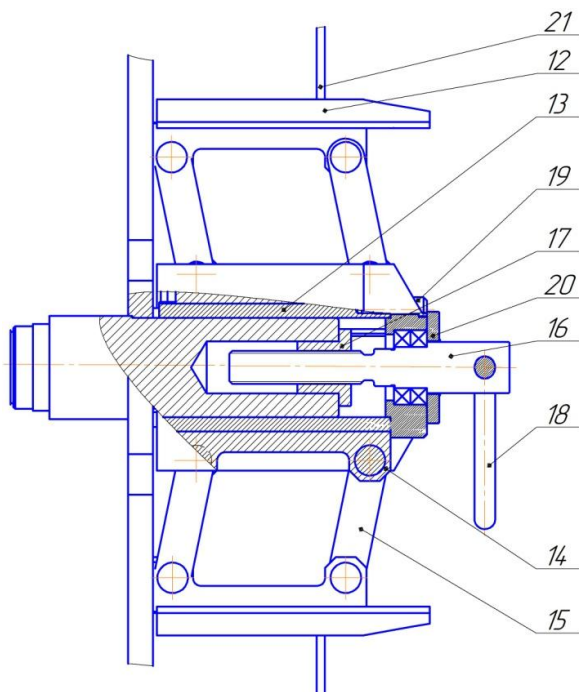


Рис. 3. Конструкция барабана разматывателя рулонного металла

По завершении размотки одного из рулонов ногой нажимают на ножную педаль 9, в результате чего преодолевается усилие пружины прижатия фиксатора 8, который выводится из гнезда поворотной платформы 4. Затем поворотную платформу 4 вручную разворачивают на угол 180° до достижения вторым раздвижным барабаном 1 рабочего положения. Педаль 9 отпускают, фиксатор 8 под действием пружины входит во второе гнездо поворотной платформы 4, фиксируя ее положение. На освободившийся барабан 1 надевают новый рулон ленты.

Таким образом, выполненные в работе обоснование мощности электропривода разматывателя рулонного металла, предложенные его компоновка и технология загрузки профилегибочного стана позволят сократить время технологического цикла и тем самым повысить производительность производства профильных изделий.

Литература:

1. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др., Т. IV-5. Машины и агрегаты металлургического производства.– М.: Машиностроение, 2000. – 912 с.
2. Рекламные материалы фирм «ILMAKSAN», «Профиль-Пром» и др.
3. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов.– М.: Металлургия, 1985. – 376 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРВОПРИЧИНЫ АВАРИИ НА ПРИМЕРЕ РАЗРУШЕНИЯ ДИЗЕЛЬ-РЕДУКТОРНОГО АГРЕГАТА ЯМЗ-850С

С.Н. Иванчик¹, И.С. Иванчик¹
Иван Ильич Володин¹, Иван Сергеевич Емелин¹,
Вероника Сергеевна Крохина²

¹ ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»,
г. Новосибирск

² СОШ №4 с углубленным изучением предметов гуманитарного цикла,
г. Новосибирск
ivan_ilija@ngs.ru

Для определения причины аварии сложного механизма необходимо исследование состояния каждой из большой группы поломанных деталей для выявления той, которая была разрушена первой и вызвала разрушение всего механизма.

To determine the cause of the accident of a complex mechanism, it is necessary to study the state of each of a large group of broken parts to identify the one that was destroyed first and caused the destruction of the entire mechanism.

Дизель-редукторный агрегат ЯМЗ-850С эксплуатировался на земснаряде, работавшем на Никольском месторождении вблизи г.Камышлов (Свердловская область). В процессе работы земснаряда визуально было замечено внезапное выделение пара в районе сапуна главного двигателя. С двигателя была немедленно снята нагрузка и он был остановлен.

При визуальном осмотре (после демонтажа крышек клапанов) были обнаружены погнутыми штанги толкателей клапанного механизма в районе 8-го цилиндра (рисунок 1); при снятии поддона с двигателя, в нём оказались осколки втулки рабочего цилиндра, поршня и поршневого пальца.

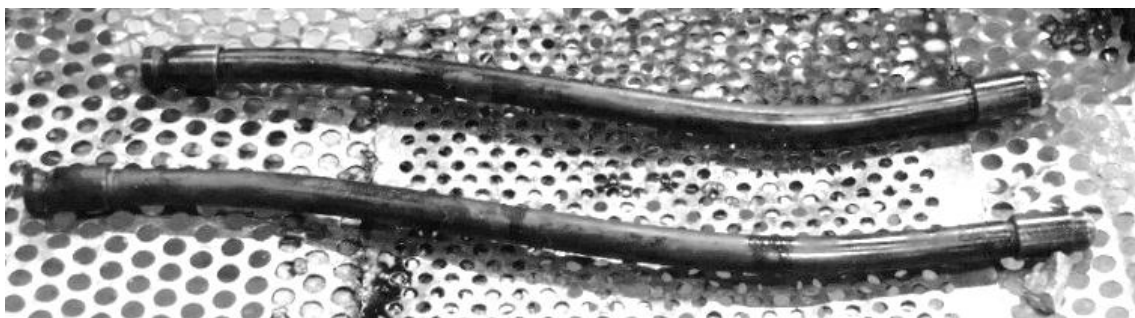
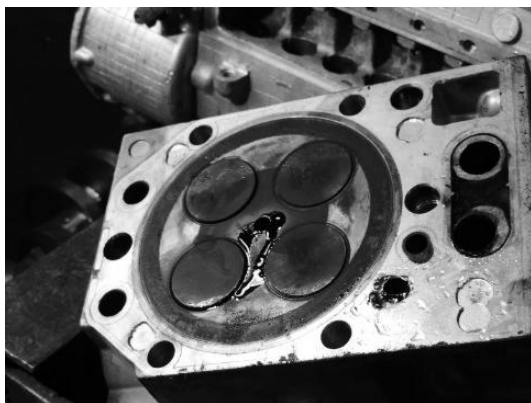


Рисунок 1 – Погнутые штанги толкателей клапанного механизма 8-го цилиндра



а)



б)

Рисунок 2 – Наружный вид крышек цилиндров:

а– аварийного цилиндра (виден след от удара поршня), б– соседнего цилиндра

После демонтажа головки цилиндра (рисунок 2) были обнаружены: разрушенная втулка рабочего цилиндра и посадочный пояс втулки в нижней части блока цилиндров с выходом в зарубашечное пространство (рисунок 3), поршень (рисунок 4), поршневой палец (рисунок 5) и деформированный шатун (рисунок 7). Фильтр грубой очистки смазочного материала (рисунок 6), оказался забитым металлической стружкой.



а)



б)

Рисунок 3 – Втулка цилиндра двигателя ЯМЗ-850С, потерпевшего аварию при эксплуатации:

а– в блоке цилиндров, б– после выпрессовки из блока.

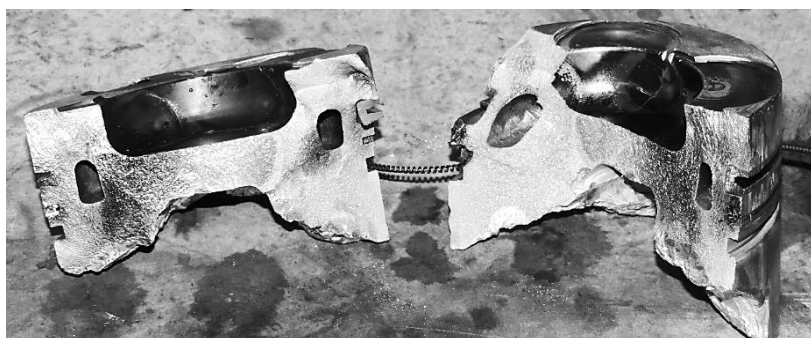


Рисунок 4 – Фрагменты разрушившегося поршня

Дальнейшая эксплуатация двигателя стала невозможна. Наработок дизель-редукторного агрегата, на момент аварии составил 2 195 часов, что не превышает назначенного ресурса до среднего ремонта. Вероятной причиной аварии судовладелец посчитал заводской брак поршневого пальца, приведший к его внезапному разрушению.

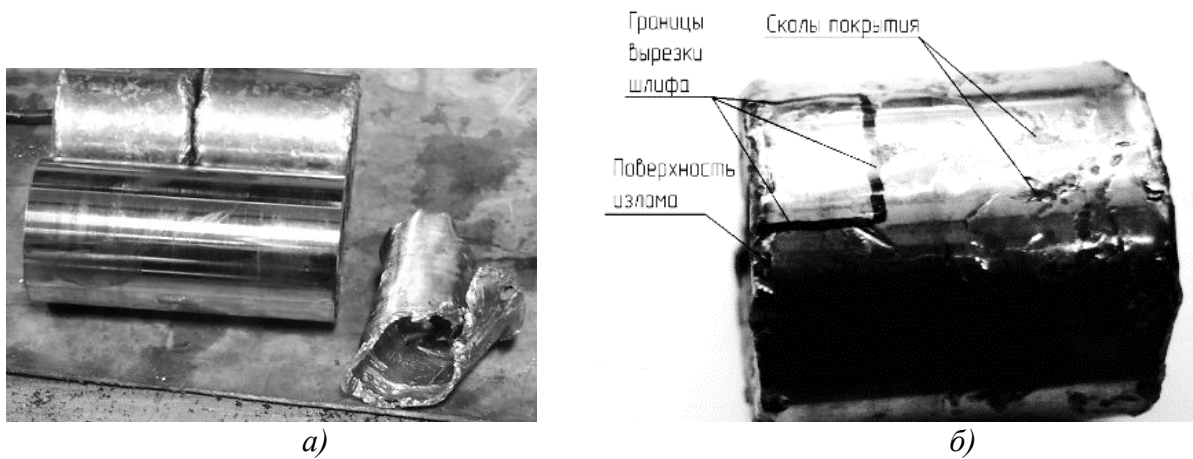


Рисунок 5– Поршневые пальцы:

а– фрагменты аварийного и рабочего пальца и вкладыш верхней головки аварийного шатуна;

б– исследуемый фрагмент аварийного пальца.



Рисунок 6 – Фильтр грубой очистки смазочного материала, покрытый металлической стружкой.



Рисунок 7– Шатун аварийной группы деталей

Для расследования причин аварии была собрана экспертная комиссия, которой были выполнены:

– визуальный осмотр и макроструктурный анализ излома фрагментов представленных деталей, в том числе: цилиндровой втулки; поршня с фрагментами поршневых колец; оба фрагмента поршневого пальца; шатуна; вкладышей нижней и втулки верхней головки шатуна;

– микроструктурный анализ материала фрагментов деталей двигателя;

–измерение твёрдости материала деталей методами Роквелла и Виккерса (микротвёрдость).

В результате обследования установлено следующее.

Все детали аварийной шатунно-поршневой группы имеют существенные повреждения. Они были не только сломаны при работе двигателя, но и обломки их подвергались механическому воздействию (ударам), вследствие того, что двигатель непосредственно после аварии некоторое время продолжал работать. Все другие рабочие детали двигателя имеют поверхности, притёртые до равновесной шероховатости, без каких-либо заметных дефектов.

Шатун аварийной цилиндропоршневой группы изогнут вследствие ударов верхней головки об обломки поршня и цилиндровую втулку, очевидно, уже после аварийного разрушения.

Палец разрушившийся при аварии имеет следы многочисленных ударов по всем поверхностям, в том числе и по поверхности излома, так что характер разрушения пальца методом макроструктурного анализа поверхности излома установить невозможно. Рабочая поверхность пальца упрочнена химикотермической обработкой (рисунок 8).

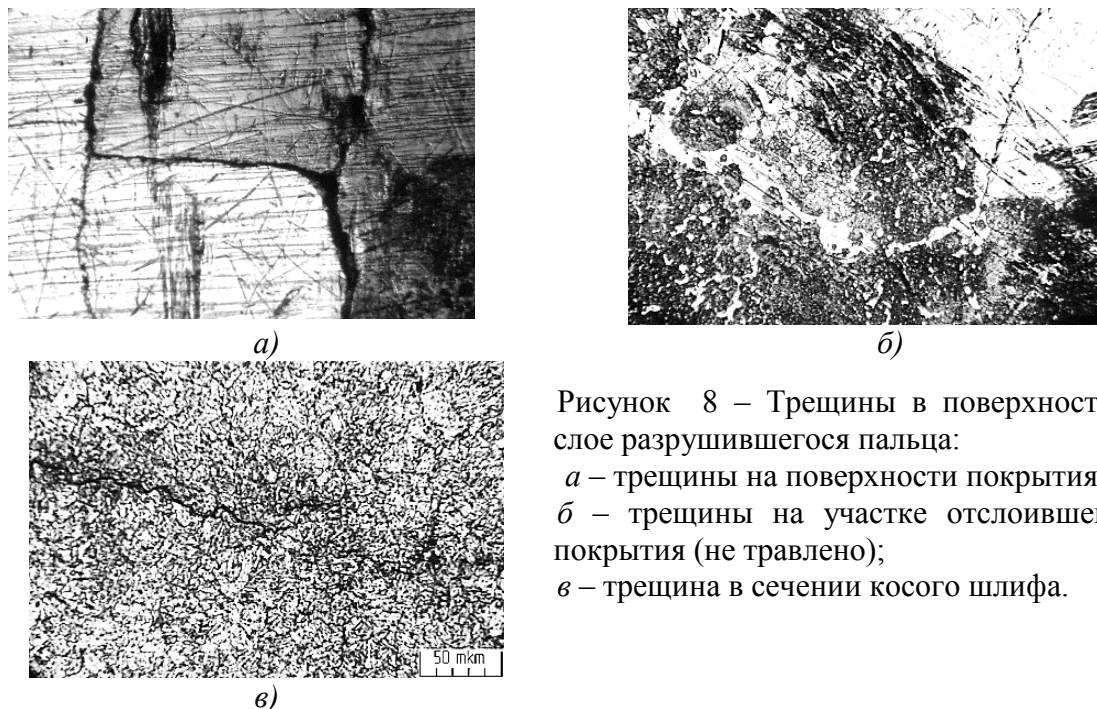


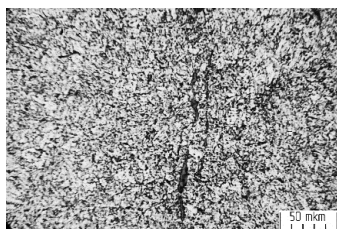
Рисунок 8 – Трещины в поверхностном слое разрушившегося пальца:

- а* – трещины на поверхности покрытия;
- б* – трещины на участке отслоившегося покрытия (не травлено);
- в* – трещина в сечении косого шлифа.

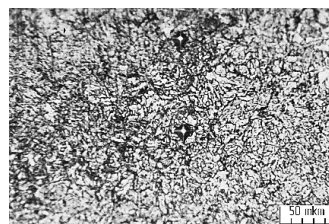
Поверхность разрушившегося поршневого пальца покрыта сеткой трещин. Однако, очевидно, что эти трещины имеют вторичный характер, то есть они были получены уже после разрушения пальца, вследствие ударов об обломки поршня, втулку и шатун. На контрольном пальце, взятом из соседнего рабочего цилиндра, каких-либо нарушений целостности рабочей поверхности не обнаружено. Качество обработки, как внешней поверхности, так и отверстия, и торцов соответствует требованиям ГОСТ Р 53443.

Структура стали поршневого пальца – мелкокристаллическая, улучшенная, малоуглеродистая, соответствует требованиям. Химикотермической обработкой каких-либо дефектов структуры не внесено (рисунок 9). Твёрдость среднего сечения пальца и поверхности определялась по методу Виккерса на микротвёрдомере ПМТ-3 при нагрузке на индентор 100 г. Твёрдость поверхности пальца составляет $HV\ 7,15$ ГПа, твёрдость среднего сечения $HV\ 3,27$ ГПа. Эти характеристики обеспечивают износостойкость поверхности поршневого пальца в сочетании с вязкостью основы. В материале (стали) разрушенного пальца имеются неметаллические включения, сульфиды, количество которых соответствует

2-3 баллу, что не превышает допустимое значение для стали категории «качественная» ГОСТ 1050.



а)



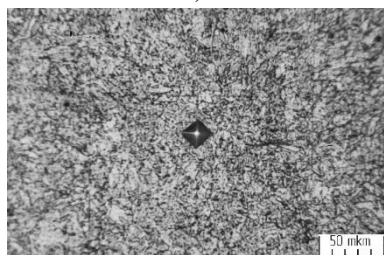
б)

Рисунок 3.9 – Микроструктура стали разрушенного пальца:

а – неметаллические включения (сульфиды) балл - 3 по ГОСТ 1778;

б – структура внешнего слоя (в сечении косого шлифа) с отпечатками пирамиды микротвердомера ПМТ-3 (HV 7,15 ГПа);

в – структура среднего сечения с отпечатком пирамиды МПТ-3 (HV 3,27 ГПа)



в)

Микроструктура поверхности поршня – немодифицированный эвтектический силумин (рисунок 10) соответствует техническим условиям ГОСТ 1583. Каких-либо дефектов литья в сломанном поршне не обнаружено.

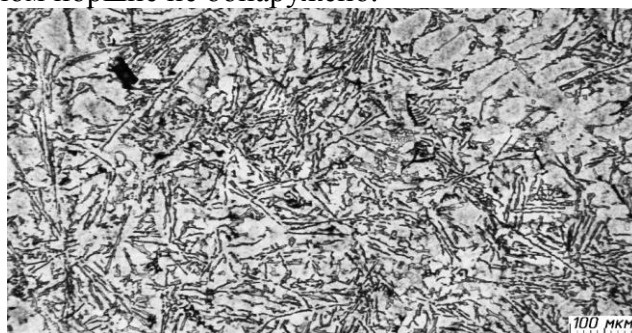


Рисунок 3.10 – Микроструктура разрушенного поршня: эвтектический силумин.

Микроструктура разрушенной втулки – серый чугун на перлитной основе соответствует марке СЧ-25 ГОСТ 1412 (рисунок 11). Каких-либо дефектов литья или нарушений структуры в сломанной втулке не обнаружено.



а)



б)

Рисунок 11 – Микроструктура разрушенной втулки: *а* – средняя часть сечения, *б* – наружная поверхность

Проведённые исследования микроструктуры группы разрушенных деталей не выявили каких-либо дефектов строения структуры металла, а также признаков нарушений качества механической и термической обработки.

В тоже время вид излома поршня и положение обломка верхнего компрессионного кольца поршня свидетельствует о заклинивании поршня в положении верхней мёртвой точки в плоскости качания шатуна (рисунок 12, а). Это явилось результатом нарушения теплового режима работы двигателя. Предположение о заклинивании поршня при перегреве двигателя подтверждается наличием вырыва металла поршня (рисунок 12 б) и вырыва металла втулки в области верхней мёртвой точки (рисунок 13).



Рисунок 12 – Вид разрушенного поршня:
а – излом, б – наружная (внешняя) сторона

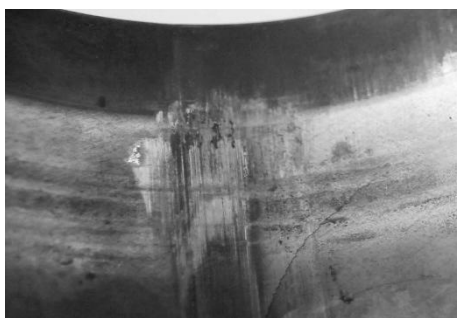


Рисунок 13 – Зеркало разрушенной втулки рабочего цилиндра

В пользу этой версии говорит и следующее обстоятельство: во время разборки двигателя были опрессованы три форсунки правого моноблока. Две из них, в том числе и аварийного, 2-го рабочего цилиндра, имели давление начала открытия форсунки меньше номинального значения, в результате чего, вместо факельного происходило струйное впрыскивание топлива. При таком ухудшении смесеобразования, для поддержания заданной мощности, требуется большая цикловая подача топлива, что и могло стать причиной нарушения теплового режима работы двигателя.

Динамику аварийного разрушения деталей цилиндропоршневой группы можно представить следующим образом:

- в результате неправильной работы форсунок произошло нарушение теплового режима работы двигателя и уменьшился зазор между стенками цилиндровой втулки и поршнем;
- повышается коэффициент трения, начинается повышенный износ стенок втулки, это, в свою очередь, интенсифицирует тепловыделение на трущихся поверхностях;
- происходит заклинивание поршня в верхней мёртвой точке его хода. В этом месте хорошо заметны канавки, оставленные компрессионными кольцами, так называемая, «тельняшка». Эти канавки образуются при вырывании микрочастиц, приварившихся к трущимся деталям, при мгновенной остановке поршня в верхней и нижней мёртвых точках;
- при последующем движении шатуна происходит излом поршневого пальца и отрыв нижней части поршня;

- при последующем движении шатуна вверх его верхняя головка ударяет в заклиненный обломок поршня – происходит изгиб шатуна;
- обломок поршня ударяет по клапанам, те в свою очередь, через коромысла деформируют штанги толкателей;
- шатун, свободно качающийся на шатунной шейке коленчатого вала, разбивает втулку цилиндра;
- вода из зарубашечного пространства проливается в картер, пар вырывается через сапун;
- двигатель останавливают.

Заключение:

- 1 Дефектов микроструктуры металла, а также нарушений качества механической обработки группы разрушенных деталей, не выявлено;
- 2 Разрушение деталей 2-го рабочего цилиндра вызвано заклиниванием поршня в верхней мёртвой точке, которое произошло в результате нарушения теплового режима работы двигателя, обусловленного несоответствующей требованиям регулировкой топливной аппаратуры.

Литература:

1. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ВАЛОВ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ. Иванчик И.С., Иванчик С.Н., Бастерс А.В. В сборнике: НАУКА. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ. ОБОРОНА. труды XVI Всероссийской научно-технической конференции, посвященной 70-летию Победы Великой Отечественной войне. 2015. С. 348-352.
2. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ДЕТАЛЕЙ СУДОВОЙ ТЕХНИКИ Токарев А.О., Иванчик С.Н., Иванчик И.С. Речной транспорт (XXI век). 2011. № 3 (51). С. 74-75.
3. АНАЛИЗ ПРИЧИН И ПРОФИЛАКТИКА АВАРИЙ ДЕТАЛЕЙ СУДОВОЙ ТЕХНИКИ. Токарев А.О., Иванчик С.Н., Иванчик И.С. А. О. Токарев, С. Н. Иванчик, И. С. Иванчик ; М-во трансп. Российской Федерации, Федеральное агентство морского и речного трансп., ФГОУ ВПО "Новосибирская гос. акад. водного трансп.". Новосибирск, 2010.
4. ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ : учеб. пособие / А. В. Гуськов, К. Е. Милевский. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015
5. ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ВАЛОВ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ. Токарев А.О., Пеньков Р.Ф., Иванчик И.С., Иванчик С.Н. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2008. № 1. С. 187-191.
6. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ДЕТАЛЕЙ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ Пеньков Р.Ф., Токарев А.О., Иванчик И.С., Павлов С.В. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2007. № 2. С. 145-149.
7. ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЧИНЫ РАЗРУШЕНИЯ ШЕСТЕРЕН СУДОВЫХ И ПОРТОВЫХ МЕХАНИЗМОВ. Пеньков Р.Ф., Иванчик И.С., Токарев А.О. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2007. № 1. С. 87-97.
8. А. В. Гуськов, К. Е. Милевский/ НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ТЕХНОГЕННЫЙ РИСК : учебное. пособие Новосибирск /, Новосибирский. Государственный. Технический . университет 2016 г.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО СОПРЯЖЕНИЯ

И.С. Иванчик, С.Н. Иванчик

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»,
г. Новосибирск
ivan_ilija@ngs.ru

На основании анализа исходных данных, микро и макроструктурного, конструктивно-технологического анализов было показано, что у кривошипно-шатунного механизма, находящегося в исправном состоянии, не противоречащего требованиям ГОСТ и Правилам Речного Регистра, в процессе эксплуатации внезапно увеличилась температура в зоне трения шатунного подшипника и шейки коленчатого вала 2-го рабочего цилиндра, которая превысила температуру полной фазовой перекристаллизации конструкционной стали. Такое повышение температуры носило локальный характер и проявилось только в кривошипно-шатунном сопряжении 2-го рабочего цилиндра. У остальных трибосопряжений двигателя внешних проявлений существенного нарушения температурного режима обнаружено не было.

Что могло послужить причиной внезапного локального возрастания температуры в трибосопряжении?

Одна из причин – не соответствие свойств смазочного материала требованиям ГОСТ или внезапное нарушение свойств смазочного материала, в результате увеличения содержания водной фазы или механических примесей, или др. – исключается. При изменении свойств смазочного материала изменение температурного режима коснулось бы всех трибосопряжений. Однако, это не подтверждается результатами исследования.

Другой причиной локального нарушения температурного режима работы трибосопряжения могло стать изменение режима смазывания шатунного подшипника от гидродинамического – к граничному и, далее, к сухому трению. Такая причина выглядит весьма правдоподобно, т.к. не противоречит результатам исследования. Изменение режима смазывания могло произойти в результате локального падения давления смазочного материала, коснувшегося только данного трибосопряжения.

Одной из причин локального падения давления масла могло стать засорение масляных каналов. Однако и эта версия не подтверждается результатами исследования: масляные каналы шатуна и коленчатого вала чисты и не содержат никаких элементов, способствовавших их засорению или закупориванию.

Другой причиной локального падения давления смазочного материала в трибосопряжении могло стать раскрытие нижней головки шатуна в результате самопроизвольного отвинчивания шатунных болтов. Рассмотрим эту версию более подробно.

В процессе эксплуатации двигателя, от действия вибрации началось самопроизвольное отвинчивание одного шатунного болта. Для этого процесса есть все предпосылки: резьба имеет минимальный запас самоторможения; посадка резьбового соединения, в соответствии с требованиями ГОСТ, выполняется с гарантированным

зазором; устройств, предотвращающих самопроизвольное отвинчивание болтов – нет; проконтролировать качество сборки 100% шатунов – невозможно. Отвинчивание шатунного болта приводит к раскрытию нижней головки шатуна и увеличению проходного сечения смазочной магистрали в данном, конкретном, локальном трибосопряжении. В результате происходит падение давления смазочного материала и режим трения переходит от гидродинамического к граничному. Дальнейшее вывинчивание шатунного болта приводит к увеличению зазора в шатунном подшипнике. В результате, под действием вибрации и из-за уменьшения сил зажима, вкладыши шатунного подшипника смещаются со своего штатного места и сминают стопорный штифт. Происходит расклинивание вкладышей подшипника между постелью нижней головки шатуна и вращающейся шейкой коленчатого вала. Режим смазывания переходит в сухое трение.

Начиная с перехода к граничному смазыванию, температура в зоне трения начинает расти. При переходе к сухому трению, температура в зоне контакта достигает своей максимальной величины, превышающей температуру перекристаллизации, стали. Твёрдость материалов трибосопряжения, в том числе и шатунных болтов, при этом, существенно уменьшается. Антифрикционный слой подшипника, при этом, полностью выплавляется.

Взаимное смещение друг относительно друга нижней крышки шатуна и его нижней головки привело (в пределах зазора между шлицами) к деформированию резьбы шатунного болта в направлении перпендикулярном расположению его оси (в радиальном направлении), а также к смятию шлицев. После полного вывинчивания резьбовой части болта, последний выпал в поддон картера. В дальнейшем произошло полное раскрытие нижней головки шатуна с загибанием стержня оставшегося шатунного болта и его разрыв. Освободившийся шатун ударил по вращающейся шатунной шейке и, в результате того, что твёрдость материала последней уже была существенно ниже нормы, оставил на ней глубокую забоину с вытеснением части материала (рисунок 1).



Рисунок 1 – Имитация расположения стержня шатуна при ударе о шатунную шейку

Данная гипотеза выглядит более правдоподобной и обоснованной. Для проверки правильности рассуждений зададим контрольный вопрос, сформулировав его следующим образом: в результате какого события один шатунный болт практически не повреждён (имеет лишь незначительное смятие витков резьбы в радиальном направлении), а второй болт разорван с изгибом? Ответ – очевиден и он «лежит на поверхности»: первый болт самопроизвольно вывернулся и упал в поддон, а второй не выдержал «свалившейся на

него» нагрузки и разорвался. Отсюда следуют и все те последствия, о которых речь шла выше.

В чём же причина самопроизвольного вывинчивания шатунного болта? Возможными представляются две версии: превышение момента затяжки болта и недостаточный момент затяжки. При превышении момента затяжки резьбового соединения происходит смещение витков резьбы (нитек) в осевом направлении и даже их отрыв от материала основы. Данная версия не подтверждается результатами исследования: смещения ниток резьбы в осевом направлении у шатунного болта – нет (см. рис. 3.64). При недотягивании резьбового соединения запас самоторможения резьбы ещё более уменьшается и вполне может привести к самопроизвольному отвинчиванию.

Таким образом, методом исключения, приходим к следующему выводу: авария кривошипно-шатунного механизма 2-го рабочего цилиндра произошла в результате нарушения технологии сборки нижней головки шатуна, выразившееся в недотягивании резьбового соединения до требуемого усилия, которое, в свою очередь, привело к самопроизвольному вывинчиванию шатунного болта и раскрытию нижней головки шатуна в процессе эксплуатации.

Таким образом, проведённый анализ позволяет сформулировать следующие выводы:

Геометрические параметры резьбы шатунных болтов не противоречат требованиям ГОСТ 16093 и ГОСТ 24705;

Резьба M12×1,5 имеет наименьший запас самоторможения из всего ряда мелких шагов, предусмотренных ГОСТ 24705;

Конструкция нижней головки шатуна не предусматривает приспособлений или соответствующих деталей, не допускающих самопроизвольного ослабления и/или отдачи шатунных болтов;

Правила Российского Речного Регистра не имеют жёстких требований к наличию приспособлений или соответствующих деталей, не допускающих самопроизвольного ослабления и/или отдачи шатунных болтов для двигателей мощностью менее 55 кВт;

Технология сборки нижней головки шатуна не позволяет обеспечить 100%-й контроль качества затяжки шатунных болтов;

Изменение режима смазывания второй шатунной шейки коленчатого вала от гидродинамического – к граничному и, далее, к сухому трению, привело к увеличению температуры сопряжённых деталей, превышающее температуру полной фазовой перекристаллизации углеродистой стали (820 – 850°C);

Температурное воздействие привело к потере прочности деталей сопряжения и почти полному расплавлению антифрикционного слоя вкладышей шатунного подшипника.

Закключение:

Причиной аварии кривошипно-шатунного механизма 2-го рабочего цилиндра послужило нарушение технологии сборки нижней головки шатуна, выразившееся в недотягивании резьбового соединения до требуемого усилия, которое, в свою очередь, привело к самопроизвольному вывинчиванию шатунного болта и раскрытию нижней головки шатуна при работе двигателя.

На основании всего выше сказанного, рекомендуется компании-судовладельцу и компании поставщику двигателей обратиться в Главное Управление Российского Речного Регистра с ходатайством об ужесточении требований к конструкции нижней головки

шатунa двигателей TD226B-3CD с целью предотвращения самопроизвольного отвинчивания шатунных болтов.

Литература:

1. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ВАЛОВ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ. Иванчик И.С., Иванчик С.Н., Бастерс А.В. В сборнике: НАУКА. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ. ОБОРОНА. труды XVI Всероссийской научно-технической конференции, посвященной 70-летию Победы Великой Отечественной войне. 2015. С. 348-352.
2. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ДЕТАЛЕЙ СУДОВОЙ ТЕХНИКИ Токарев А.О., Иванчик С.Н., Иванчик И.С. Речной транспорт (XXI век). 2011. № 3 (51). С. 74-75.
3. АНАЛИЗ ПРИЧИН И ПРОФИЛАКТИКА АВАРИЙ ДЕТАЛЕЙ СУДОВОЙ ТЕХНИКИ. Токарев А.О., Иванчик С.Н., Иванчик И.С. А. О. Токарев, С. Н. Иванчик, И. С. Иванчик ; М-во трансп. Российской Федерации, Федеральное агентство морского и речного трансп., ФГОУ ВПО "Новосибирская гос. акад. водного трансп.". Новосибирск, 2010.
4. ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ : учеб. пособие / А. В. Гуськов, К. Е. Милевский. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015
5. ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ВАЛОВ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ. Токарев А.О., Пеньков Р.Ф., Иванчик И.С., Иванчик С.Н. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2008. № 1. С. 187-191.
6. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ДЕТАЛЕЙ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ Пеньков Р.Ф., Токарев А.О., Иванчик И.С., Павлов С.В. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2007. № 2. С. 145-149.
7. ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЧИНЫ РАЗРУШЕНИЯ ШЕСТЕРЕН СУДОВЫХ И ПОРТОВЫХ МЕХАНИЗМОВ. Пеньков Р.Ф., Иванчик И.С., Токарев А.О. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2007. № 1. С. 87-97.
8. А. В. Гуськов, К. Е. Милевский/ НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ТЕХНОГЕННЫЙ РИСК : учебное. пособие Новосибирск /, Новосибирский. Государственный. Технический . университет 2016 г.

ПЕРЕРАБОТКА ТАЛЬКОНАПОЛНЕННОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО РАЗЛИЧНЫМИ ДОБАВКАМИ

Мирошникова Алена Дмитриевна,
Дюльдина Мария Владимировна

Самарский государственный технический университет
fctpm@samgtu.ru

Рассмотрено влияние различных добавок на реологические и физико-механические свойства тальконаполненных композиций.

The effect of various additives on the rheological and physicomechanical properties of talcous-filled compositions is considered.

Наполненный полипропилен (ПП) является одним из наиболее распространенных материалов современной аэрокосмической отрасли, перерабатываемого литьем под давлением. Однако введение дисперсного наполнителя вызывает ряд эффектов и явлений, которые усложняют переработку.

Наполненный полипропилен (ПП) является одним из наиболее распространенных материалов современного автомобилестроения. Композиции ПП используются для формования крупногабаритных деталей автомобилей высокопроизводительными способами литья под давлением и экструзией.

Однако имеющийся в настоящее время ассортимент композиций ПП не полностью удовлетворяет повышенным требованиям конструкторов автомобилей и особенно технологов – переработчиков пластмасс. Введение дисперсного наполнителя в ПП вызывает ряд недостаточно изученных эффектов и явлений, например агрегирование, которые усложняют переработку.

Неизученность этих явлений, в особенности в присутствии поверхностно-активных добавок, не позволяет осмысленно оптимизировать состав и структуру композиций.

Отсутствие полимерных композиций, отвечающих по своим технологическим свойствам и эксплуатационным показателям требованиям крупносерийного производства автомобильных деталей, препятствует широкому внедрению этого прогрессивного материала в автомобилестроение с использованием наиболее перспективных и высокопроизводительных методов экструзии, литья под давлением.

Эффективным методом регулирования структуры и свойств тальконаполненного ПП является использование поверхностно-активных веществ.

Создание новых композиций позволило определить направление регулирования структуры и физико-механических свойств изделия.

Необходимым условием эффективности добавок является с одной стороны сродство к ПП, с другой – способность изменять энергию и характер взаимодействия на границе раздела Н-раслав и Н-полимерная матрица. Критерием сродства к полимеру является величина параметра растворимости, к наполнителю и металлической поверхности оборудования по переработке – наличие у молекул добавки полярных групп.

Целью настоящей работы явилось изучение особенностей поведения расплава тальконаполненного ПП в присутствии добавок.

Полипропиленовая композиция произведена на основе ПП марки Бален (ТУ-2211-020-00203521-96) с индексом расплава 10,2 г/10 мин, 28% талька ТПМ-В (ТУ-27-003-10733471-2000). В качестве регуляторов технологического процесса использовали 1,5% продукта теломеризации нитроэтилового спирта, диэтиленгликоля и малеиновой кислоты (НМ), 1,5% эпоксицианированного соевого масла (ЭСМ) и 1,5 и 3% диоктилфталата (ДОФ).

Добавки вводили в тальк в смесителе типа «пьяная бочка» в течение 5ч. Композиции содержали 4,4; 9,8; 19,6; 26,0; 28,0 и 39,6 % массовых, что соответствовало объемному содержанию 2,21; 4,92; 9,84; 13,05; 14,06 и 19,88 % наполнителя, и приготавливались путем смешения компонентов при 503 К в пластосмесителе «Бренбери» с последующим гранулированием.

Для реологических исследований использовали пластометр постоянного давления ИИРТ-АМ и импортный пластометр типа MeltYndex 65400/000 CeastS.p.A (Италия) с микро ЭВМ. Степень кристалличности изучали по соотношению оптической плотности полос поглощения Д998 и Д973 на спектрометре «SpecordM 80».

Структура и свойства композиции исследовались на стандартных модельных образцах: лопатка, диск, брусок, изготавливавшихся литьем под давлением.

Физико-механические свойства, усадку и влагопоглощение определяли по стандартным методикам.

Обработка результатов проводилась методом математической статистики и теории вероятности по ГОСТ 14359-69.

Реологические исследования проводили на вискозиметре постоянного давления типа ИИРТ-АМ с капилляром диаметром 2,095 мм при нагрузках 3,25; 12,0; 21,6; 38,0; 50,0. Для оценки входных потерь использовали фильеру диаметром 1,18 мм. Входные потери давления при течении через капилляр диаметром 2,095 мм зависели от степени наполнения ПП и находились в пределах: для нагрузки 3,25 Н от 60%; 12 Н – 51%; 21,6 Н – 30%; 38 Н – 23% и 50 Н – 19% . Потери давления учитывались при определении индекса течения и эффективной вязкости.

Расплавы наполненного ПП обладают свойствами псевдопластичной среды с уменьшением коэффициента эффективной вязкости с ростом напряжения. В области напряжений свыше $1,5 - 3,0 \cdot 10^4$ Па вязкость достигает величины 450-500 Па·с для ПП и композиций, содержащих 1,5% ДОФ и НМ, и 430 Па·с для композиций с ЭСМ и без добавок. Аномалия вязкости связана с уменьшением плотности межмолекулярных контактов с повышением скорости сдвига. Аналитически течение расплава ПП и тальконаполненных композиций в области аномалии вязкости аппроксимируется степенной зависимостью:

$$\tau = \eta_{\text{эфф}} \gamma^n,$$

где τ – напряжение сдвига, Па; γ – скорость сдвига, с^{-1} ,

$\eta_{\text{эфф}}$ – эффективная вязкость, при $\gamma=1$, Па·с; n – индекс течения.

Параметры реологического уравнения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты экспериментов

Тип добавки	Индекс течения	Эффективная вязкость $\gamma=1$	Предел текучести, МПа	Усадка, %	Относительная деформация при разрыве, %	ПТР, г/10 мин
нет	0,89	636	34	3,4	210	10,5
28% ТПМ-В	0,83	907	28	1,05	17,7	7,4
28% ТПМ-В + 1,5% ЭСМ	0,89	650	33,9	0,87	22,5	9,94
28% ТПМ-В + 3% ДОФ	0,96	500	31,9	0,87	25	9,0
28% ТПМ-В + 1,5% ДОФ	0,89	668	33,6	0,86	23	9,6
28% ТПМ-В + 1,5% НМ	0,86	630	34,8	0,82	26	10,8

Подбор и уточнение рецептуры композиций ПП с использованием добавок, в том числе обладающих поверхностно-активными свойствами является эффективным путем получения технологичных композиций для авиационной промышленности.

Оптимальные свойства полипропиленовых композиций, содержащих 28% талька достигаются при введении 1,5% НМ.

Литература:

1. В.Н.Кулезнев., Основы технологии переработки пластмасс: учебник для вузов.- М.:Химия, 2004.-597 с.
2. Помещиков В.И., Макаров В.Г., Дюльдина М.В. Реология расплава тальконаполненного полипропилена.- Известия вузов. сер. Химия и химическая технология.-2001.-Т.44. Вып.3.-131 с.

РАСЧЕТ ЦИКЛОНА С ВНУТРЕННИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ И АНАЛИЗ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

Никулин Антон Сергеевич, Дорофеев Денис Дмитриевич,
Круглов Сергей Сергеевич

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г.
nikulinskiy@yandex.ru

В данной работе исследуется работа циклонного пылеуловителя на пониженных скоростях потока. Такие циклоны используются во многих отраслях промышленности, таких как: нефтеперерабатывающая, газоперерабатывающая, строительная, деревообрабатывающая и тд. В качестве основы для исследований был взят пылеуловитель разработки ДОО «ЦКБН» ГП 628, предназначенный для очистки природного газа от мелкодисперсных аэрозолей. В этом аппарате установлено 6 циклонов диаметром 600 мм и углом патрубка ввода 15° . Для увеличения качества очистки газа на пониженных, относительно расчетных, скоростях было предложено установить полый конус большим основанием вверх. Для расчета был использован CFD модуль SolidWorks и Hysys для работы со свойствами газа. В результате расчеты были установлены, что данный способ уменьшает минимальный диаметр твердых частиц, улавливаемый циклоном.

Ключевые слова: очистка газа, сепарация, циклон, разделение дисперсионных систем, моделирование циклона, повышение характеристик циклона, CFD.

Введение

Проблема заключается в снижении эффективности улавливания пыли с падением производительности пылеуловителей, вследствие падения дебита скважины.

Ведущее место в подготовленных запасах России занимает Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО) с разведанными запасами более 30 трлн. м³ природного газа. На сегодняшний день, на завершающей стадии, находятся большинство эксплуатируемых в этом округе месторождений [1].

В статье [2] рассматривается проблема расчета газового потока в циклонных аппаратах на пониженных скоростях.

Цель работы заключается в исследовании качества очистки циклона на пониженной производительности и повышение качества очистки путем установки конуса внутри аппарата.

Теория

В качестве исследуемого циклона был выбран циклон ЦН-15-600. По проектной документации [3] номинальная производительность 0,9 м³/с, что соответствует скорости на входе 14,5 м/с, а по данным статьи [2], посвящённой исследованию циклона при пониженной производительности, взята скорость 3,94 м/с, поэтому в данном исследовании скорость на входе была принята 3,94 м/с, т.к. исследуется модернизация уже установленных циклонов, работающих при пониженных скоростях потока. Состав газовой смеси, давление и температуру газа так же была взята по статье [2]: рабочее давление газа 5,72 МПа, температура 8 °С. состав газовой смеси приведен в таблице 1.

Таблица 1. Состав газа

Компонент	Молярная доля в смеси
Метан	0,9864
Этан	0,0042
Пропан	0,0009
Бутан	0,0003
Пентан	0,0001
Азот	0,0077
Углекислый газ	0,0004
Сумма	1,0000

В ASPEN HYSYS были определены свойства смеси. В таблице 2 приведены свойства газа, требуемые для расчета.

Таблица 2. Состав газа

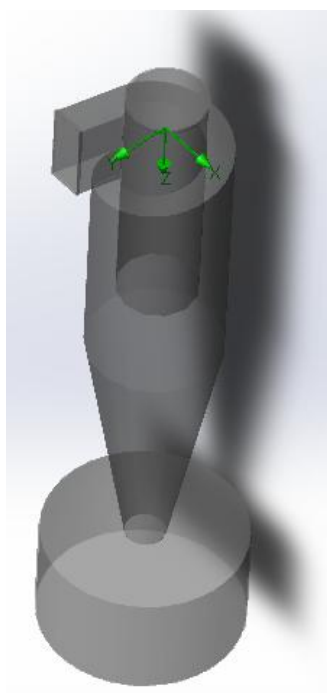
Наименование	Значение
Молярная масса, г/моль	16,25
Показатель адиабаты	1,097
Динамическая вязкость, Па·с	0,00001667
Удельная теплоемкость, Дж/кг·К	2607
Теплопроводность, Вт/м·К	0,04774

По данным [3] примем насыпную плотность твердых частиц 2000 кг/м^3 . Диаметр частиц: 5, 15, 20 мкм.

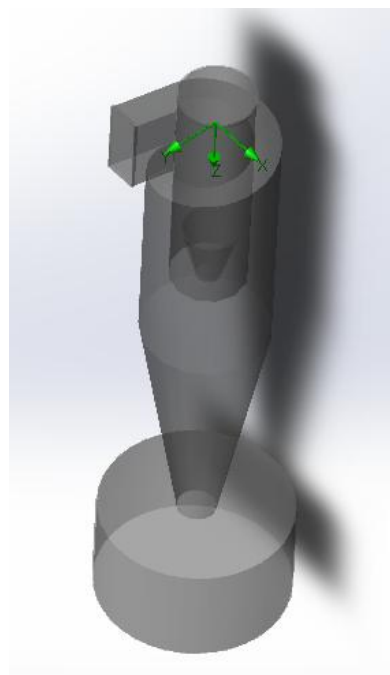
После проведенных исследований было выявлено, что лучше всего показывает себя конус, обращенный меньшим диаметром вниз, установленный на входе в выхлопную трубу.

На рисунке 1а изображена 3D модель циклона без внутренних элементов, а на рисунке 1б изображена модель с внутренним элементом – конусом, обращенным меньшим диаметром вниз.

Граничные условия: полностью развитый поток на выходе со скоростью $3,94 \text{ м/с}$, давление окружающей среды на выходе $5,72 \text{ Мпа}$. По оси Z применена сила тяжести с ускорением равным $9,98 \text{ м/с}^2$.



а



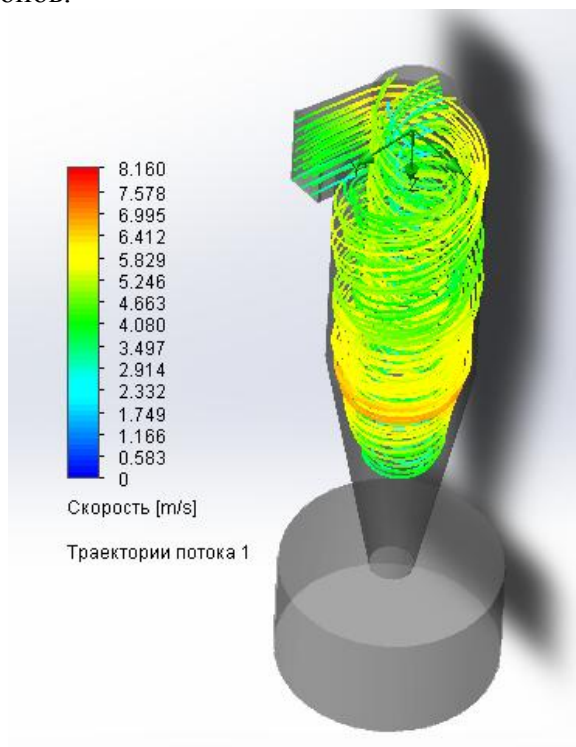
б

Рисунок 1 – 3D модели циклона ЦН-15-600 без внутренних элементов (а), с конусом, обращенным меньшим диаметром вниз (б)

Результаты

На рисунке 2 показаны траектории движения газа с нанесенными на них скоростями потока. На рисунке 3 приведены траектории движения частиц размером 20 мкм.

По результатам расчета была найдена эффективность очистки газа от мех. примесей с размером частиц 5, 15 и 20 мкм. В таблице 3 и 4 приведены сводные результат расчета циклонов.

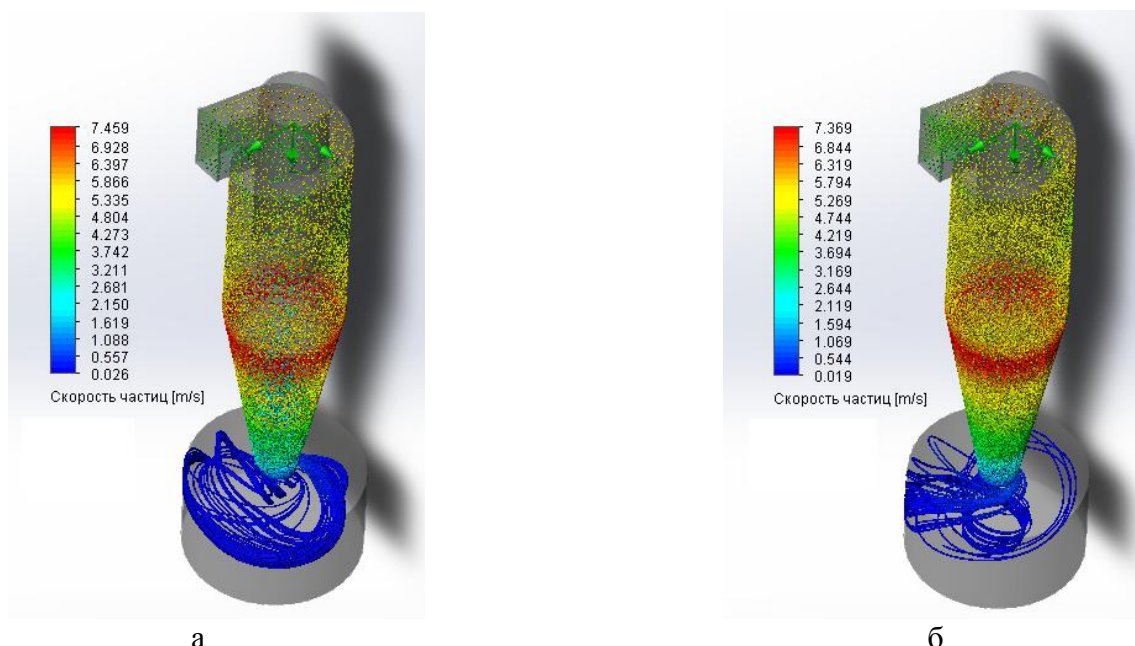


а



б

Рисунок 2 – Траектории движения газа без внутренних элементов (а), с конусом, обращенным меньшим диаметром вниз (б)



а
Рисунок 4 – Траектории движения частиц 20 мкм без внутренних элементов (а), с конусом, обращенным меньшим диаметром вниз (б)

Таблица 3. Результаты расчета циклона без внутренних элементов

Размер частиц, мкм	Эффективность очистки, %	Перепад давлений, МПа
5	8	0,0013
15	16	
20	92	

Таблица 4. Результаты расчета циклона с установленным конусом

Размер частиц, мкм	Эффективность очистки, %	Перепад давлений, МПа
5	21	0,0017
15	100	
20	100	

Выводы

В результате расчета было получено что, установив внутрь циклона конус, обращенный меньшим диаметром вниз, можно повысить эффективность очистки, но увеличится перепад давлений.

Литература:

1. Касымов, Т.М. Оптимизация технологии подготовки газа в период падающей добычи на месторождении Т (ЯНАО): дис. ... магистра техники и технологий: 24.04.01 / Касымов Тимур Маратович. – Томск, 2017. 160 с.
2. Алиев Т.Т., Беляев С.Н., Галахарь А.С. Моделирование в среде ANSYS течения многокомпонентной газовой смеси через циклон ЦКБН пылеуловителя ГП-628 на участке очистки газа // Известия вузов. Машиностроение. – 2014 – №10 – С. 25-30.
3. ГП 628.01.000-21 РР2. Пылеуловитель / ЦКБН, 2007.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ УЧЕБНОГО СТАНКА С ЧПУ

А.Ф. Ильин, В.А. Новиков

Научный руководитель: Огнев А.Ю., к.т.н. доцент

Новосибирский государственный технический университет
г. Новосибирск

Формирование комплекса профессиональных компетенций у обучающихся в области механообработки на станках с ЧПУ, в том числе специальностей, связанных с художественной обработкой материалов, невозможно без практики на станках. Однако опыт работы на промышленных центрах зачастую недоступен, поэтому все большую популярность в образовательных учреждениях набирают учебные станки с ЧПУ, возможности которых чаще всего сильно ограничены. Поэтому наша работа посвящена разработке полноценного многофункционального учебного фрезерного станка с ЧПУ с широким спектром обрабатываемых материалов.

Formation of a complex of professional competencies for students in the field of machining on CNC machines, including specialties associated with artistic processing of materials, is impossible without practice on machines. However, work experience in industrial centers is often unavailable, so educational machines with CNC are gaining in popularity in educational institutions, whose capabilities are often severely limited. Therefore, our work is devoted to the development of a full-featured multifunctional educational CNC milling machine with a wide range of processed materials.

В связи с реалиями современной промышленности все большую актуальность приобретает так называемое "умное" производство, отличительной особенностью которого является автоматизация. Основным инструментом автоматизации является числовое-программное управление, которое позволяет программировать практически любые производственные процессы. В связи с этим пристальное внимание к технологиям ЧПУ сейчас приковано не только в промышленности, но так же и в сфере образования, так как организация "умного" производства требует наличия высококвалифицированного персонала.

Создание сложных изделий художественной направленности в формате серийности на сегодняшний день так же является невозможным без применения ЧПУ. Огромное количество сложнопрофильных изделий возможно получить исключительно при помощи фрезерования, точения и 3D печати с ЧПУ. Поэтому основной задачей, которая была поставлена перед нашим коллективом, стала разработка учебно-производственного фрезерного обрабатывающего станка, предназначенного как для обучения студентов основам ЧПУ программирования, так и для изготовления мастер-моделей либо изделий художественной тематики из легкообрабатываемых материалов.

Основной проблемой представленных на рынке учебных и компактных станков с ЧПУ является малая жесткость конструкции рамы станка. Это является следствием того, что типичной компоновкой таких станков является порталная, при которой инструмент

перемещается по всем осям относительно неподвижной заготовки. При этом такая компоновка требует наличия большого количества подвижно сопрягаемых элементов, что приводит к снижению жесткости конструкции, а это пагубно сказывается на качестве обработки.

Поэтому отличительной особенностью нашего проекта является поиск возможности разработать кинематику станка таким образом, чтобы конструкция рамы обеспечивала достаточное рабочее пространство для обработки без существенной потери в жесткости. Для этого нами было решено сохранить порталную конструкцию станка, но уйти от схемы, когда вся несущая арка со шпиндельным узлом перемещается относительно неподвижного стола. Для этого мы рассмотрели вариант, когда стол перемещается внутри портала по одной оси. Таким образом, шпиндельный узел, будучи закреплен на неподвижном портале и перемещаясь вдоль него в двух направлениях, а не в трех, будет иметь повышенную жесткость.

В связи с необходимостью обрабатывать широкий спектр материалов, в том числе и древесину, мы рассмотрели возможность установки на станок высокоскоростного шпинделя с частотой вращения до 24000 об/мин. Для того, чтобы убедиться в том, что наша конструкция рамы станка обеспечивает необходимую жесткость для установки такого шпинделя, мы планируем провести оценку нашей конструкции методом конечных элементов. Это позволит нам внести все коррективы в конструкции до изготовления первых деталей в металле, что сэкономит много времени и средств.

Литература:

1. Кравченко В.Н., Автоматизированное программное оборудование с ЧПУ: учебное пособие. – Владимир : Изд-во Владимир. политехн. унт-а, 1992. - 68 с.

ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Н.Д. Сашко

Научный руководитель: доктор техн. наук, профессор Х.М. Рахимьянов

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, nikita-s-94@mail.ru

Работа посвящена изучению технологических возможностей формообразования сложнопрофильных изделий из керамических материалов. В данной работе рассмотрены как традиционные, так и альтернативные методы обработки изделий из керамических материалов. В ходе анализа методов формообразования определены преимущества и недостатки каждого из методов. Установлено, что для производства керамических изделий сложной формы целесообразней использовать метод фрезерования.

The work is devoted to the study of technological possibilities for forming complex products from ceramic materials. In this paper, we consider both traditional and alternative methods of processing products from ceramic materials. In the course of the analysis of the methods of shaping, the advantages and disadvantages of each method are determined. It has been established that it is more expedient to use the milling method for the production of complex ceramic products.

Введение

Керамические материалы (КМ) нашли применение во многих отраслях промышленности. Современные керамические материалы обладают такими свойствами как высокая твердость, износостойкость, химическая и коррозионная стойкость, жаропрочность, что позволяет использовать керамику в качестве материала для изготовления режущего инструмента, контейнеров для хранения радиоактивных отходов, электрических и электронных компонентов, керамических композитных автомобильных тормозов, фильтров, датчиков нового поколения, ударопрочной защиты, конструкций для ракетно-космической отрасли [1]. Благодаря своей биосовместимости КМ обладают большим потенциалом для использования в медицинских имплантатах. Например, из тетрагональной циркониевой керамики, стабилизированной иттрием производят зубные протезы. Керамику из циркония с высокой прочностью, вязкостью и низкой теплопроводностью также используют в стоматологии в качестве имплантатов, абатментов и коронок. Также особый интерес вызывает использование керамических материалов в ортопедии. Одним из факторов, ограничивающих промышленное применение керамики, является невозможность добиться точности размеров при изготовлении изделий, что приводит к дополнительным этапам обработки.

Керамические материалы относятся к классу труднообрабатываемых материалов [2]. Высокая твердость, низкая пластичность, склонность к растрескиванию – все это создает трудности при формообразовании изделий из КМ. Данные свойства керамики особенно негативно сказываются при получении изделий, имеющих сложную геометрическую форму, с высокой точностью и качеством обработки. Сложность в достижении точности размеров при изготовлении изделий является одним из факторов, ограничивающих промышленное применение керамики.

Данная статья посвящена обзору традиционных, а также альтернативных методов обработки для формообразования керамических изделий сложной формы, с целью выявить преимущества и недостатки, а также определить возможности каждого из методов.

Результаты

Как известно, для получения высокоточных поверхностей изделий из КМ в основном используют операции шлифования и полирования [3]. Механическую обработку данными методами проводят в три стадии: черновая, чистовая и доводочная. Снятие материала в таких абразивных процессах происходит за счет возникновения в поверхностном слое заготовки напряжений, превышающих напряжения разрушения материала заготовки, в результате чего на обработанной поверхности могут оставаться микротрещины (Рисунок 1). Наличие поверхностных микротрещин влияет на долговечность изделия за счет близости к зонам концентрации контактных напряжений при эксплуатации [4].

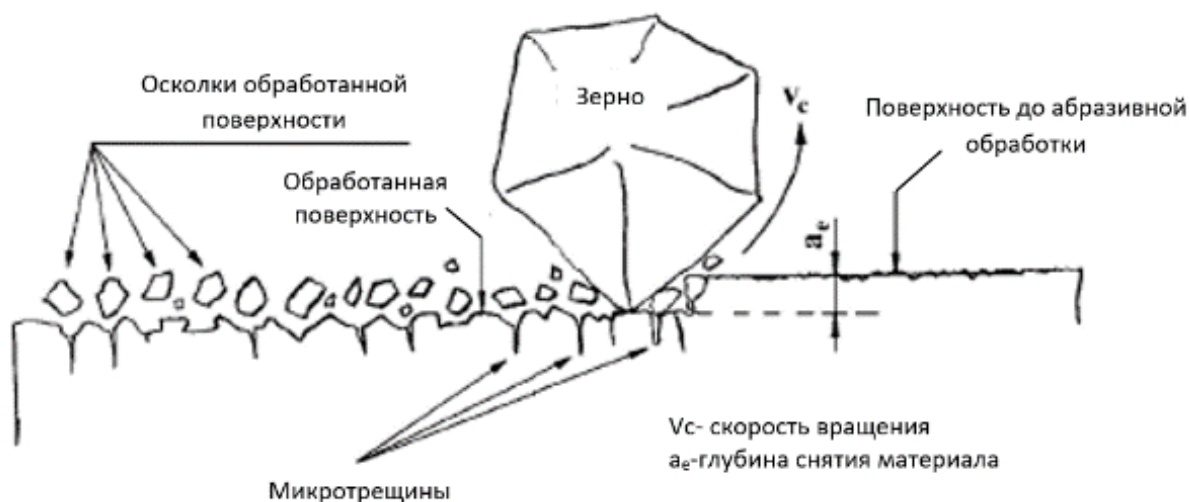


Рисунок 1 – Механизм шлифования керамических изделий

Одним из альтернативных методов обработки КМ является ультразвуковая размерная обработка (Рисунок 2). Механизм ультразвуковой обработки твердых хрупких материалов состоит в разрушении обрабатываемого материала ударами абразивных зерен, которые находятся между обрабатываемым материалом и инструментом, колеблющимся с ультразвуковой частотой. Обработка происходит в жидкой среде, несущей абразивные зерна. Данный вид обработки позволяет проводить такие операции как резание заготовки, обработка по наружному контуру, создание отверстий [5].

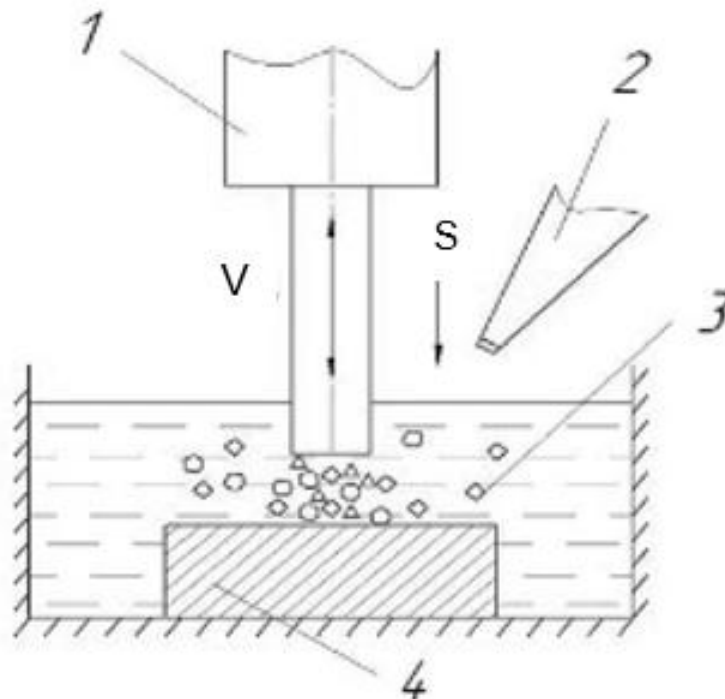


Рисунок 2 – Механизм ультразвуковой обработки керамических материалов: 1-инструмент; 2-насос подачи суспензии абразива; 3-абразив; 4-обрабатываемая деталь

На УЗ станках можно получать отверстия различной формы в поперечнике от 0,2 до 60-80 мм и глубиной до 20-30 мм (до 250-300 мм с применением особых установок). Шероховатость поверхности отверстия при данной механической обработки зависит от размера зерен абразива. Формообразование заготовок по наружному контуру производится вырезанием их из плоских заготовок-пластин. Данная операция выполняется за один или несколько проходов. Количество проходов выбирается исходя из сложности обрабатываемого изделия. Обрабатывая контур изделия ультразвуковой обработкой за один проход можно достичь точность размеров до 0,01 мм. Детали, имеющие сложную форму, приходится обрабатывать за несколько последовательных этапов ультразвуковой обработки. Однако, пооперационная обработка элементов контура детали снижает точность размеров и геометрической формы обрабатываемого изделия примерно в 2 раза, по сравнению с обработкой по всему контуру одним инструментом в течении одной операции. Данное явление связано с погрешностями, возникающими в результате наладки инструмента и установки заготовки по отношению к инструменту [6].

Другим альтернативным методом обработки керамических материалов является гидроабразивная резка. Особенностью такой обработки является то, что в качестве режущего инструмента используется струя воды, содержащая абразив, которая подается в зону обработки под большим давлением [7]. Диаметр струи составляет 0,5-1,5 мм и выбирается исходя зависимости от природы обрабатываемого материала. К достоинствам можно отнести то, что при гидроабразивной обработке материала на него не воздействует высокая температура, таким образом физико-химические свойства остаются неизменными [8]. Однако, получение объемных изделий сложной формы данным метод весьма затруднительно. Также, характерным недостатком данной обработки является быстрый износ фокусирующие трубки – сопла, что значительно повышает стоимость обработки.

Для того, чтобы избежать повреждения детали из-за напряжений и трещин, механические методы обработки проводят с низкой скоростью. Инструменты быстро изнашиваются, и для достижения требуемого качества детали необходима затратная последующая обработка. Лазерная обработка лишена данных проблем. При лазерной обработке не требуется механическое воздействие на обрабатываемый материал. Это позволяет осуществлять лазерную резку с высокой степенью точности (до 0,01 мм) [9]. Благодаря большой плотности мощности лазерного излучения обеспечивается высокая производительность, сочетающаяся с высоким качеством поверхности. Лазерная резка в отличие от круглого универсального инструмента позволяет выполнять острые углы, переходы без радиусов, тонкие перемычки (толщиной менее 1-2 мм), отверстия любого диаметра [10]. Использование лазера особенно выгодно в тех случаях, когда требуется изготовление сложных деталей малыми сериями и большой номенклатуры. Применение лазера для сверления оказывается эффективным по сравнению с другими способами в некоторых случаях: сверление под углом, при соотношении глубины отверстия к диаметру больше единицы (глубокое отверстие). Однако, в силу низкой теплопроводности керамики при лазерной обработке возможно появление трещин и сколов. Изменяя параметры лазера (энергия импульса, мощность излучения) можно уменьшить количество микротрещин и отказаться от затратной последующей обработки.

Недостатки рассмотренных методов формообразования значительно снижают точность и качество обработки керамических изделий, что делает данные способы обработки неэффективными. Таким образом, существующих методов обработки керамических изделий недостаточно и необходимы новые способы формообразования, лишенные недостатков методов, рассмотренных ранее. Исходя из свойств КМ наиболее рационально использовать механический вид обработки.

Возможным решением проблемы формообразования керамических изделий может стать метод фрезерования. Данный метод наиболее универсальный из всех методов обработки. Проведенные эксперименты на различных этапах создания керамического материала показали, что фрезерование целесообразней проводить после этапа прессования на сырой керамике, не подвергнутой спеканию и поэтому не обладающей высокой твердостью. Таким образом удастся избежать образование сколов и трещин, возникающей от напряжений при обработке спеченной керамики.

Используя различные виды фрез и выбирая необходимые режимы обработки, можно достигать требуемых точности размеров и шероховатости изделия [11]. Также данный метод позволяет получать изделия более сложной формы по сравнению с другими методами, за счет дополнительных координат при использовании поворотного стола станка. Использование фрезерных станков с ЧПУ увеличивает точность обработки, тем самым повышая качество изделия [12]. В результате большого объема удаляемого материала при фрезеровании, время обработки превосходит такие традиционные методы как шлифование.

Заключение

В ходе анализа выявлены достоинства и недостатки таких методов как шлифование и полирование, ультразвуковая обработка, гидроабразивная резка, лазерная обработка. Для получения изделий сложной формы, предложен метод фрезерования, который имеет ряд преимуществ перед другими методами обработки. Данный метод позволяет получать сложнопрофильные изделия с точностью размеров до 0,01-0,05 мм. Применение поворотного стола станка при фрезеровании увеличивает вероятность получения изделий более сложной формы. Использование систем ЧПУ увеличивает точность обработки, повышая тем самым качество изделия.

Литература:

1. Салахов А.М. Современные керамические материалы: учебник для вузов / А.М. Салахов. – Казань: КФУ, 2016. – 407 с.
2. Бабич В.Ф. Химическое оборудование из керамики / В.Ф. Бабич. – М.: Машиностроение, 1987. – 224с
3. Балкевич В.Л. Техническая керамика: учебник для вузов / В.Л. Балкевич – М.: Стройиздат, 1984. – 254с.
4. Malkin S. Hwang T.W. Grinding Mechanisms for Ceramics / S. Malkin, T.W. Hwang // Manufacturing Technology. – 1996. – Volume 45, issue 2. – P. 545-634.
5. Хмелев В.Н. Ультразвуковая размерная обработка материалов / В.Н. Хмелев. – Барнаул: АлтГТУ, 1997. – 120с.
6. Волосатов В.А. Ультразвуковая обработка / В. А. Волосатов – Л.: Лениздат, 1973. - 248 с.
7. Шпилев В.В. Повышение эффективности процесса гидроабразивной резки листовых деталей путем оптимизации режимов обработки и параметров струи рабочей жидкости. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Саратов: СГТУ, 2012. – 159 с.
8. Потапов В.А. Струйная обработка: состояние и перспективы развития в Европе и мире / В.А. Потапов // Вестник машиностроения. - 1996. – №1. - С. 26-30.
9. Забелин А.М. Лазерные технологии машиностроения: учеб. пособие /А. М. Забелин, А. М. Оришич, А. М. Чирков. – Новосибирск: НГУ, 2004. – 141 с.
10. Рахимьянов Х. М. Лазерная обработка материалов: учеб. пособие / Х.М. Рахимьянов, Б.А. Красильников. – Новосибирск: НГТУ, 2000. – 22 с.
11. Сафин В.Н. Основы программирования фрезерных станков с ЧПУ: учебное пособие/В. Н. Сафин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 34 с.
12. Жолобов А.А. Станки с ЧПУ: устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка: учеб. пособие/ А. А. Жолобов.– М.: ФЛИНТА, 2014. – 355с..

СЕКЦИЯ: БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

УДК 331.464

АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙ, ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ОДНОЙ ИЗ ШАХТ КУЗБАССА

А.А. Брежнев

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.М. Парахин

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск,
brejnew.and@yandex.ru

Статья посвящена проблеме травматизма и гибели людей на шахтах Кузбасса. В ней рассматриваются основные причины аварий, травмирования и профзаболеваний шахтеров на примере одной из шахт.

The article is devoted to problem of traumatism of people at Kuzbass mines. Principal causes of accidents, traumatism and occupational diseases of miners are considered in the example one of the mines.

Кузнецкий угольный бассейн является крупнейшим угольным месторождением в мире. На его долю приходится 56% от общего объема российской добычи угля.

Несмотря на регулярные проверки техники безопасности и состояния забоев, ежегодно на шахтах происходят различные техногенные катастрофы. Неслучайно профессия шахтера считается одной из самых опасных. Риск гибели в шахте весьма высок из-за специфики добычи полезных ископаемых. И, несмотря на постоянное повышение стандартов безопасности условий труда, аварии на российских шахтах продолжают происходить.

Одной из основных проблем безопасности угольной промышленности в Кузбассе является высокая взрывоопасность, связанная с внезапными выбросами угля и газа, вспышками и взрывами метановоздушных смесей.

19-го марта прошло ровно 11 лет со дня крупнейшей аварии в российской угледобыче на шахте «Ульяновская», унесшей жизни 110 шахтеров.

К гибели людей приводил уже не один десяток аварий, произошедших на российских шахтах. Оборудование, пришедшее в негодность, несоблюдение правил техники безопасности, халатность служащих, отвечающих за безопасность тружеников шахт, зачастую являются поводом таких трагедий.

Ниже в виде табличных данных приведено распределение травмированных горняков одной из шахт Кузбасса по видам происшествий за период с 2014 по 2017 года (табл.1).

Таблица 1 - Распределение травмированных по видам происшествий[1]

№ п/п	Вид происшествия	Всего травмировано, чел			
		2014г	2015г	2016г	2017г
	Всего травмировано в организации	31	14	30	26
1	Взрыв, вспышка газа и угольной пыли	7			
2	Пожары, всего:				
3	Внезапные выбросы угля, породы, газа				
4	Горные удары				
5	Обвалы и обрушения	2			
6	Воздействие машин и механизмов, движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов и деталей	2	3	6	6
7	Происшествия на подземном транспорте	1	1	2	1
8	Происшествия на надземном транспорте				
9	Падение пострадавшего с высоты	3		1	2
10	Падение предметов, техники	9	7	15	12
11	Поражение электрическим током				
12	Отравление, удушье				
13	Затопления, прорыв воды				
14	Прочие	7	3	6	5

По фактам травмирования наибольшую опасность представляют: взрывы и вспышки метана; падение предметов от обвала и обрушений, падение человека, машины, механизма; немеханизированные инструменты, транспортные средства.

Основной же причиной аварийности и травматизма на угольных предприятиях являются

психофизиологические факторы, в частности, нарушения требований правил и норм безопасности руководителями работ, специалистами и персоналом, отступления от установленных регламентов и технологий, принятие неверных решений в конкретных ситуациях, ослабление трудовой и производственной дисциплины, выполнение работ в опасных зонах, недостаточный опыт в условиях интенсивной работы, управление машинами и механизмами в состоянии алкогольного опьянения и т.п.

Ниже в виде табличных данных приведен анализ профессиональной заболеваемости шахтеров за период с 2014 по 2017 годы.

Таблица 2 - Сравнительная характеристика профессиональной заболеваемости[1]

Вид заболевания, чел.	2014г.	2015г.	2016г.	2017г.
Заболевания органов дыхания	6	8	7	8
Заболевания от физических перегрузок	12	9	11	10
Вибрационная болезнь, суставная костная патология	16	20	19	17
Нейросенсорная тугоухость	15	20	17	15
Прочее	5	0	6	3
Итого	54	57	60	53

Профессиональная заболеваемость – общепризнанный критерий вредного влияния неблагоприятных условий труда на здоровье работников.

В угольной промышленности – это контакт с угольной пылью; изменение состава воздуха (снижение содержания кислорода, увеличение концентрации углекислого газа, поступление в атмосферу шахты метана, оксида углерода, сероводорода, сернистого газа, оксидов азота, взрывных газов и т.д.); шум и вибрация; нерациональное освещение и вентиляция; вынужденное положение тела; нервно-психическое, зрительное, слуховое перенапряжение; тяжелый физический труд, а также повышенная опасность травматизма. И чем больше подземный стаж, тем выше вероятность нарушения здоровья в результате заболевания или травмы.

Воздействие на организм высоких концентраций пыли, помимо профессиональных заболеваний приводит к развитию профессионально-обусловленных хронических неспецифических заболеваний легких и верхних дыхательных путей. Воздействие шума и вибрации на работающих обусловлено несовершенством горной техники. На механизированных шахтах наибольшее распространение получили болезни опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы, а также нейросенсорная тугоухость.

Наличие весьма высокой профзаболеваемости шахтеров объясняется тем, что гигиенические условия труда на рабочих местах, защитные характеристики применяемых СИЗ и качество бытового обслуживания находятся на уровне, не позволяющем обеспечить надежную защиту здоровья подземных трудящихся.

Следовательно, чтобы сделать шахтерским труд более безопасным необходимо:

1. Откорректировать организационные мероприятия по предупреждению травматизма на шахтах, а именно:

разрабатывать организационно-технических мероприятия, направленные на исправление недостатков, выявленных при проведении ведомственных проверок состояния охраны труда на производстве, проводить профотбор, повышение квалификации, обучение и подготовку по вопросам охраны труда и техники безопасности;

изменить подход к работе по охране труда, а именно изучать причины возникновения нарушений, разрабатывать меры по предотвращению несчастных случаев, проводить профилактику;

увеличить штрафы за нарушение требований промышленной безопасности и охраны труда

постоянно вести контроль за безопасной эксплуатации шахтного оборудования, транспорта, состоянием противоаварийной и противопожарной защитой, ведением взрывных работ;

2. Усовершенствовать технические мероприятия по предупреждению травматизма и профзаболеваний на шахтах:

обеспечивать нормальное проветривание и пылегазовый режим, выполнять комплексную дегазацию шахт и повышать ее эффективность, обеспечивать безопасную эксплуатацию высокопроизводительных очистных забоев при отработке газообильных угольных пластов, выполнять комплекс мер по борьбе с внезапными выбросами угля и газа;

проводить внедрение высокопроизводительных средств охлаждения шахтного воздуха для обеспечения нормальных параметров микроклимата на рабочих местах [2].

Литература:

1. Отчеты «Состояние промышленной безопасности и охраны труда шахты имени Дзержинского» за 2014, 2015, 2016, 2017 года.

2. Полтавец В. И. О неотложных мерах по улучшению охраны труда и техники безопасности на предприятиях угольной промышленности и о финансировании проблемных вопросов / В. И. Полтавец. – К: Чистый четверг. –2008.– №1(17). – С. 46.

УДК: 621.316.993

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

А.А.Брыксин

Научный руководитель: доцент Н.Я.Илюшов

Новосибирский государственный технический университет, г.Новосибирск,
andreyvika9510@gmail.com

В статье использовался метод расчета заземляющих устройств, в основу которого входит вычисление сопротивления одиночного и группового заземления воздушной линии электропередач.

The article used the method of calculating grounding devices, which is based on calculating the resistance of a single and group grounding of an overhead power line.

В настоящее время одной из проблем создания безопасной эксплуатации линий электропередач является высокое сопротивление опор. Оно приводит к образованию коротких импульсов наиболее опасных для витковой изоляции трансформатора, в свою очередь формирование высоких сопротивлений заземления вызвано тем, что ряд грунтов имеет высокие удельные сопротивления. Это скальные породы и мерзлый грунт, где удельное сопротивление земли велико (от 1000 до 50000 Ом·м). Чтобы удовлетворить требованиям, предъявляемым к заземлению, на заземляющее устройства затрачивается огромное количество ресурсов. В данной работе будут рассмотрены наиболее эффективные способы заземления ВЛ.

Цель настоящей работы заключается в выборе наиболее эффективных конструктивных параметров искусственного заземлителя, при которых заземляющее устройство удовлетворяет требованиям электробезопасности.

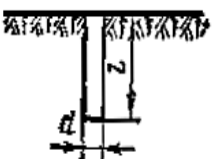
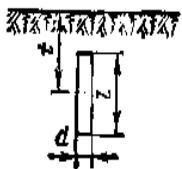
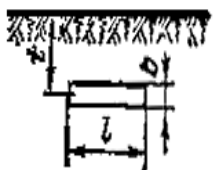
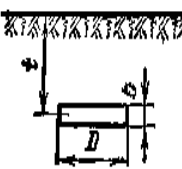
Искусственным заземлителем является одиночный проводник или группа таких проводников (групповое заземление), соединенных между собой.

В случае небольших значений удельного сопротивления грунта (до 200 Ом·м), могут применяться одиночные заземлители следующих видов:

- 1) Вертикальный заземлитель у поверхности земли;
- 2) Вертикальный заземлитель ниже уровня земли;
- 3) Горизонтальный заземлитель протяженный ниже уровня земли;
- 4) Кольцевой горизонтальный заземлитель ниже уровня земли.

Формулы по которым вычислялось заземление ВЛ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Формулы расчета заземления относительно уровня земли

№	Вид заземления	Расположение заземлителя	Расчетные формулы	Расшифровка
1	Вертикальный у поверхности земли		$R_э = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$	где ρ -удельное сопротивление грунта; l -длина заземлителя;
2	Вертикальный ниже уровня земли		$R_э = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right)$	d -диаметр заземлителя; π -математическая константа равная 3,14;
3	Горизонтальный протяженный ниже уровня земли		$R_э = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bt}$	t -расстояние от поверхности земли до центра заземлителя;
4	Кольцевой горизонтальный ниже уровня земли		$R_э = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \ln \frac{8D^2}{bt}$	b -ширина полосы заземлителя; D -диаметр кольцевого заземлителя.

Результаты расчетов по приведенным в таблице 1 формулам показывают, что системы заземления различной формы при одинаковой длине электродов имеют различные значения сопротивления. На рисунке 1 представлены диаграммы показывающие какое сопротивление имеют различные типы заземлители при длине 1,3,5,10,15 и 30 метров. Анализ данной диаграммы показывает, что нет строгой зависимости между видом заземлителя его сопротивлением и длиной его электродов. Так, например, при длине 1 метр наименьшее сопротивление имеет кольцевой электрод, а наибольшее вертикальный у поверхности земли, но если увеличить длину электродов до 10 метров, то сопротивление кольцевого электрода будет уже несколько больше вертикального. Следовательно, выбор системы заземления определенного типа следует проводить не только по значению его сопротивления, но и по затратам на металл.

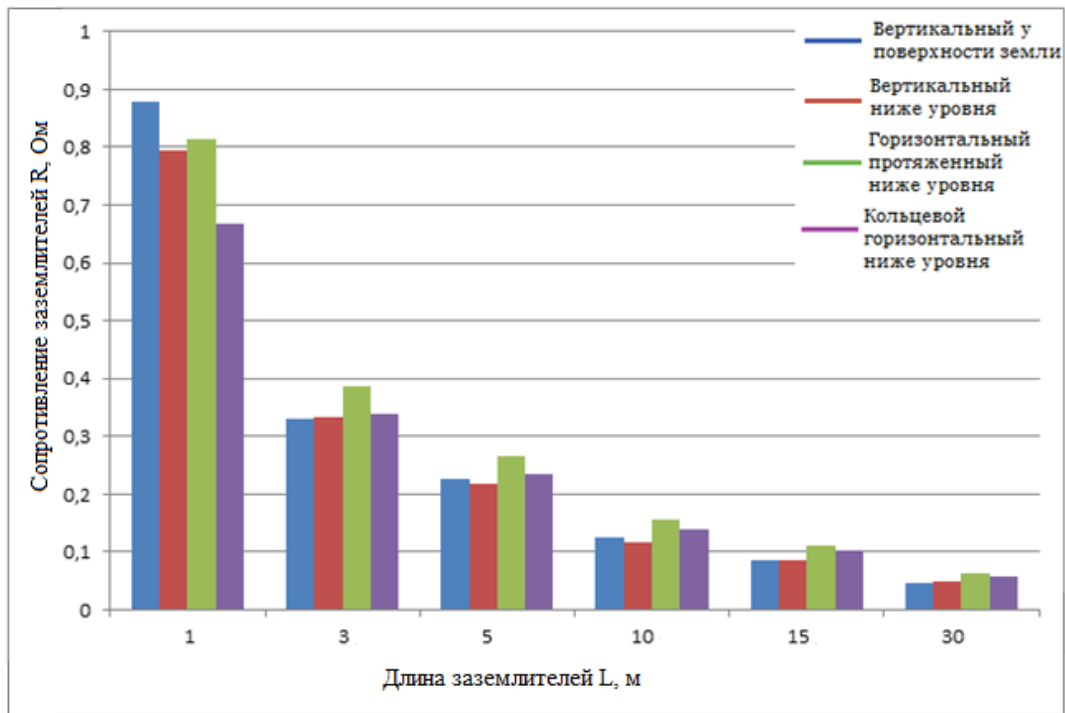


Рисунок 1 - Зависимость длины заземлителя от удельного сопротивления грунта

В случае с большим уровнем удельного сопротивление грунта (от 200 - 50000 Ом·м) применение одиночного заземлителя не целесообразно, поэтому применяется групповое заземление [2]. При этом в соответствии с требованиями ПУЭ сопротивление системы заземления опор 110 кВ и выше должно составлять $6 \cdot 10^{-3} \rho$, где ρ - удельное сопротивление грунта. Расчеты, проведенные для заземлителей в виде многолучевой звезды расположенной у поверхности земли, контура заземления с вертикальными электродами и кольцевого заземления расположенного ниже уровня земли, показывают, что длина данных электродов превышает все мыслимые пределы и не может быть реализовано на практике. Так при удельном сопротивление грунта 20000 Ом·м сопротивление системы заземления опор составит: $6 \cdot 10^{-3} \cdot 20000 = 120$ Ом·м. При этом длину контура заземления можно рассчитать по формуле:

— для кольцевого заземления:

$$l = \frac{\rho}{2\pi^3 R} \ln \frac{8R^2 \pi^2}{bt},$$

где,

t — расстояние от поверхности земли до центра заземлителя;

b — ширина полосы заземлителя;

R — сопротивление соединительной полосы. [1]

— для заземлителя формы многолучевой звезды:

$$l \cdot n = \frac{\rho}{\pi R} K_2 \left(\ln \frac{4R}{d} - 1 + N(n) \right),$$

где,

n — количество заземлителей;

K_2 - коэффициент промерзания грунта;

$N(n)$ -функция зависимости количества лучей от коэффициента сезонности [1].

— для вертикального контура заземления:

$$l = \frac{\rho}{2\pi R} \left(\ln \frac{2R}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + R}{4t - R} \right),$$

Результаты расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчеты контуров заземления

Вид заземления	Длина контура заземления l , м
Кольцевое	500
Заземление формы многолучевой звезды	2500
Контур с вертикальными электродами	530

Вывод:

1. Расчеты показывают, что общая длина электродов заземления оказывается чрезвычайно большой и следовательно надежное заземление опор ВЛ установленных в районе с большим сопротивлением грунта практически невозможно.

2. Так как сопротивление системы заземления опор в данных районах не может являться основным средством защиты необходимо использовать другие методы и способы повышения грозоустойчивости ВЛ.

Литература:

1.ГОСТ Р 50571.5.54-2013 «Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов»

2.Приказ Минэнерго РФ от 13 января 2003 г. № 6 "Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей"

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ГРОЗОПОРАЖАЕМОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ОТ СРЕДНЕЙ ВЫСОТЫ ПОДВЕСА ГРОЗОЗАЩИТНОГО ТРОСА

Л. Е. Вершинина

Научный руководитель: к.т.н. Н. Я. Илюшов

Новосибирский Государственный технический университет,
г. Новосибирск, lyuba_vershinina@mail.ru

Для оценки поражаемости воздушной линии (ВЛ) электропередач ударами молний применяется такой показатель, как число ударов молнии на 100 км длины ВЛ. В статье проведен анализ зависимости данного показателя от средней высоты подвеса троса на опоре. Произведен расчет количества ударов молнии на 100 км длины для ВЛ напряжением 220 кВ с различными типами опор с разной высотой подвеса троса.

The number of lightning strokes per 100 km of length of high voltage line is a indicator of a lightning proofness of power line. The analysis of this indicator dependence on the average height of a wire on a tower is carried out in article. Calculation of lightning strikes on 100 km of length for power line 220 kV with various tower types is made.

Одной из основных причин повреждения оборудования подстанции являются грозовые перенапряжения, которые возникают в момент удара молнии в ВЛ, в результате которого на проводах создается высокое напряжение относительно земли, и в обе стороны от места удара вдоль линии распространяются волны. Дойдя до подстанции, набегающие с линии волны создают перенапряжение на изоляции оборудования, и оборудование выходит из строя [1]. Причем чем больше ударов молнии в ВЛ, тем больше вероятность возникновения обратных перекрытий, тем большая опасность для оборудования подстанции.

Так как ВЛ электропередачи является самым протяженным элементом энергетической системы, то невозможно спроектировать ее абсолютно грозозащищённой. В связи с этим является актуальным вопрос снижения грозопоражаемости ВЛ. Наиболее важной для расчета грозопоражаемости энергетических объектов характеристикой является *плотность разрядов молнии на землю* ρ_0 , наблюдаемая с помощью счетчиков разрядов молнии в течение длительного срока [2]. Данный показатель оценивается с помощью *продолжительности грозовой деятельности в часах*. Соотношение этих двух показателей выражается следующей зависимостью [2]:

$$\rho_0 = 0,05 \cdot N_{г.ч} \quad (1).$$

Зависимость числа ударов молнии на 100 км длины ВЛ от средней высоты подвеса троса на опоре выражается следующим образом [2]:

$$\text{при } h_{cp} \leq 30 \text{ м: } N = 0,2 \cdot \rho_0 \cdot \left(\frac{d_{тр-тр}}{2} + 5 \cdot h_{cp} - \frac{2 \cdot h_{cp}^2}{30} \right) \quad (2),$$

$$\text{при } h_{cp} > 30 \text{ м: } N = 0,15 \cdot \rho_0 \cdot \left(\frac{d_{тр-тр}}{2} + h_{cp} + 90 \right) \quad (3),$$

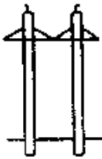
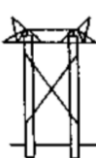
где ρ_0 – плотность разрядов молнии на землю;

h_{cp} – средняя высота подвеса троса или провода, м;

$d_{тр-тр}$ – расстояние между тросами, м. Для ВЛ с одним тросом $d_{тр-тр} = 0$.

Для проведения расчета количества ударов молнии на 100 км длины были выбраны ВЛ – 220 с различными типами опор с разной высотой подвеса троса. Их параметры представлены в табл. 1 [2].

Таблица 1 – Параметры опор для ВЛ – 220

Параметры	П 220-3 	П 220-3т 	П 220-2 	ПБ 220-1 	ПСБ 220-1 	ПБ 220-12 
Расстояние между тросами $d_{тр-тр}$, м	0	0	0	0	6,96	11,6
Средняя высота подвеса грозозащитного троса $h_{ср}$, м	36	38,5	41	24	20,5	25,2

Расчеты, проведенные по формулам (1), (2) и (3) показывают, что при одинаковом количестве грозовых часов, например, 40 часов в год на 100 км, число ударов для ВЛ с разными опорами будут различными (табл. 2).

Таблица 2 – Показатели грозоупорности ВЛ – 220

Показатель	П 220-3	П 220-3т	П 220-2	ПБ 220-1	ПСБ 220-1	ПБ 220-12
Число ударов молнии на 100 км длины ВЛ N	37,8	38,55	39,3	32,64	31,19	35,79

По полученным результатам построена зависимость числа ударов молнии на 100 км длины ВЛ – 220 от средней высоты подвеса грозозащитного троса (рис. 1):

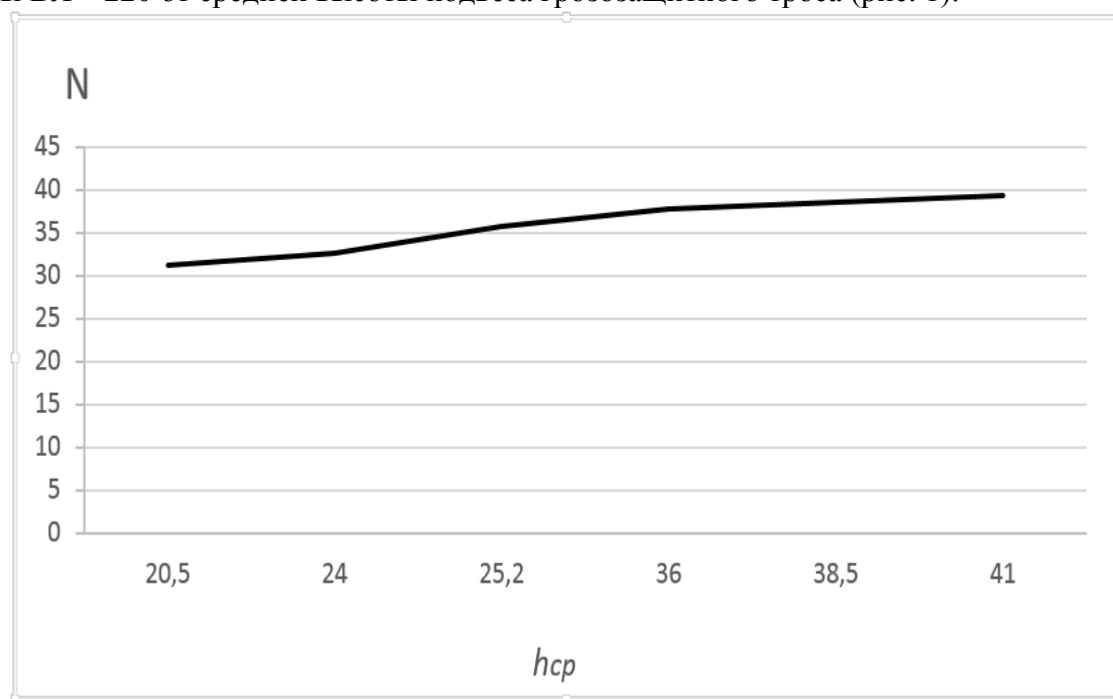


Рисунок 1 – График зависимости числа ударов молнии на 100 км длины ВЛ 220 кВ N от средней высоты подвеса грозозащитного троса $h_{ср}$

Анализ зависимости показывает, что в зависимости от типа опор количество ударов молнии в ВЛ – 220 может отличаться в среднем на 25%, как, например, при использовании ПСБ 220-1, имеющую минимальную высоту подвеса по сравнению с П 220-2, имеющую максимальную высоту подвеса троса на опоре.

Вывод:

Чем выше класс ВЛ, тем более высокие опоры используются при ее монтаже. Следовательно, тем больше ударов молнии приходится в эти ВЛ. Так как из-за вредного воздействия электромагнитного излучения мы не можем снижать высоту подвеса, то необходимо использовать повышенные методы грозозащиты.

Литература:

1. Техника высоких напряжений. Учебник для студентов электротехнических и электроэнергетических специальностей вузов. Под общей ред. Д. В. Разевига. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1976. – 488 с.
2. РД 153-34.3-35.125-99 Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА НАДЕЖНОСТЬ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

**Гавриленко Екатерина Николаевна;
Научный руководитель: Асеев Георгий Евгеньевич, к.т.н.**

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, kativ.95@mail.ru

Транспортная инфраструктура является одним из важнейших факторов прогресса страны. Железнодорожный транспорт - ведущий в транспортной системе России. Его ведущее значение обусловлено двумя факторами: технико-экономическими преимуществами перед другими видами транспорта. Так же это обусловлено географическими особенностями нашей страны.

The transport infrastructure is one of the most important factors in the country's progress. Railway transport is the leading one in the transport system of Russia. Its leading significance is due to two factors: technical and economic advantages over other modes of transport. This is also due to the geographical peculiarities of our country.

Внедрение электрической тяги на транспорте позволил увеличить скорости движения поездов и их вес, а также уменьшить расход топлива. В условиях нашей страны, обладающей весьма протяженными железнодорожными магистралями, внедрение электроэнергии на железнодорожном транспорте дает значительную экономию материальных ресурсов, позволяет использовать низкосортные виды топлива и энергию рек.

Особенностью железнодорожного транспорта является использование рельсовой сети в качестве обратного провода системы тягового электроснабжения. Рельсы, лежащие на шпалах и балласте, неидеально изолированы от земли, поэтому часть обратного тягового тока возвращается на тяговую подстанцию по земле, как по параллельному проводнику. Токи, стекающие с рельсов, в земле создают поле блуждающих токов, оказывающих влияние на подземные сооружения, в том числе и на заземляющее устройство тяговой подстанции.

Тяговая подстанция является сложной электроустановкой, обслуживание которой сопряжено поражением электрическим током. Режим эксплуатации заземляющего устройства тяговой подстанции заставляет обратить особое внимание на целостность заземляющего устройства и его защиту от коррозии.

Это обусловлено возникновением электрохимической коррозии, вызываемой конструктивным сочетанием различных металлов и материалов, а также наличием блуждающих токов. Токи вызываются самим процессом функционирования электрической тяги.

Особенность эксплуатационных условий заземляющего устройства тяговых подстанций заключается в наличии двух видов коррозий. Одним из них является наличие различных металлов, приводящих к электрохимической коррозии.

Возникновение другого вида коррозии связано с использованием электротяги с сопутствующими блуждающими токами, которые часто вызывают электрохимическую коррозию.

Электрохимическая коррозия – весьма распространённый вид коррозии. Она осуществляется за счет электрохимических реакций, происходящих на поверхности металла, находящегося в контакте с раствором электролита или грунта. В среде электролита возникает электрический ток при контакте различных металлов. В электроустановках используют железобетонные фундаменты, стальные заземлители, кабели в свинцовых и алюминиевых

оболочках, которые по требованию электробезопасности электрически соединены. В данном случае коррозия напоминает работу гальванического элемента, а именно происходит перенос электронов от одного участка металла к другому.

Для защиты заземляющего устройства тяговой подстанции от коррозии блуждающими токами можно применить различные методы. Наиболее эффективным и экономичным является электродренаж.

Дренажная защита представляет собой электрическую защиту металлических подземных сооружений от коррозии, вызываемой блуждающими токами, основанная на отводе блуждающих токов с подземного сооружения на рельсы через дроссели, а также через цепи отсоса на тяговую подстанцию. Электрическую защиту дренажами осуществляют при минимальном значении дренажного тока.

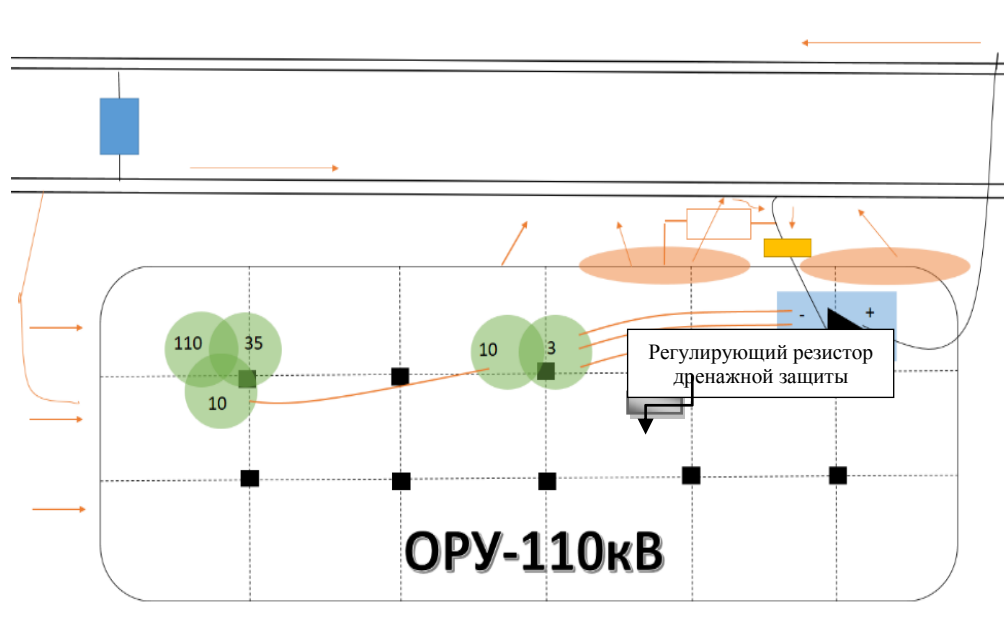


Рисунок 1 – Схема протекания блуждающих токов

На данном рисунке представлена схема протекания блуждающих токов. За счет регулирования величины сопротивления резистора, врезаемого в эту цепь, существует возможность регулировать работу дренажа. Таким образом, можно добиться предотвращения повреждения от действия блуждающего тока.

В дальнейшей работе будут рассмотрены следующие задачи:

1. Оценка эффективности заземляющего устройства по напряжению прикосновения с использованием специальной программы ЭВМ.

2. Математическое моделирование дренажной защиты.

3. Экспериментальное определение поляризационных характеристик электродов заземления.

4. Анализ электробезопасности при использовании дренажа.

Список литературы:

1. Мальцева Г. Н. Под редакцией д. т. н., профессора С. Н. Виноградова. Коррозия и защита оборудования от коррозии: Учеб. пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2000. – с.: 55 ил., 20 табл., библиогр. 11 назв.

2. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов: Учеб. Пособие.- Москва: Изд-во «Металлургия», 1976. -с.472

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОБЛЕМ ПРИ СОЗДАНИИ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА МЕТОДОМ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

В.Г.Дёмина

Научный руководитель: доцент О.В.Тихонова

Новосибирский государственный технический университет, г.Новосибирск,
dyomina.valeriya95@gmail.com

В статье использовался метод экспертного опроса, основу которого составляла анкета из 9 вопросов для определения наиболее значимых факторов при функционировании и совершенствовании охраны труда на предприятиях.

The article used the method of expert interview, which is part of the questionnaire of 9 questions for determining the most significant factors in the functioning and improvement of labor protection in enterprises.

Актуальность выбранной темы заключается в том, что одним из важнейших принципов организации производства является создание безопасных условий труда на всех стадиях производственного процесса. Эти вопросы решает организованная система охраны труда (в дальнейшем ОТ) на предприятиях, которая включает комплекс мероприятий по сохранению жизни и здоровья работников - правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические и иные. Правильно организованная работа по обеспечению безопасности труда повышает дисциплинированность работников, что в свою очередь ведет к повышению производительности труда, снижению количества несчастных случаев, поломок оборудования и иных нештатных ситуаций, то есть в конечном итоге повышает эффективность производства [1].

Цель настоящей работы - определение наиболее значимых компонентов при функционировании и совершенствовании охраны труда на предприятиях. В исследовании предложено реализовать метод экспертного опроса, основу которого составляла разработанная анкета из 9 вопросов по следующей тематике: «Организация охраны труда на предприятиях: политика, цели, финансирование, контроль за состоянием охраны труда, разработка локальной документации». Перечень группы факторов и их описание, которые были приняты для анализа методом ранжирования, представлены в таблице 1.

Таблица 1- Характеристика факторов, которые приняты для ранжирования

Перечень факторов	Наименование факторов	Описание
x1	Система управления охраной труда (СУОТ)	Комплекс взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов, устанавливающих политику и цели в области ОТ у конкретного работодателя и процедуры по достижению этих целей [1].
x2	Специальная оценка условий труда (СОУТ)	Единый комплекс последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных производственных факторов и оценке уровня их воздействия на работника [1].
x3	Внутренний аудит по ОТ	Проверка деятельности предприятия в области ОТ в целом и на каждом отдельном рабочем месте.
x4	Мониторинг по ОТ	Система наблюдений, а также оценка и прогноз состояния безопасности и ОТ на предприятии.

Для получения независимых экспертных заключений было опрошено 13 респондентов, из них: 61,5 % - специалисты по охране труда, 23,1 % - руководители предприятий и 15,4% - преподаватели высших учебных заведений. Согласованность мнений специалистов-экспертов определялась с помощью коэффициента конкордации (W) при наличии связанных рангов по следующей формуле:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i},$$

где m – количество экспертов;

n – количество факторов;

S – сумма квадратов отклонений от среднего значения;

T_i – показатель одинаково связанных рангов.

Коэффициент конкордации изменяется в диапазоне $0 < W < 1$, причем 0 соответствует несогласованности между экспертами, а 1 соответствует полной согласованности. Если значение коэффициента конкордации превышает 0,4–0,5, то качество оценки считается удовлетворительным, если $W > 0,7 - 0,8$ – высоким [2]. При анализе экспертных оценок выявлена степень согласованности респондентов по предлагаемым вопросам в пределах $W = 0,2 - 0,72$ (при этом удовлетворительная и высокая согласованность составляет 56 %).

Для установления степени влияния каждого фактора на его результирующий показатель вычисляется весовость факторов (k_i). Весовость позволяет отобрать наиболее значимые факторы и отбросить незначимые. Для этого определяется обратная величина удельного веса суммы рангов по каждому показателю, к их общей сумме, по всем показателям. Сумма этих соотношений составляет 100 %, а каждое конкретное соотношение характеризует долю влияния соответствующего фактора.

Расчет коэффициента значимости проводили по формуле:

$$k_i = \frac{mn - \sum_{j=1}^n r_{ij}}{0,5 mn (n - 1)},$$

где r_{ij} – ранг присваиваемый i -м экспертом j -му фактору [2].

Распределение исследуемых факторов (x_1, x_2, x_3, x_4) по степеням их значимости представлены на рисунке 1 и принимаются в соответствии с таблицей 1.

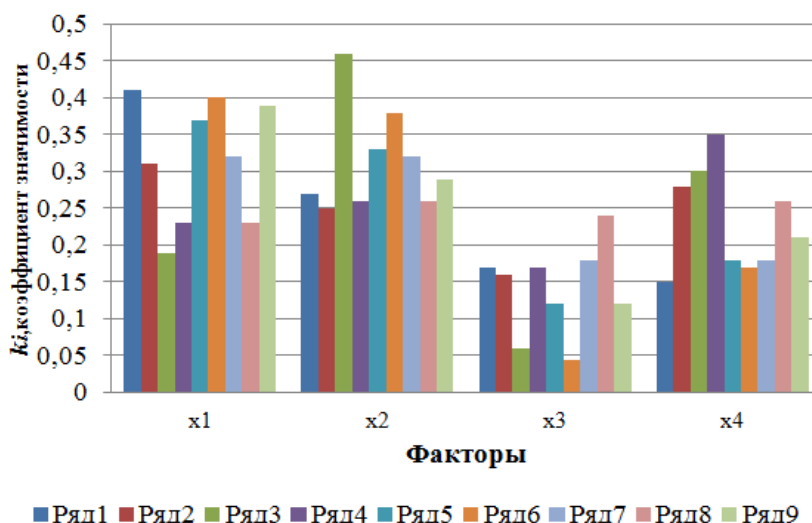


Рисунок 1- Диаграмма распределения исследуемых факторов по степеням их значимости

Где ряд 1 - разработка на предприятии документации в соответствии с требованиями законодательства РФ, ГОСТ-ов и международных стандартов; ряд 2 - недостаточное финансирование фактора; ряд 3 - финансово-затратный фактор; ряд 4 - недостаточный

контроль надзорными органами; ряд 5 - трудности при разработке локальной документации из-за низкой компетентности специалистов; ряд 6 - наиболее трудоемкий фактор по организации и внедрению на предприятиях; ряд 7 - наиболее эффективный фактор в процессе управления ОТ и создания безопасных условий труда на предприятиях; ряд 8 - отсутствие мотивации для руководителей предприятий/подразделений (незначительные штрафы); ряд 9 - низкая социальная ответственность при разработке и внедрении факторов со стороны руководителей предприятий.

По данным проведенной работы сделаны следующие выводы, а именно:

1. Экспертная оценка подтвердила, что приоритетными направлениями по созданию безопасных условий труда на предприятиях являются : проведение СОУТ и создание эффективной СУОТ. Разработка документации по этим направлениям осуществляется в соответствии с требованиями законодательства РФ на достаточно удовлетворительном уровне. В меньшей степени (наименее значимые факторы) ведется работа по внутреннему аудиту и мониторингу в области охраны труда.

2. Респондентами отмечено недостаточное финансирование по всем мероприятиям, связанным с вопросами по созданию безопасных условий труда и внимание контролирующих надзорных органов к рассматриваемым вопросам. Наибольших затрат требует проведение СОУТ.

3. Наиболее трудоемкими по организации и внедрению эксперты считают создание СУОТ и организацию (проведение) СОУТ. По их мнению, это связано с недостаточным уровнем квалификации специалистов в области ОТ, особенно при разработке локальной документации.

4. Необходимо отметить, практически одинаковым оказалось мнение опрошенных в том, что у руководителей предприятий отсутствует мотивация (незначительные штрафы, недостаточные поощрения и т.д.) по совершенствованию функционирования ОТ на предприятиях, при этом наблюдается их низкая заинтересованность по созданию безопасных условий труда работников на всех стадиях производственного процесса.

Таким образом, в дальнейшем предполагается исследовать и разработать методическое обеспечение по улучшению функционирования СУОТ на предприятиях с учетом развития аудита и мониторинга реализации процедур по охране труда.

Исходя из вышеизложенного, совершенствование СУОТ для работающих на предприятиях должно вестись по нескольким направлениям:

–выделение достаточного количества средств на проведение специальной оценки условий труда квалифицированной экспертной организацией, которая позволит идентифицировать, оценить и снизить уровень воздействия опасных и вредных производственных факторов, что в будущем приведет к снижению производственного травматизма и профессиональных заболеваний;

–разработка и внедрение СУОТ с привлечением компетентных специалистов с профильным образованием;

–непрерывное обучение персонала безопасным приемам работы;

–экономическое стимулирование персонала к выполнению требований охраны труда, а работодателей - к внедрению новых безопасных технологий, сокращению рабочих мест с вредными или опасными условиями труда.

Литература:

1.Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018), ст. 209;

2.Громова Н.М., Громова Н.И., Основы экономического прогнозирования : учебное пособие.- М.: «Академия естествознания», 2006.- 81 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОСПРИЯТИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ЧЕЛОВЕКОМ-ОПЕРАТОРОМ

Зотова Ю.Е.

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.М. Парахин

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, mih._.95@mail.ru

В статье рассматривается методика исследования оперативной памяти человека-оператора в системе «человек-машина», оценка объема оперативной памяти человека-оператора, а также оценка времени воспроизведения последовательности человеком-оператором.

The article discusses the methodology of human-operator memory study in the system "man-machine", the evaluation of the human-operator memory, as well as the evaluation of the sequence playback time by the human-operator.

С развитием и усложнением техники, производственный процесс всё больше автоматизируется, при этом функции человека, осуществляющего контроль над техническими системами, меняются. Человек должен соответствовать целому ряду требований, касающихся как его личных, так и профессиональных качеств. Поэтому важно своевременно рационализировать труд человека за пультом управления.

Для этого необходимо изучить его динамические характеристики, что и является целью данной работы. Центральное место в работе занимают эксперименты на нахождение объема оперативной памяти человека-оператора при различных параметрах (временах предъявления и видах алфавита), а также оценка времени воспроизведения символов человеком-оператором.

Исследование объема оперативной памяти в ходе работы проводилось с использованием компьютерной программы, разработанной студентами факультета автоматики и вычислительной техники Новосибирского государственного технического университета «Исследование оперативной памяти человека-оператора». Интерфейс программы представлен на рисунке 1.

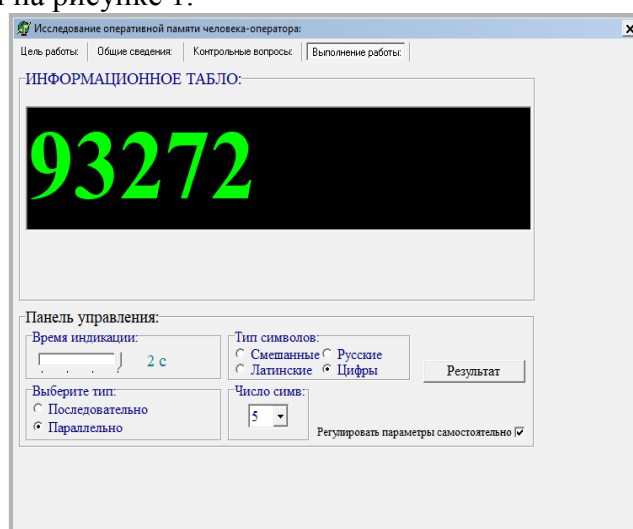


Рисунок 1 - Интерфейс программы «Исследование оперативной памяти человека-оператора»

Перед испытуемыми стояла задача запомнить и записать предъявляемые символы. В процессе эксперимента рассмотрены запоминания арабских цифр, символов русского и латинского алфавитов. Количество одновременно предъявляемых символов: 5, 7. Продолжительность высвечивания символов устанавливается экспериментатором: 0,5 сек., 1 сек., 2 сек. Тип предъявления символов – последовательный (т.е. символы предъявляются последовательно друг за другом в соответствии с временным интервалом) и параллельный (т.е. символы предъявляются одновременно). Опыт на определенном времени индикации, с заданным количеством символов и типом предъявления повторяется 5 раз для каждого испытуемого, затем параметры меняются.

После проведения записи предъявленных символов, предъявленные варианты автоматически представлены в таблице MS Excel. Записанные участником эксперимента ответы вручную вносятся в вышеупомянутую таблицу и сверяются с верными последовательностями.

Для количественной оценки оперативной памяти используется точность воспроизведения информации – вероятность безошибочного воспроизведения, которая оценивается по формуле:

$$P_{\text{пам}} = \frac{n}{N},$$

где n и N – соответственно число правильно воспроизведенных и общее число предъявленных последовательностей.

Для каждого из имеющихся видов алфавита рассчитываем математическое ожидание, построим графики для наглядного сравнения двух типов предъявления и для оценки вероятности верного воспроизведения по количеству предъявляемых символов.

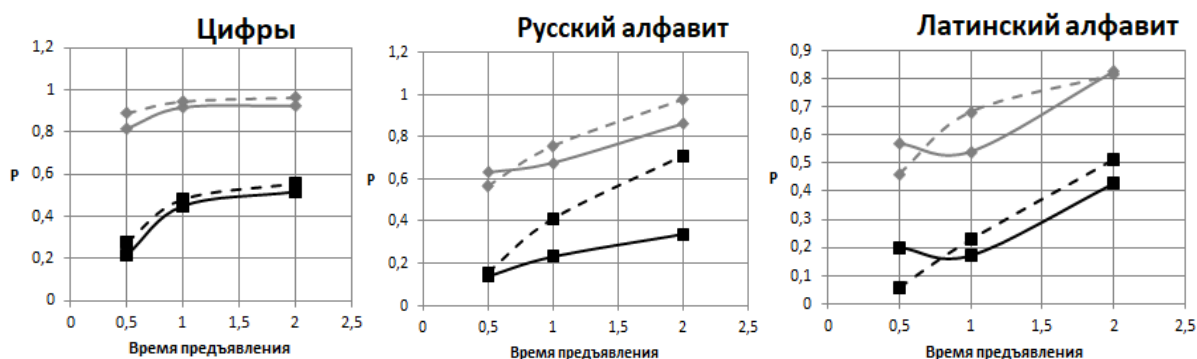


Рисунок 2 – Зависимость вероятности правильного воспроизведения от длительности предъявления символов, где

— 5 символов, последовательное - 5 символов, параллельное — 7 символов, последовательное - 7 символов, параллельное

Из графиков видно, что при сравнении двух типов предъявления, математическое ожидание при последовательном (сплошные линии) меньше, чем при параллельном предъявлении (пунктирные линии). Это объясняется тем, что испытуемый должен не только хранить в памяти предъявляемую последовательность сигналов, но и следить за ее изменениями.

Если рассматривать представленные графики по количеству предъявляемых символов, то можем сделать вывод, что большое значение здесь имеет длина предъявляемой последовательности. Вероятность правильного воспроизведения 5 символов (серые графики) приблизительно в несколько раз выше, чем 7 символов (черные графики) для любого типа алфавита. Чем больше символов, тем ниже вероятность безошибочного воспроизведения испытуемым.

Во время ввода испытуемым предъявленной ему последовательности в таблицу MS Excel с помощью секундомера уточняется время воспроизведения каждого ответа

(замеряется время ввода испытуемым на клавиатуре). Подсчитано среднее время, представленное в таблице 1, и построен график (рисунок 3).

Таблица 1 – Среднее время воспроизведения последовательности символов

Тип алфавита	Время воспроизведения			
	Последовательное предъявление		Параллельное предъявление	
	5символов	7символов	5символов	7символов
Цифры	2,67	4,1	2,13	3,29
Русский алфавит	3,74	5,13	3,33	4,51
Латинский алфавит	4,78	6,27	4,26	5,68

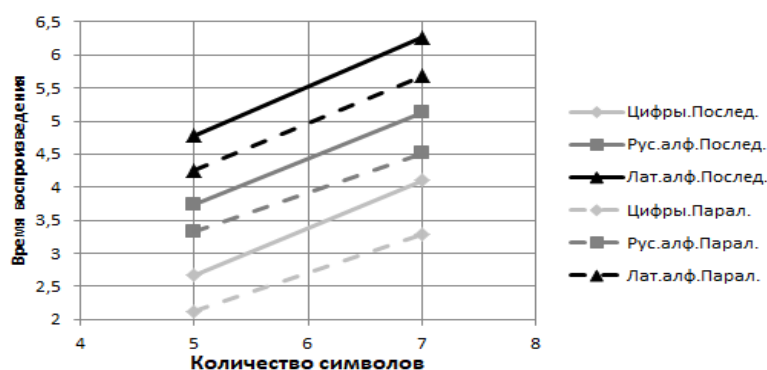


Рисунок 3 – Зависимость времени воспроизведения последовательности от количества предъявляемых символов

Видим, что чем больше предъявляемых символов (5,7) и чем больше альтернатив содержит алфавит (цифры – 10, русский алфавит – 32, латинский – 26), тем больше время воспроизведения. Однако, можно заметить, что время воспроизведения символов латинского алфавита несколько больше, чем русского. Это легко объясняется тем, что знаки латинского алфавита на практике используются испытуемыми реже, что увеличивает время нахождения их на клавиатуре.

Также, время воспроизведения при последовательном (сплошные линии) выше, чем при параллельном предъявлении (пунктирные линии). Это происходит за счет того, что испытуемый начинает использовать долговременную память для воспроизведения информации.

Таким образом, экспериментальным путем получаем статистические данные для оценки объема оперативной памяти человека-оператора и времени воспроизведения последовательности и сделали следующие выводы:

1. Вероятность безошибочного воспроизведения символов выше при параллельном типе предъявления, а также при меньшем количестве символов. Чем больше время предъявления, тем больше вероятность правильного воспроизведения информации.

2. Время, затраченное на воспроизведение, меньше при меньшем количестве символов в предъявляемой последовательности, а также при параллельном предъявлении информации. Нельзя не отметить тот факт, что время воспроизведения зависит и от типа предъявляемого алфавита.

Литература:

1. Ломов Б. Ф. Основы инженерной психологии. 2-е изд / Б. Ф. Ломов, Б. А. Душков, В. Ф. Рубахин, Б. А. Смирнов. – М.: Высшая школа, 1986. – 448с.
2. Дунин-Барковский И.В., Смирнов Н.В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике – М., 2017, с.

РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННОГО ПАРА С ПОМОЩЬЮ КОРРЕЛЯЦИИ МИЛЛЕРА

Л.И.Киселёва

Научный руководитель: кандидат технических наук Н.Я. Илюшов

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, tilulove@mail.ru

Давление насыщенного пара – это одна из важнейших характеристик горючих жидкостей. Оно может быть определено либо экспериментально, либо расчетными методами, которые зачастую основаны на уравнении Антуана, однако расчет по этому методу не дает абсолютно достоверных значений.

Актуальность работы обусловлена как раз таки недостаточностью либо неоднозначностью справочных данных по величинам констант Антуана для различных веществ. Целью является разработка метода, который позволит рассчитать давление насыщенного пара без уравнения Антуана.

Saturated steam pressure is one of the most important characteristics of flammable liquids. It can be determined either experimentally or by computational methods, which are often based on the Antoine equation, but the calculation of this method does not give absolutely reliable values. The relevance of the work is due to the insufficiency or ambiguity of reference data on the values of Antoine constants for various substances. The aim is to develop a method that will calculate the pressure of saturated steam without the Antoine equation.

Давление насыщенного пара – это одна из важнейших характеристик горючих жидкостей, которые позволяют переводить температуры кипения с одного давления на другое. Помимо этого оно является базовой величиной определения констант фазового равновесия [1].

Все расчётные методы определения давления насыщенного пара основаны на зависимости давления пара от температуры и содержат константы, значение которых зависят от гомологического ряда углеводородов. Константы могут иметь разные единицы измерения, такие как миллиметры ртутного столба (мм. рт. ст) и паскалы (Па).

Основной метод, который используется чаще всего этот метод расчета давления насыщенного пара по формуле Антуана (1).

$$\lg P_n = A - \frac{B}{(t_p + C_A)} \quad (1)$$

Значения констант A , B и C_A определяется по справочным данным. Особенность уравнения Антуана заключается в том, что значения констант различны в интервалах температур до нормальной температуры кипения и от нормальной температуры кипения до критической температуры. Поэтому расчет по этому методу не дает достоверных значений.

Если же справочные данные отсутствуют, то рассчитать неизвестные константы можно по экспериментальным значениям для трёх температурных точек, однако это весьма затруднительно, так как требуется специальное оборудование [2].

В ходе исследования были изучены такие методы как: расчёт давления насыщенного пара по формуле Фиштина; расчёт давления насыщенного пара по формуле Вильсона; расчёт давления насыщенного пара по уравнению Риделя; расчёт давления насыщенного пара по корреляции Миллера; расчёт давления насыщенного пара по формуле Ашворта; расчёт давления насыщенного пара на основе кубических и многоконстантных уравнений состояния; расчёт давления насыщенного пара методом сравнения с давлением насыщенного пара эталонного вещества.

Из всех вышеприведенных методов наиболее простым и достаточно точным оказался метод расчета давления насыщенного пара по корреляции Миллера.

Формула Миллера имеет следующий вид (2):

$$\lg P = A - \frac{B}{T} + C_1 \cdot T + C_2 \cdot T^2 \quad (2)$$

где T – расчётная температура, К;

A , B , C_1 и C_2 – константы, рассчитываемые по следующим формулам (3 – 6):

$$A = 0,607 \cdot k \cdot \left[\frac{4 \cdot T_{кр}}{T_{кип}} - \left(\frac{T_{кип}}{T_{кр}} \right)^2 \right] - 1,448 \cdot k \cdot \left[\frac{T_{кр}}{T_{кип}} - \frac{T_{кип}}{T_{кр}} \right] + 2,88081 \quad (3)$$

$$B = 0,980 \cdot k \cdot T_{кр} \quad (4)$$

$$C_1 = \frac{-1,448 \cdot k}{T_{кр}} \quad (5)$$

$$C_2 = \frac{0,607 \cdot k}{T_{кр}^2} \quad (6)$$

где k – коэффициент, рассчитываемый по формуле (7):

$$k = \frac{\Delta H_{исп, T_1}}{\left[4,576 \cdot T_{кр} \cdot \left(1 - \frac{T_1}{T_{кр}} \right)^{0,38} \right]} \quad (7)$$

где $\Delta H_{исп, T_1}$ – теплота парообразования при нормальной температуре кипения, кал/моль, наиболее точно определяется по методу Ветере;

$T_{кип}$ – температура кипения жидкости, К;

$T_{кр}$ – критическая температура жидкости, то есть температура, при которой плотность и давление насыщенного пара становится максимальной, а плотность жидкой фазы, находящейся в динамическом равновесии с паром становится минимальной, К [3].

Рассчитываем теплоту парообразования по формуле Ветере (8):

$$\Delta H_{vb} = RT_c T_{br} \frac{0,4343 \ln P_c - 0,68859 + 0,89584 T_{br}}{0,37691 - 0,37306 T_{br} + 0,14878 P_c^{-1} T_{br}^{-2}} \quad (8)$$

где R – универсальная газовая постоянная ($R = 8,31$ Дж/моль·К);

T_c – критическая температура, К;

T_{br} – приведенная температура кипения, К, $T_{br} = \frac{T_{кип}}{T_c}$;

P_c – критическое давление, атм, которое может быть рассчитано с отклонением от экспериментальной величины до 3,1 % по уравнению Лидерсена (9):

$$P_{кр} = \frac{M}{(\Phi + 0,33)^2} \quad (9)$$

где M – молекулярный вес;

Φ – константа, которая определяется сложением атомных и структурных инкрементов

(табличные данные).

Достоинством этого метода является то, что для расчета необходимы компоненты, которые достаточно просто вычислить.

Для того чтобы определить температуру кипения вещества при нормальном атмосферном давлении мы воспользуемся соотношением Огата – Цухида (10):

$$T_{кип} = \alpha R + b \quad (10)$$

где R – величина, которая определяется типом органического радикала и принимается по справочным данным;

α и b – константы, которые зависят от вида функциональной группы, входящей в состав молекулы. Значения постоянных α и b приведены в справочных данных.

Для того чтобы рассчитать критическую температуру вещества мы воспользуемся методом Лидерсена, где основным параметром является нормальная температура кипения (T_b) в градусах Кельвина. Корреляция для критической температуры определяется по формуле (11):

$$T_c = T_b [0,567 + \sum \Delta_T - (\sum \Delta_T)^2]^{-1} \quad (11)$$

где Δ_T - сумма парциальных вкладов в критическую температуру, значения которых приведены в справочных данных [3].

Проверим эти методы на веществе – этиловый спирт ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$). Этиловый спирт - это органическое соединение, в молекулах которого углеводородный радикал связан с функциональной гидроксильной группой. Общая формула $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$ или $\text{R} - \text{OH}$, где R – углеводородный радикал. То есть радикал этилового спирта – CH_3CH_2 . По формуле (10) определим температуру кипения:

$$T_{\text{кин}} = 0,896 * 77,1 + 277,6 = 346,68 \text{ K} = 73,53 \text{ }^\circ\text{C}$$

Далее используя метод Лидерсена вычислим критическую температуру по формуле (11):

$$\begin{aligned} T_c &= 346,68 * \left[0,567 + \sum 0,020 + 0,020 + 0,082 - \left(\sum 0,020 + 0,020 + 0,082 \right)^2 \right]^{-1} \\ &= 346,68 * (0,567 + 0,122 - 0,0149)^{-1} = 346,68 * 1,483 = 514,13 \text{ K} = 241 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Таким образом, по формуле (2) можно рассчитать давление насыщенного пара:

$$\begin{aligned} \lg P &= 22,69 - \frac{4635,4}{323} + (-0,026) \cdot 323 + 0,000021 \cdot 323^2 \\ &= 2,132 \end{aligned}$$

$$P = 135,51 \text{ кПа}$$

Сравнивая полученные результаты с табличными данными, мы получаем погрешность 2%, что является вполне приемлемым показателем.

Исходя из всего вышесказанного, целесообразно объединить методику расчета давления насыщенного пара по корреляции Миллера с методикой расчета температуры кипения по формуле Огата – Цухида, и методикой расчета критической температуры Лидерсена. Тем самым мы получим цельный достоверный метод определения давления насыщенного пара.

Литература:

1. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
2. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (с Изменением N 1).
3. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей: Справочное пособие/ Пер. с англ. под ред. Б. И. Соколова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1982. – 592 с., ил. – Нью-Йорк, 1977.

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ПОЛИГРАФИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Г.М. Колесникова

Научный руководитель: к.т.н. А.Ю. Коробенкова

Новосибирский государственный технический университет,
Г. Новосибирск, galina.1995@mail.ru

В данной работе была проанализирована полиграфическая отрасль в РФ. Выявлено что за 2017 год по стране произошло 560 несчастных случаев связанных с воздействием на человека различных факторов. Также рассмотрен цех офсетной печати на полиграфическом предприятии ОАО "Советская Сибирь", в котором за последние 5 лет было зарегистрировано 2 случая профессионального заболевания связанного с шумом. Установлено оборудование, работа которого превышает предельно допустимые уровни от 1,7дБ до 13,6дБ. Предложены меры, способствующие уменьшению класса условий труда, а следовательно и минимизации возникновения профессиональных заболеваний.

In this article, the printing industry in the Russian Federation was analyzed. It was revealed that for the year 2017 there were 560 accidents related to the impact on the person of various factors. Also, the offset printing workshop for the printing enterprise of SovetskayaSibir, OJSC, in which over the past 5 years, 2 cases of occupational disease associated with noise were recorded. Installed equipment, whose work exceeds the maximum permissible levels from 1,7dB to 13,6dB. Measures are proposed that contribute to reducing the class of working conditions, and hence minimizing the occurrence of occupational diseases.

В процессе трудовой деятельности на человека, работающего в полиграфической отрасли воздействуют различные факторы производственной среды и трудового процесса, которые могут оказать негативное влияние на здоровье. Охрана здоровья трудоспособного населения в различных сферах деятельности, в том числе на полиграфических предприятиях, является одной из приоритетных задач российского здравоохранения.

Всего по данным Росстата за 2017 год в стране произошло 52 350 несчастных случаев, из которых 7137 с тяжелыми последствиями и 1670 со смертельным исходом[1]

По статистике на 2017 год в Российской Федерации имеется более 7 000 полиграфических организаций. Новосибирск входит в тройку лидеров по количеству полиграфических организаций, на его долю приходится 524 организации [2].

Таблица 1 – Количество полиграфических организаций в городах РФ

Город	Количество полиграфических организаций
Москва	1750
Санкт-Петербург	928
Новосибирск	524

Полиграфическое производство является отраслью с малым числом регистрируемых несчастных случаев. Не известно, связано ли это с сокрытием факта несчастного случая, либо с тем, что на производствесоблюдается все требования по охране труда и трудовой процесс максимально исключает риск травмирования[3]

Всего за 2017 год в России на полиграфических предприятиях произошло 560 несчастных случаев. Далее приведём более подробную статистику, что именно послужило результатом травмирования людей(рисунки 1).[4]



Рисунок 1 –Процентное соотношение причин травмирования по РФ в полиграфических организациях за 2017 год

В странах Европы общий производственный травматизм и травматизм со смертельным исходом за 2017 год представлен в таблице 2.[5]

Таблица 2 – Производственный травматизм в странах Европы за 2017 год

Страна	Общий, чел	Со смертельным исходом, чел
Англия	486	2
Германия	5650	7
Испания	4160	5
Франция	8450	8

В рамках проводимого исследования на первоначальном этапе была поставлена задача провести анализ состояния условий труда и обеспечения требований охраны труда на рабочих местах цеха офсетной печати в ОАО «Советская Сибирь».

В данном цеху вредные и опасные производственные факторы по которым установлен класс условий труда 3,1 и 3,2 - это шум.

Издательство и типография «Советская Сибирь» была основана в Новосибирске в 1923 году. В настоящее время является крупнейшей типографией за Уралом. Общая численность работников на 2017 год составляет 378 человек занятых на производстве печатной продукции.

В ОАО «Советская Сибирь» за последние 5 лет в цехе офсетной печати было зарегистрировано 2 случая профессионального заболевания связанного с шумом, поэтому были выявлены источники шума, превышающие ПДУ на данном предприятии в конкретном подразделении. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2–Анализ результатов оценки условий труда по показателям шума

Должность	Источник шума	Класс УТ	Превышение ПДУ(норма 80дБ)
Машинист ВШРА	Машина ВШРА	3,1	На 4.4дБ
Машинист фальцевальных машин	Машина фальцевальная	3,1	На 3.1дБ
Машинист агрегата бесшовного скрепления	Печатная машина Uniset-70	3,1	На 1.7дБ
Брошюровщик	Машина брошюровочно-переплётная	3,1	На 3.3дБ
Мастер	Печатная машина GossMagnum 4	3,1	На 4.5дБ
Должность	Источник шума	Класс УТ	Превышение ПДУ(норма 80дБ)
Печатник	Печатная машина KBA ALBERT A 200 S	3,2	На 13.6дБ
Старший механик	Печатная машина Uniset-70	3,2	На 12.4дБ
Наладчик полиграфического оборудования	Печатная машина ROLAND 705 LV HiPrint	3,2	На 10.2дБ

Таким образом, мною была проанализирована полиграфическая отрасль как в целом, так и отдельный цех на предприятие ОАО «Советская Сибирь», в котором был выявлен основной вредный производственный фактор – шум. Установлено оборудование, работа которого превышает предельно допустимые уровни от 1,7дБ до 13,6дБ.

Отсюда видно, что проблема шумности печатных машин до конца не решена. И, несмотря на очевидный прогресс в области качества выпускаемых машин, проблема снижения шума остается открытой, что обусловлено параллельным развитием такой отрасли медицины как гигиена труда. Одним из главных путей решения данной проблемы, на мой взгляд, является задача определения ожидаемых уровней шума и снижение шума в источнике. Необходимо осуществлять замену деталей из металла деталями из материалов с высокими внутренними потерями такими, которые полностью исключили бы интенсивный высокочастотный шум. Применение методов борьбы с шумом могут обеспечить снижение 12-14 дБ без коренной переделки компоновочной схемы машины.

Литература:

1. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018)
2. Классификатор причин несчастных случаев и видов происшествий согласно форм отчетности, утвержденных приказом Федеральной службы по труду и занятости № 21 от 21.02.2005г.
- 3.Официальный сайт министерства труда и социальной защиты: <https://rosmintrud.ru/>(дата обращения 11.03.2018)
4. Онлайн сервис для управления охраной труда в организации: <http://www.trudcontrol.ru/>(дата обращения 8.03.2018)
5. Официальный сайт международной организации труда: <http://www.ilo.org/global/lang-en/index.htm> (дата обращения 10.03.2018)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ПРОВОДНИКА НА СКИН-ЭФФЕКТ

Н.Я. Илюшов, В.А. Ломац, А.В. Ридель

Научный руководитель: Н.Я. Илюшов

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, Loman_95@mail.ru

В статье показана проблема защиты оборудования подстанций от высокочастотных перенапряжений, возникающих при коммутациях в сети, ударах молний в воздушные линии. Проведён анализ методов защиты от высокочастотных перенапряжений. Показано перспективное защитное устройство на принципе скин-эффекта. Показана актуальность увеличения эффективности предложенного устройства. Проведён анализ влияния конструкции провода на эффективность частотнозависимого устройства.

In the article shows the problem of protection of substation equipment against high-frequency overvoltages that arise when switching in a network, strikes of lightning in overhead lines. An analysis was made of the methods of protection from high-frequency overvoltages. It was shown a promising protective device on the principle of skin effect. It was shown the urgency of increasing the efficiency of the proposed device. An analysis of the effects on the wires on the efficiency of a frequency-dependent device was carried out.

Вопрос о защите оборудования подстанций от высокочастотных перенапряжений является актуальным и по сей день. Основными причинами таких перенапряжений являются ударные токи, коммутации в сети и удары молнии в воздушные линии электропередач (ВЛ). Современные средства защиты, такие как нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН), вентильные разрядники (ВР), при всей своей эффективности, не могут обеспечить стопроцентную защиту оборудования. Это связано с рядом причин, основной из которых является тот факт, что эти устройства работают по принципу уменьшения своего сопротивления в момент прихода импульса перенапряжения и отвода импульсного тока в землю. Следовательно, такие защитные средства должны включаться параллельно защищаемому объекту и иметь систему заземления, отвечающую довольно высоким требованиям [1,2].

Так, в соответствии с требованиями ПУЭ для защиты трансформаторов ПС 35-110 с трансформаторами мощностью до 40⁰МВА, сопротивление заземления защитных средств не должно превышать 3 Ом [3]. В районах же, где сопротивление грунта достигает значительно больших значений, как, например, в районах с вечной мерзлотой, где сопротивление реликтовых песков и суглинков может достигать 50 000 и 20 000 Ом·м соответственно, обеспечить требуемое сопротивление заземления практически невозможно.

В связи с этим встаёт вопрос о новых средствах защиты, способных подавлять опасные высокочастотные импульсы и в то же время независимых от сопротивления грунта. Один из способов это применение устройств, работающих на принципе скин-эффекта, так, например, частотно-зависимого устройства (ЧЗУ), разработанного на кафедре Безопасности труда, НГТУ [4]. Однако несмотря на преимущества в виде эффективного воздействия на высокочастотные импульсы и отсутствие необходимости в заземлении, данное устройство имеет и ряд недостатков, таких как большие массогабаритные характеристики и низкое активное сопротивление на грозовых частотах. Для уменьшения этих недостатков необходимо разобраться в специфике образования скин-слоя, а также влияния на него таких факторов как форма проводника, его структура, конструкция устройства и т.д.

В связи с этим были проведены низковольтные испытания с образцами имеющими различную форму и структуру для определения активного и реактивного сопротивления на частотах от 100 кГц до 1 МГц. Образы представляли собой заготовки провода ЧЗУ из алюминия, одинакового сечения, длиной 240 мм (рисунок 1). Они помещались в мелкодисперстный ферромагнитный порошок.

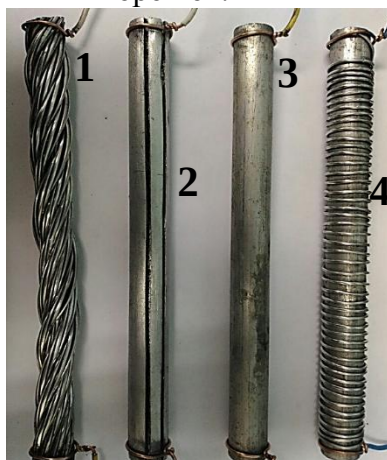


Рисунок 1 – Образцы низковольтных испытаний (1 – витой провод; 2 – образец прута с пазами; 3 – образец целого прута; 4 – образец прута с намоткой)

В результате измерений были построены графики зависимостей полного, активного и реактивного сопротивления образцов (рисунки 2-4)

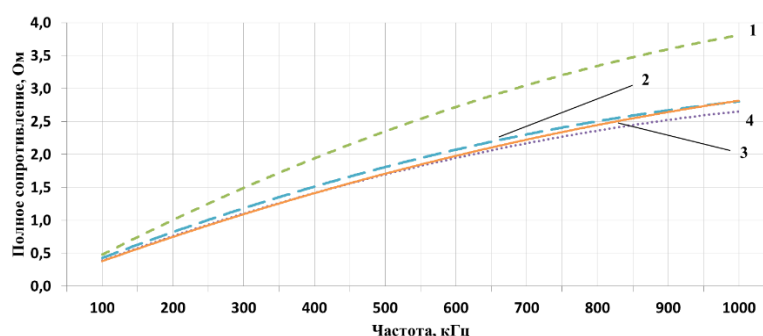


Рисунок 2 – Зависимость полного сопротивления от частоты: 1 – витой провод; 2 – образец прута с пазами; 3 – образец целого прута; 4 – образец прута с намоткой

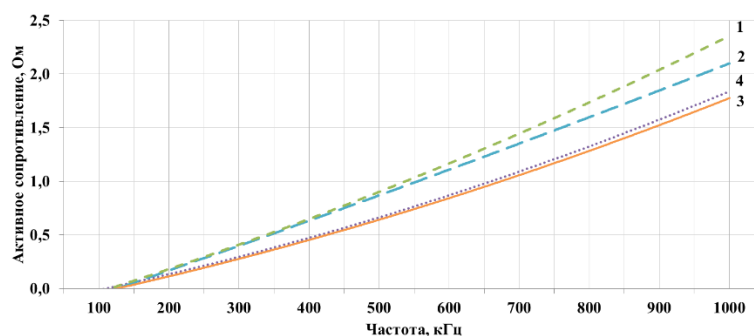


Рисунок 3 – Зависимость активного сопротивления от частоты: 1 – витой провод; 2 – образец прута с пазами; 3 – образец целого прута; 4 – образец прута с намоткой

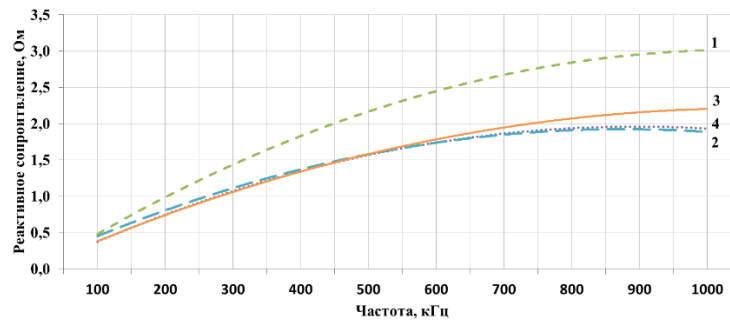


Рисунок 4 – Зависимость реактивного сопротивления от частоты: 1 – витой провод; 2 – образец прута с пазами; 3 – образец целого прута; 4 – образец прута с намоткой

Анализ полученных данных показывает, что наибольшее активное сопротивление на грозовых частотах (200-300 кГц) будет иметь витой провод. Вторым по эффективности является провод с бороздами вдоль течения тока. А наименьший скин-эффект показывают целый прут и целый прут с намоткой. Результаты измерений показали, что образцы с большим количеством неровностей расположенных вдоль направления течения тока имеют более выраженный скин-эффект. Это можно объяснить тем, что площадь поверхности в образцах с неоднородной кромкой (витой провод и образец с пазами) меньше на высокой частоте, при одинаковой глубине скин-эффекта, что означает что в этих образцах больше плотность тока. А это в свою очередь влекло большее «выталкивание» в ферромагнитный материал, что позволило усилить скин-эффект.

В результате проделанной работы выяснено что наибольшее сопротивление (полное и активное) имели образцы имеющие продольные пазы и выступы (образцы 1 и 2), что повлекло усиление скин-эффекта за счёт повышения плотности тока на краях образцов и «выталкивания» тока в ферромагнитный материал.

Для применения в ЧЗУ необходимо добиться увеличения плотности тока, для этого уменьшать размеры выступов. Одним из способов может быть применение плоских проводников с неравномерной кромкой для создания зон с повышенной плотностью тока.

Литература:

1. M. A. Malelak; R. Zoro “Lightning protection system for high voltage transmission line in area with high grounding resistance” in 2017 International Conference on High Voltage Engineering and 2. Power Systems (ICHVEPS), Bali, Indonesia, 2-5 Oct. 2017, pp. 350-355
- N. M. Nor; S. Abdullah; R. Rajab “Performance of earthing systems at steady-state and under impulse conditions” in 2013 IEEE 7th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO), Langkawi Island, Malaysia, 3-4 June 2013, pp. 1-6
3. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание 7
4. Илюшов Н.Я. Разработка и исследование частотнозависимого устройства для подавления высокочастотных перенапряжений. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук // Новосибирск., НГТУ, - 2014

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

Н. В. Шаризанова

Научный руководитель: д.т.н. А.В. Гуськов

Новосибирский государственный технический университет,
Г. Новосибирск, nailyayalian@gmail.com

В данной статье рассмотрены основные проблемы СИЗОД, а именно фильтрующих материалов. Целью являлось рассмотрение основных проблем профессиональных заболеваний, с чем связаны первичные признаки болезней и их предотвращение.

This article deals with the main problems of personal protective equipment for respiratory organs, namely, filter materials. The goal was to consider the main problems of occupational diseases with what are the primary signs of disease and their prevention.

Показатель профессиональных заболеваний в Российской Федерации на 2009 г. составил 1,79 на 10 тыс. работающих по объектам всех форм собственности, в 2008 и 2007 гг. 1,51 и 1,59 соответственно. При этом за 5 лет (2005 – 2009) зарегистрировано 7885 новых случаев профессиональных заболеваний: 6269 (79,5%) у мужчин и 1616 (20,5%) у женщин. Основную долю среди них составляют заболевания органов дыхания, отравления (прежде всего пылевые). [1]

В ежегодном издании «Россия в цифрах» представлены статистические данные профессиональных заболеваний (отравлений) на 2017 год.



Рисунок 1 – Диаграмма численности лиц с впервые установленными заболеваниями (отравлениями)

По диаграмме (Рисунок 1) определено, что по сравнению с 1992 годом к 2016 году на 48,04% уменьшилось количество заболеваний (отравлений). [2]

С появлением новых требований по повышению качества, точности, износостойкости и долговечности изделий в различных областях промышленности размеры фракций веществ уменьшаются. Возрастает потребность в перспективных технологиях, используются вещества с минимальными размерами фракций от микро до нано размеров. Например, в медицине используются технологии получения порошков ибупрофена и метилпарабена нано размеров для быстрой абсорбции, в машиностроении получают графит частицами менее 0,5 – 1 мкм, который используют для получения углеродных композиционно – стойких деталей, сверхпрочных термо- и коррозионностойких материалов и т.д. [3],[4]. Использование частиц микро и нано размеров может привести к усложнению композиций воздушной среды рабочей зоны, это может привести к усложнению

существующих и появлению новых болезней. Качество изделий обеспечивается в процессе его изготовления и является результатом действия системы факторов, составляющих процесс. Во всех отраслях промышленности и сферах деятельности, предъявляются специальные требования к предельно допустимым концентрациям (ПДК) и размерностям вредных веществ в воздухе помещений. Значения этих пределов обусловлены особенностями технологических процессов, выполняемых в помещениях, и требованиями к выпускаемой в них продукции, а также здоровью человека. ПДК должно быть нормировано для помещений электронной, космической, фармацевтической, пищевой промышленности, при производстве медицинских изделий, в больницах и т.п. [5]

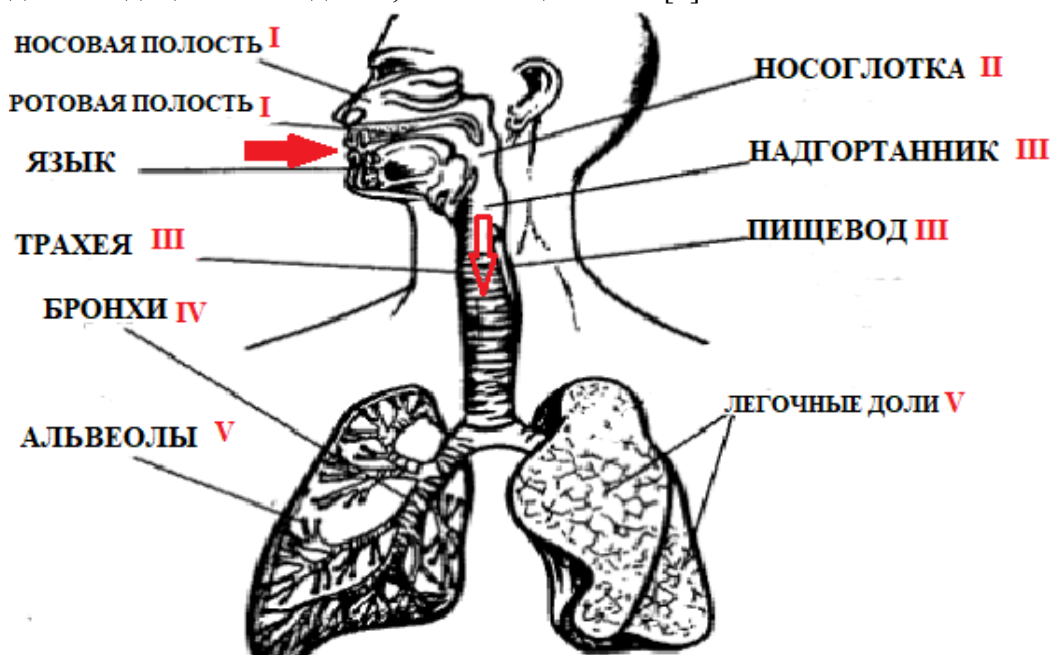
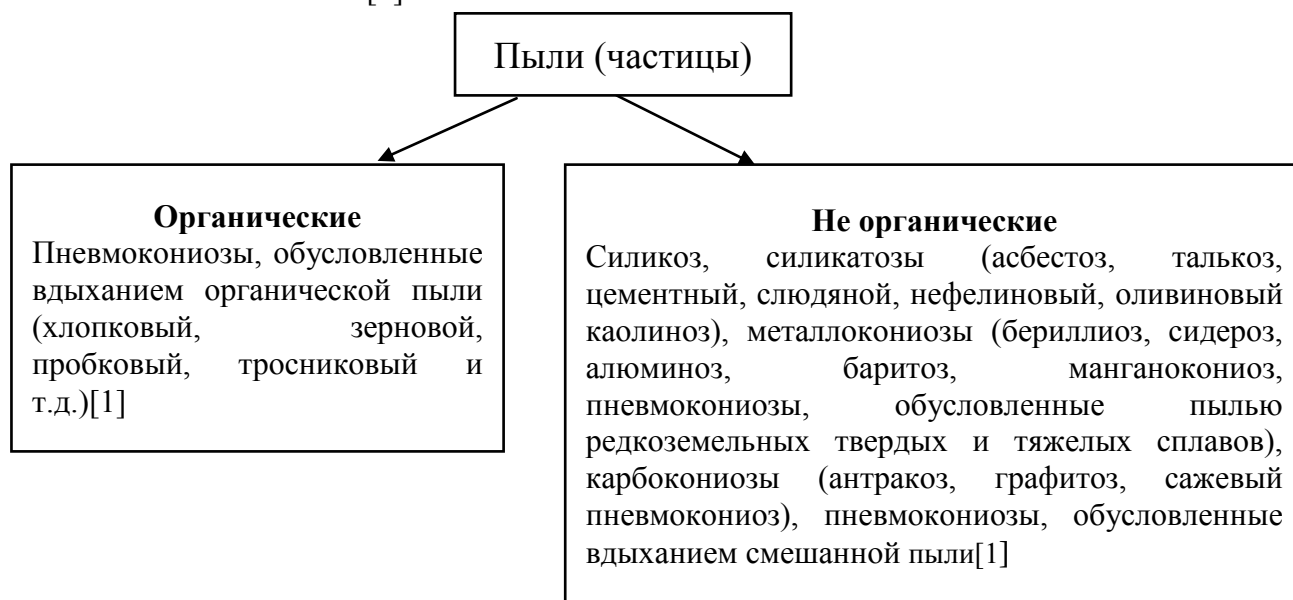


Рисунок 2 – Категории оседания частиц в системе органов дыхания

На (рисунке 2) изображены области оседания веществ в дыхательной системе различной дисперсности, которым соответствуют категории. К I-ой категории относится крупно дисперсная пыль, видимая пыль, размерами более 140 мкм. Ко II-ой категории относится крупнодисперсная пыль (40...140 мкм). К III-ей категории относится средне дисперсная пыль (10...40 мкм). К IV-ой категории относятся мелкодисперсная пыль, микроскопическая (1...10 мкм). К V-ой категории относятся мелкодисперсная пыль размерами (менее 1 мкм). [6]

Различные частицы, пыли классифицируются по типу происхождения. Самым распространенным профессиональным заболеванием связанным с органами дыхания являются пневмокониозы. [1]



Полностью устранить воздействие вредных факторов в рабочей зоне невозможно. Поэтому применяются средства защиты. В первую очередь рассматривают возможность внедрения коллективных средств защиты: систем вентиляций (местных и общеобменных), защитных экранов, кожухов и т.д. В ряде случаев малым предприятиям использовать коллективные средства защиты экономически не целесообразно. С другой стороны, если предприятие масштабное, коллективные средства защиты могут не справляться с масштабами и на помощь приходят СИЗ.

Основной проблемой СИЗОД является пропускная способность фильтрующих материалов. Для устранения недостатков в существующих моделях СИЗОД рассматривается метод доработки существующих фильтрующих материалов. В основном защитные свойства СИЗОД зависят от типа и качества фильтрующих материалов. Основными материалами являются, текстильные волокна с нанесенными тонкими слоями активированного угля, нетканая вискоза, ионообменная смола и т.д.

Разработанные сверхтонкие волокнистые материалы известны в мире как фильтры Петрянова – сокращенно «ФП». Высокоэффективные фильтрующие материалы ФП представляют собой слои электрически заряженных ультратонких полимерных волокон, нанесенных на подложку из марли или нетканого материала. Фильтрующие материалы ФП могут быть получены с диаметром волокон от десятых долей мкм до нескольких мкм, что является главной особенностью и достоинством среди других материалов. [7]

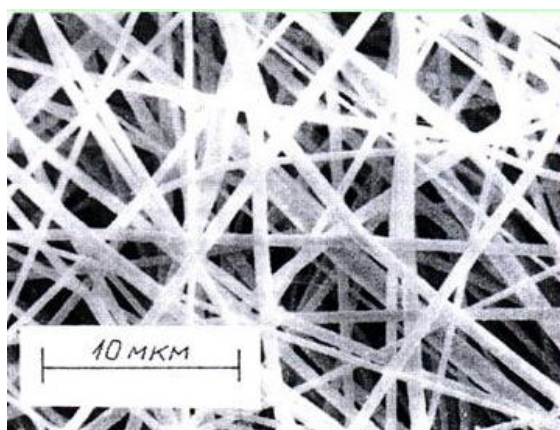


Рисунок 2 – Внешний вид ультратонких волокон и фильтрующих материалов ФП [7]

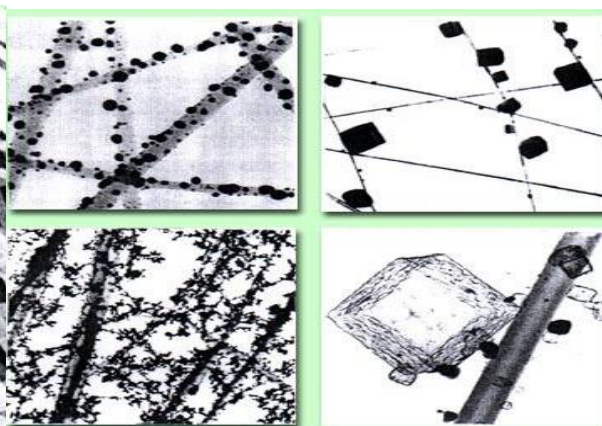


Рисунок 3 – фотографии материалов ФП, запыленных различными аэрозолями. [7]

Рассматриваемые фильтры используются при концентрации частиц примерно от 0,5 до 5 мг/м³ и условно подразделяются на тонковолокнистые и грубоволокнистые фильтры. Тонковолокнистые фильтры имеют пропускающую способность от 0,1 до 0,5 мкм. Скорость фильтрации фильтрующего волокна составляет от 0,01 до 0,1 м/с, сопротивление чистых фильтров обычно не превышает 200 – 300 Па, забитых фильтров 700 – 1500 Па. Средний диаметр синтетического материала ФП 2 мкм. Частицы вредных веществ имеют разные размеры и формы. Благодаря этому заряженным электрическим зарядом ультратонкие волокна задерживают частицы различных форм. При использовании фильтров входная концентрация твердых частиц не должна превышать 0,5 мг/м³, иначе потребуется смена фильтрующего материала. [8]

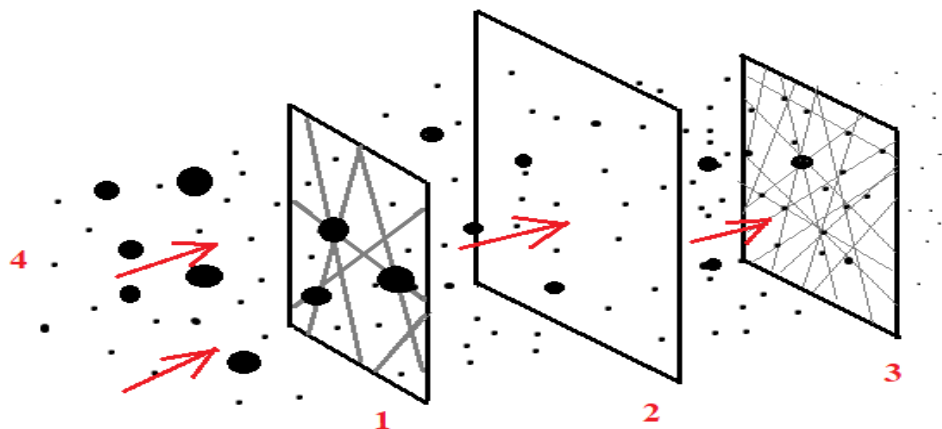


Рисунок 4 – Прохождение частиц различной дисперсности через фильтрующий материал (1 – первый слой полимерных волокон, 2 – подложка, 3 – второй слой полимерных волокон, 4 - частицы)

Для улучшения свойств материала можно предложить наносить полимерные волокна на подложку с двух сторон. На одну сторону подложки наносить полимерные волокна диаметром от 1 – 2 мкм, с другой стороны подложки наносить волокна диаметром до 1 мкм. Толщина фильтра ФП не должна превышать 2 – 4 мкм, во избежание осложнения с пропускной способностью.

Литература:

1. Профессиональные заболевания органов дыхания: Учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 112 с.
2. Россия в цифрах. 2017: Крат. стат. сб./ Росстат – М., Р76 2017 – 511 с.
3. Исследование процесса получения коллоидного графита на основе графита Гл-1 / А. Г. Старостин, Е.О. Кузина; [Электронный ресурс] // [URL:https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-protssessa-polucheniya-kolloidnogo-grafita-na-osnove-grafita-gl-1](https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-protssessa-polucheniya-kolloidnogo-grafita-na-osnove-grafita-gl-1)
4. Исследование формирования наночастиц метилпарабена и ибупрофена в процессе быстрого расширения сверхкритических растворов в водную среду / И.М. Гильмутдинов, И.В. Кузнецова, И. И. Гильмутдинва, А.Н. Сабирзянов, Р.И. Шакирова, Т. Х. Блинов; [Электронный ресурс] // [URL:https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-formirovaniya-nanochastits-metilparabena-i-ibuprofena-v-protssesse-bystrogo-rasshireniya-sverhkriticheskikh-rastvorov-v](https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-formirovaniya-nanochastits-metilparabena-i-ibuprofena-v-protssesse-bystrogo-rasshireniya-sverhkriticheskikh-rastvorov-v)
5. Расчет и проектирования систем и средств безопасности труда (общие положения): учебное пособие / А. В. Гуськов, К. Е. Милевский. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – 87 с.
6. А. В. Гуськов, К. Е. Милевский/ Надежность технических систем и техногенный риск : учебное. пособие Новосибирск /, Новосибирский. Государственный. Технический . университет 2016 г.
7. Анатомия человека: учеб. пособие / И.М. Прищепа. – Минск: Новое издание; М.: ИНФА-М, 2013. – 459 с.
8. Фильтрующий материал (фильтр полотно) ФПП-15-1,5 (Ткань Петрянова) [Электронный ресурс] // ГеоСорб. [URL: https://www.mtksorbent.ru/filtruyushchij-material-fpp-15-1-5-tkan-petryanova](https://www.mtksorbent.ru/filtruyushchij-material-fpp-15-1-5-tkan-petryanova)
9. Справочник по пыли и золоулавливанию /М. И. Биргер, А. Ю. Вальдберг, Б. И. Мягков и др.; Под общ. Ред. А.А. Русанова. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.

НЕОБХОДИМОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОВЕРОК СОБЛЮДЕНИЯ ПРАВИЛ ОХРАНЫ ТРУДА

Е.В. Никифорова

Научный руководитель: Н.Я. Илюшов

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, helen2151@mail.ru

В данной статье рассматривается процесс проведения внезапных проверок соблюдения правил охраны труда при производстве работ в действующих электроустановках на примере акционерного общества «Региональные электрические сети».

This article examines the process of conducting sudden inspections of compliance with occupational safety rules when working in existing electrical installations using the example of the joint-stock company Regional Electric Networks.

Объектом исследования является акционерное общество «Региональные электрические сети». АО «РЭС» - занимает доминирующее положение в Новосибирской области на рынке оказания услуг по передаче и распределению электрической энергии, являясь системообразующим предприятием энергосистемы Новосибирской области.

В Обществе реализуется комплекс мероприятий, направленных на обеспечение безопасной работы и на предупреждение производственного травматизма. Одним из них является осуществление внезапных проверок соблюдения правил охраны труда при производстве работ в действующих электроустановках. Проверки бригад проводятся систематически (ежемесячно) с учетом охвата всех структурных подразделений, выполняющих эксплуатационные работы, проведение текущих и капитальных ремонтов, работы по технологическому присоединению абонентов, аварийно-восстановительные работы. При этом планирование проверок бригад, работающих по нарядам и распоряжениям, осуществляют с учетом избирательности: характера и сложности выполняемых работ, существенности ранее выявленных замечаний, проведения повторных проверок, необходимости контроля качества проведения проверок руководителей структурных подразделений.

Данные проверки проводятся с целью контроля:

- за соблюдением правил по охране труда, правил пожарной безопасности, правил промышленной безопасности, правил безопасности дорожного движения, в том числе и «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;
- за соблюдением требований инструкций по охране труда;
- за проведением целевых инструктажей, предусматривающих указания по безопасному выполнению конкретной работы в электроустановке, охватывающих категорию работников, определенных нарядом или распоряжением;
- за соблюдением исполнения требований организационно-распорядительных документов Общества (филиала).

В проведении проверок соблюдения правил охраны труда при производстве работ по нарядам и распоряжениям (далее Проверка бригады) обязательно принимают участие следующие должностные лица Общества (филиала): директор, главный инженер, начальник района сетевого и их заместители, начальники служб, начальник управления охраны труда и промышленной безопасности, начальник отдела охраны труда, инженеры по охране труда.

По результатам проверки бригады оформляется «Протокол проверки соблюдения правил охраны труда при производстве работ» (далее Протокол). В протоколе проверяющее лицо при наличии нарушений правил охраны труда отражает краткое описание выявленного нарушения, кто допустил (выдающий наряд, ответственный руководитель работ, допускающий, производитель работ, наблюдающий, члены бригады) нарушение правил охраны труда. Результаты проверок, проверяющие лица, независимо от выявленных нарушений, фиксируют в протоколе и доводят под роспись сведения до руководителя соответствующего структурного подразделения.

Далее руководители структурных подразделений, бригады которых проверялись, ежедневно до 15 часов 30 минут представляют инженеру по охране труда протоколы на бумажном носителе или в сканированном варианте.

Инженер по охране труда формирует отчеты о проведенных проверках по установленным формам (ежедневный, ежемесячный, ежеквартальный, годовой). Отчеты направляются на электронный адрес главного инженера филиала, начальника управления охраны труда и промышленной безопасности и начальника отдела охраны труда.

Главный инженер филиала, по результатам проведенного инженером по охране труда анализа и предложений руководителей структурных подразделений, определяет меры воздействия к работникам, нарушившим правила охраны труда, разрабатывает мероприятия по предотвращению подобных нарушений с назначением сроков и ответственных лиц за их выполнение.

Директор филиала организует учет проверок, выявленных нарушений и поименный учет нарушителей. Не позднее 28 числа каждого месяца издает приказ.

По результатам проведения проверок бригад в структурных подразделениях Общества начальник управления охраны труда и промышленной безопасности не позднее 15 числа месяца, следующего за отчетным кварталом, готовит проект приказа с указанием мер, направленных на недопущение организационных и технических нарушений при производстве работ с привлечением к ответственности виновных лиц.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что проведение внезапных проверок соблюдения правил охраны труда при производстве работ в действующих электроустановках является обязательным, но трудоемким процессом. В связи с этим возникает необходимость актуализации и автоматизации данного процесса, а именно составление технического задания для создания программного обеспечения, что и будет являться темой моей магистерской диссертации.

Литература:

1. Приказ АО «РЭС» от 21.10.2015 №1438 «О вводе в действие «Положения по организации и осуществлению проверок соблюдения правил охраны труда при производстве работ в действующих электроустановках»

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА «ФГБОУ ВПО «САМГТУ НИИ ПКВТ»

О. Н. Нор, Е.Л. Москвичева

Самарский государственный технический университет,
г. Самара, kaketka_96@mail.ru

Приводится описание методики оценки результативности системы менеджмента качества (СМК) «ФГБОУ ВПО «СамГТУ НИИ ПКВТ» в виде расчетов результативности основных процессов предприятия. Оценки результативности СМК показали хорошую корреляцию с результатами, полученными при расчетах по методикам оценки результативности более ранних редакций, и совпадают с оценками, полученными экспертным путем внутренними аудиторами, и результатами внешних аудитов, подтвердивших пригодность и результативность СМК.

The description of the methodology for assessing the effectiveness of the QMS "VPO" SamSTU PKVT Research Institute" in the form of payments impact of the main processes of the enterprise. Estimations of productivity QMS showed good correlation with the results gained at calculations by techniques of an estimation of productivity of earlier editions, and coincide with the estimations gained by an expert way by internal auditors, and results of the external audits which have confirmed suitability and productivity QMS.

Одним из обязательных требований к предприятиям, сертифицируемым на соответствие требованиям ГОСТ РВ 0015-002-2012 [1], является наличие процедуры и проведение периодических оценок результативности СМК. В связи с этим в ходе внедрения указанного стандарта на предприятии была разработана методика оценки результативности СМК.

Основными видами деятельности научно-исследовательского института «Проблем конверсии и высоких технологий» Самарского государственного технического университета (далее «ФГБОУ ВПО «СамГТУ НИИ ПКВТ») является изготовление и проведение испытаний удлиненных кумулятивных зарядов (УКЗ-П). В настоящее время такие заряды используются для выполнения народнохозяйственных задач (взрывная резка негабаритных металлоконструкций), задач, возникающих при утилизации или вторичного использования боеприпасов с истекшим сроком хранения (взрывная резка военной техники, боеприпасов), а также решения специальных задач по вскрытию бронированных сооружений, проводимых подразделениями МВД.

Специфика деятельности «ФГБОУ ВПО «СамГТУ НИИ ПКВТ» обусловила распространение СМК предприятия на достаточно узкий перечень процессов жизненного цикла продукции, связанный с проведением изготовления, предварительных и приемно-сдаточных испытаний. Однако использованный в методике подход является общим и применим к оценке результативности СМК большинства предприятий и организаций.

В СМК предприятия определено четыре процесса:

- управление качеством, включающий анализ, планирование и контроль;
- процесс внутренних аудитов;
- процесс изготовления и испытания продукции – основные для предприятия;
- процесс обеспечения безопасности при изготовлении и испытаниях УКЗ-П.

Оценка результативности СМК проводится в два этапа.

На первом этапе рассчитываются значения показателей результативности процессов СМК, на втором этапе с использованием полученных оценок результативности процессов рассчитывается результативность СМК в целом. Оценки результативности процессов, полученные на первом этапе, могут использоваться самостоятельно, например, для анализа

тенденций процессов и проведения предупреждающих или корректирующих действий.

Требованием системы добровольной сертификации (СДС) «Военный Регистр» является обязательное применение «Методики...» [2] для проведения предприятиями оценок результативности СМК с установленной на предприятии периодичностью, с целью возможности дальнейшего анализа экспертами СДС «Военный Регистр» тенденций изменения результативности СМК. Поэтому положения методики [2] (в части определения результативности СМК в целом) в полном объеме вошли в разработанную предприятием методику, но с учетом особенностей, обусловленных спецификой деятельности, а также процессов СМК, характерных для данного предприятия.

Исходными данными для проведения оценки являются результаты мониторинга процессов, деятельности, продукции, а также результаты внутренних и внешних аудитов.

Для оценки СМК используются показатели результативности. Значения показателей результативности находятся в пределах от 0 до 1 в зависимости от степени соответствия достигнутого результата по процессу, процедуре или виду деятельности максимально возможному («идеальному») значению. Способы проведения расчетов (расчетные формулы) для анализируемых процессов представлены в таблицах 1-5.

Для каждого процесса, процедуры, вида деятельности могут устанавливаться одно или несколько показателей. Выбор показателей результативности является достаточно нетривиальной задачей, так как не всегда сразу можно определить, насколько адекватно тот или иной показатель результативности отражает состояние и тенденции изменения процесса или СМК в целом.

В методике предприятия в специальном разделе также установлены порядок организации работ и распределение полномочий и ответственности при оценке результативности СМК.

Таблица 1 - Расчет результативности процесса изготовления УКЗ-П

Показатель	Расчетная формула
Показатель качества выполненных работ (технологических операций)	$a_1 = (N_{\Pi} - N_p) / N_0$, N_{Π} – количество работ (технологических операций), контролируемых в процессе изготовления (входной контроль, операционный контроль); N_0 – общее количество проведенных работ (технологических операций) N_p – количество обнаруженных несоответствий;
Показатель завершенности изготовления	$a_2 = N_b / N_{\Pi}$, N_b – количество готовых изделий; N_{Π} – количество готовых изделий (выборки образцов) для приемосдаточных испытаний.
Наличие и состояние нормативно-технической документации	$a_3 = N_{ЭЛ} / N_{рег}$, $N_{ЭЛ}$ – количество подготовленных в срок электронных версий документации; $N_{рег}$ – количество утвержденных документов.
Степень организации технологического процесса	$a_4 = N_{НТ} / N_{ПТ}$, $N_{НТ}$ – количество нарушений в организации тех. процесса; $N_{ПТ}$ – количество предъявляемых требований к организации технологического процесса
Показатель удовлетворения несоответствий	$a_5 = N_{ур} / N_p$ $N_{ур}$ – количество устраненных несоответствий; N_p – количество поступивших несоответствий.

Таблица 2 - Расчет результативности процесса испытаний

Показатель	Расчетная формула
Показатель качества выполненных работ (испытаний)	$a_1 = (N_{\Pi} - N_p) / N_0$, N_{Π} – количество работ (организация испытаний), сданных заказчику с первого предъявления; N_p – количество поступивших рекламаций; N_0 – общее количество проведенных работ (испытаний)
Показатель завершенности испытаний	$a_2 = N_b / N_{\Pi}$, N_b – количество испытанных образцов (выборок образцов); N_{Π} – количество полученных от заказчиков образцов (выборок образцов) для испытаний.
Полнота документации по испытаниям	$a_3 = N_{\text{ЭЛ}} / N_{\text{рег}}$, $N_{\text{ЭЛ}}$ – количество подготовленных в срок электронных копий документации; $N_{\text{рег}}$ – количество зарегистрированных номеров документации.
Степень выполнения плана поверки средств измерений	$a_4 = N_{\Pi} / N_{3\Pi}$, N_{Π} – количество поверенных СИ; $N_{3\Pi}$ – количество запланированных к поверке СИ;
Показатель удовлетворения рекламаций	$a_5 = N_{\text{ур}} / N_p$ $N_{\text{ур}}$ – количество удовлетворенных рекламаций; N_p – количество поступивших рекламаций.

Таблица 3 - Расчет результативности процесса внутренних аудитов

Показатель	Расчетная формула
Степень выполнения плана внутренних аудитов	$a_1 = N_{\Pi} / N_3$, N_{Π} – количество проведенных внутренних аудитов; N_3 – количество запланированных внутренних аудитов.
Степень полноты охвата подразделений внутренними аудитами	$a_2 = N_{\Pi} / N_0$, N_{Π} – количество проверенных подразделений; N_0 – общее количество подразделений.
Степень предупреждения повторяющихся несоответствий	$a_3 = (1 - N_{\Pi} / N_b)$, N_{Π} – количество повторяющихся несоответствий (по результатам текущего и предыдущего аудитов); N_b – количество выявленных несоответствий (по результатам предыдущего аудита).
Показатель качества внутренних аудитов	$a_4 = N_{\text{БА}} / (N_{\text{БА}} + N_{\text{НК}})$, $N_{\text{БА}}$ – количество несоответствий, выявленных по результатам внутренних аудитов; $N_{\text{НК}}$ – количество несоответствий, относящихся к процессам СМК, выявленных по результатам внешних аудитов.

Таблица 4 - Расчет результативности процесса управления качеством

Показатель	Расчетная формула
Степень выполнения плана корректирующих действий	$a_1 = D_{\text{устр}}/D_{\text{общ}}$, $D_{\text{устр}}$ – количество устраненных несоответствий (рекламаций); $D_{\text{общ}}$ – общее количество мероприятий по устранению несоответствий (удовлетворению рекламаций).
Степень выполнения плана предупреждающих действий (совершенствования СМК)	$a_2 = S_{\text{вып}}/S_{\text{план}}$, $S_{\text{вып}}$ – количество завершенных в срок мероприятий; $S_{\text{план}}$ – количество запланированных мероприятий.
Степень выполнения плана обучения персонала	$a_3 = N_{\text{П}}/N_3$, $N_{\text{П}}$ – количество проведенных мероприятий; N_3 – количество мероприятий в соответствии с планом.
Степень выполнения плана аттестации персонала	$a_4 = N_{\text{А}}/N_{\text{П}}$, $N_{\text{А}}$ – число работников, аттестованных положительно; $N_{\text{П}}$ – число работников, запланированных к аттестации.
Усредненный показатель оценки подготовки персонала	$a_5 = \frac{1}{5N} * \sum_{n=1}^N M_n$, N – общее число специалистов, прошедших аттестацию; M_n – оценка по пятибалльной шкале конкретного специалиста.

Таблица 5 - Расчет результативности процесса обеспечения промышленной безопасности при изготовлении и испытаниях УКЗ

Показатель	Расчетная формула
Степень соблюдения технологической безопасности	$a_1 = N_{\text{Б}}/N_{\text{ОП}}$, $N_{\text{Б}}$ – количество выполненных мероприятий, направленных на повышение безопасности производства; $N_{\text{ОП}}$ – количество опасных и особо опасных операций согласно директивному технологическому процессу.
Степень выполнения требований системы экспертизы промышленной безопасности ОПО	$a_2 = N_{\text{СЭ}}/N_{\text{ПЭ}}$, $N_{\text{СЭ}}$ – количество проверенных элементов соответствующих требованиям «Системы...»; $N_{\text{ПЭ}}$ – количество проверяемых элементов «Системы...».

Показатель результативности каждого процесса определяется по формуле:

$$R_{\text{П}} = \sum a_i/m \quad (1)$$

Где: a_i – рассчитанная величина i -го показателя результативности процесса;

M – количество показателей, по которым проводится оценка результативности процесса.

Оценка результативности процесса СМК проводится путем сравнения значения показателя результативности R_{Π} рассчитанного по формуле 1, с критериями результативности, приведенными в табл. 6.

Критерии результативности процесса СМК, представленные в табл. 6, соответствуют критериям результативности СМК, установленным в методике [2].

Оценка результативности СМК в целом проводится в том же порядке, который установлен в методике [2].

Оценки результативности СМК показали хорошую корреляцию с результатами, полученными при расчетах по методикам оценки результативности более ранних редакций. Кроме того, оценки, полученные с применением разработанной методики, совпадают с оценками, полученными экспертным путем внутренними аудиторами, и результатами внешних аудитов, подтвердивших пригодность и результативность СМК.

Таблица 6 - Критерии оценки результативности СМК в целом

Значение показателя результативности процесса R_{Π} и СМК в целом $R_{СМК}$	Степень результативности процесса СМК и СМК в целом
0,95 и более	Высокая
От 0,75 (включительно) до 0,95	Достаточная
От 0,6 (включительно) до 0,75	Допустимая
Менее 0,6	Недопустимая

Литература

1. ГОСТ РВ 0015-002-2012 Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Системы менеджмента качества. Общие требования.
2. Методика оценки результативности системы менеджмента качества организации, утв. Решением Координационного совета Системы добровольной сертификации «Военный Регистр» от 11.04.2012 г.

УДК:331.45

АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ГОРОДА НОВОСИБИРСК

Д.С.Остахов

Научный руководитель: доцент Е.А.Удальцов

Новосибирский государственный технический университет,
Г. Новосибирск, d_ostakhov95@mail.ru

В наше время, на большинстве предприятий сложилась такая тенденция, что расследуют только смертельные или тяжёлые несчастные случаи, а в свою очередь, лёгкие несчастные случаи и так называемые микротравмы, расследуют очень редко, и в большинстве своём не учитывают, либо скрывают. Подтверждение этому приводится в данной статье на примере пирамиды Дюпона как для РФ в целом, так и для конкретного предприятия.

In our time, most businesses have developed such a tendency that they investigate only fatal or severe accidents, and in turn, light accidents and so-called micro traumas are very rarely investigated, and in most cases they are not taken into account or concealed. Confirmation of this is given in this article by the example of the Dupont pyramid both for the Russian Federation as a whole and for a specific enterprise.

Охрана труда в современном мире имеет огромное значение в связи с интенсивным развитием производственной сферы и появлением новых видов деятельности. Обеспечение безопасности, жизни и здоровья трудящихся - важные задачи, для выполнения которых требуется организация системы управления охраной труда (в дальнейшем СУОТ) на предприятии.

Необходимо пересмотреть сформировавшиеся и длительно действующие в стране отношения к отдельным процедурам в сфере безопасности и охраны труда. Среди них расследование и учет микротравм, инцидентов, идентификация опасных факторов и рисков, а также процедуры оценки работы руководителей и специалистов, персонала по предупреждению травматизма, аварийности[1].

Следует отметить, что в нашей стране длительно действует неправильно сформировавшееся отношение к оценке производственного травматизма. В соответствии со сложившейся и документально оформленной практикой расследования и учета несчастных случаев на производстве основной акцент делается на смертельных и тяжелых несчастных случаях, меньший - на легких травмах и совсем не принимаются во внимание (не расследуются и не учитываются) микротравмы и, следовательно, не подвергаются анализу и управлению опасные факторы и риски[2].

В конечном итоге это привело к серьезному искажению статистики несчастных случаев. Так, например, уровень смертельного травматизма в Российской Федерации от двух до девяти раз выше, чем в промышленно развитых странах, а общий травматизм, напротив, во столько же раз ниже, чем в тех же странах. Но еще хуже то, что в стране не учитываются микротравмы и практически невозможно провести анализ микротравм и рисков из-за отсутствия узаконенных методик и положений (стандартов).[3]

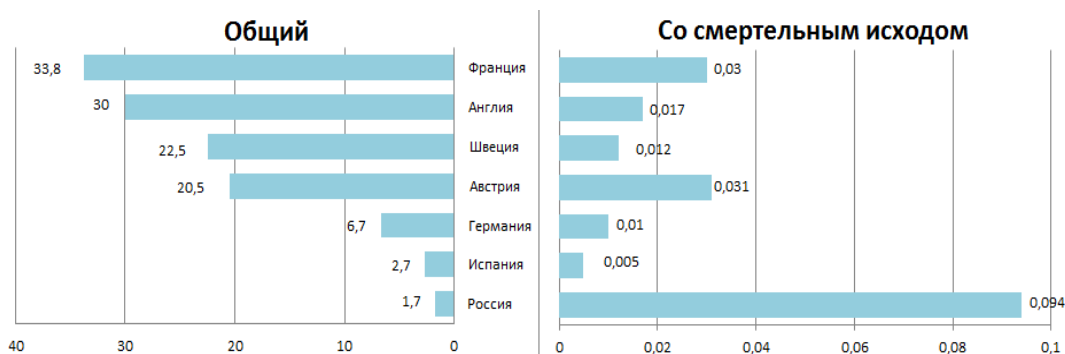


Рисунок 1 – Уровень общего производственного травматизма и травматизма со смертельным исходом

Вместе с тем западные и отечественные исследования показывают, что одному смертельному случаю предшествуют 10 - 30 тяжелых травм, около 100 - 300 легких (с потерей трудоспособности на один день и более), порядка от одной до трех тысяч микротравм или 10-30 тысяч опасностей, которые имеются на производстве. Все это можно изобразить в виде пирамиды (аналогично той, которую демонстрирует фирма «Дюпон») распределения травм и опасностей (рисунок 2).

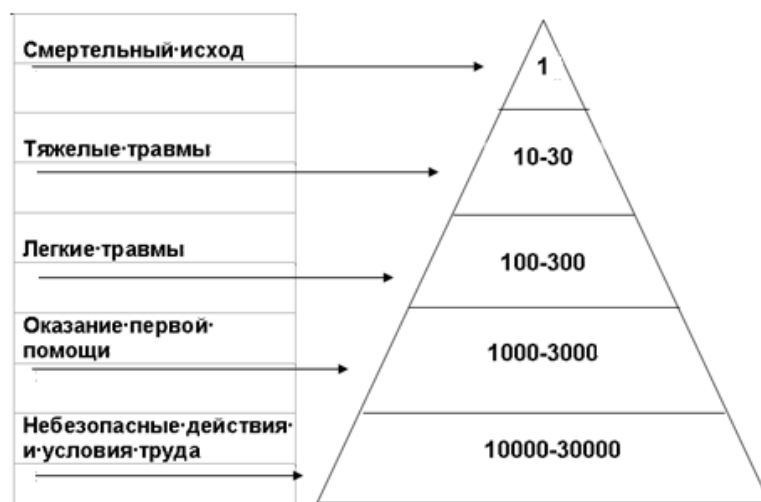


Рисунок 2 Структура несчастных случаев на фирме «Дюпон»

Опираясь на пирамиду Дюпону, в которой показано какое соотношение несчастных случаев должно приходиться друг другу, была изучена общероссийская статистика в период с 2013 по 2017 год. Здесь сопоставление даёт другую, очень отличающуюся картину, которая представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Сопоставление всех несчастных случаев к несчастным случаям со смертельным исходом

Годы	Всего несчастных случаев	Со смертельным исходом	Отношение числа всех н/с к числу н/с со смертельным исходом
2013	90 965	4235	21,5
2014	88 235	3591	24,6
2015	85 012	3677	23,1
2016	77 364	3238	23,9
2017	64 660	2598	24,9

От общероссийской статистики перейдём к конкретному предприятию, а именно ОАО «Сибирский Гурман Новосибирск». Здесь структура несчастных случаев с 2006 по 2016 год выглядит следующим образом (рисунок 3).

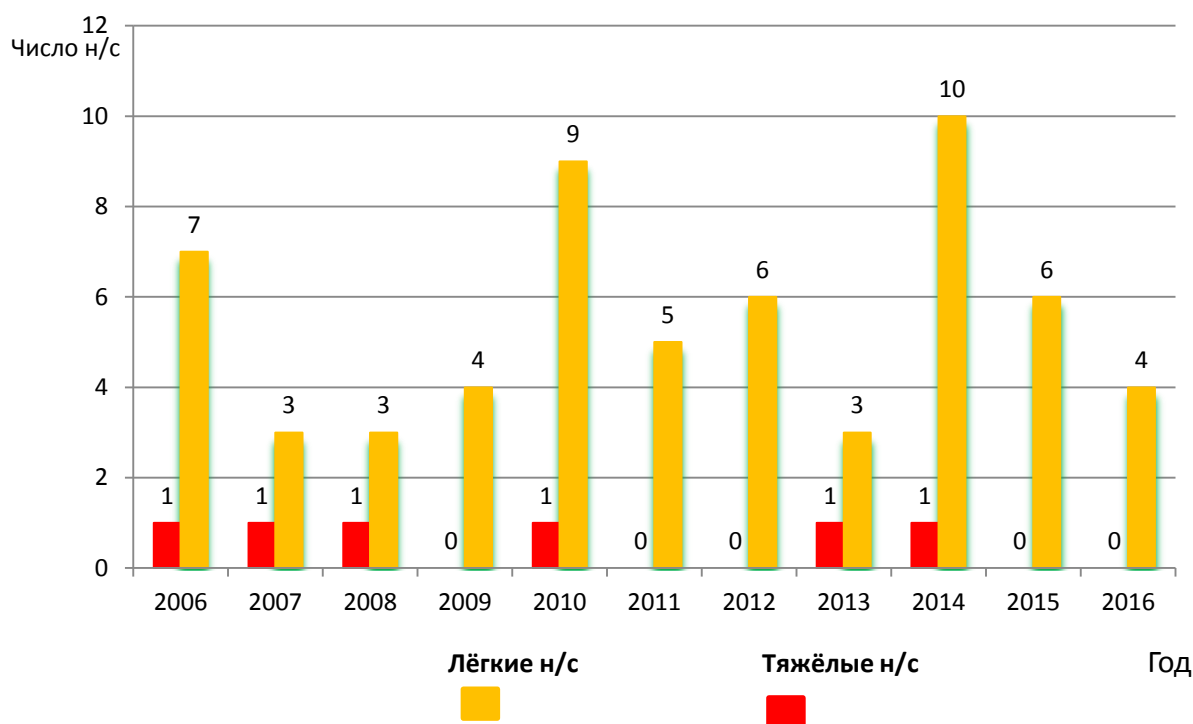


Рисунок 3 - Структура несчастных случаев на рассматриваемом предприятии пищевой промышленности в период с 2006- 2016 гг.

Исходя из данной диаграммы, составим пирамиду Дюпона для нашего предприятия, которая будет выглядеть следующим образом(рисунок 4).

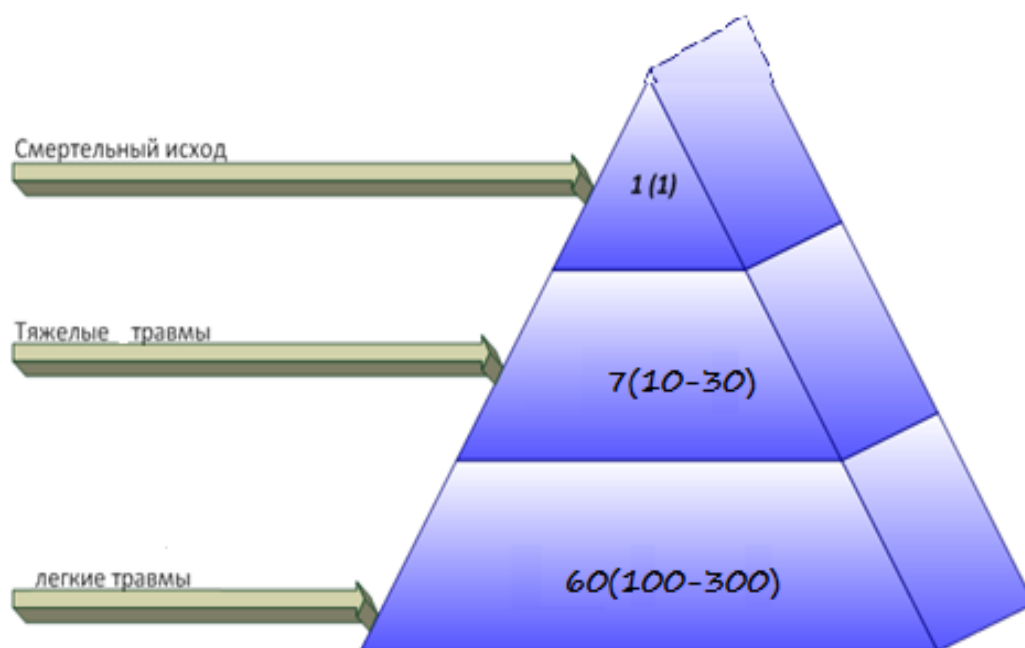


Рисунок 4 – Пирамида Дюпона для предприятия пищевой промышленности

Как мы видим здесь показано несоответствие количества негативных факторов производства и легких травм количеству тяжелых и смертельных случаев. Полученное расхождение можно во многом объяснить неучетом предприятием подобных случаев (к примеру, переквалификация несчастного случая из производственного в бытовой) для улучшения статистических показателей.

Таким образом, данные приведённые в статье подтверждают сокрытие несчастных случаев на производстве как в России в целом, так и на примере конкретного предприятия. Поэтому, профицит бюджета фонда социального страхования является результатом искусственного снижения производственных травм и регистрации их в качестве бытовых. В связи с этим в стране должны приниматься адекватные меры, направленные на формирование мотивации у работодателя и работника регистрировать травмы на производстве. Помимо этого, чтобы определить реальный (возможный) риск опасных факторов их необходимо идентифицировать используя результаты СОУТ и травмоопасности. Это позволит резко сократить количество опасных факторов за счет тех, которые по результатам СОУТ не представляют реальную опасность.

Литература:

1. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018);
2. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Новосибирской области в 2017 году»;
3. Статистический бюллетень «О травматизме от несчастных случаев в городах и районах Новосибирской области в 2017 году».

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА НА ОБЪЕКТЕ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Полончук К.Э.

Научный руководитель: Н.Я. Илюшов

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, polonchuk1995@yandex.ru

В данной статье рассматривается вопрос о возможности спрогнозировать тот или иной сценарий развития пожарной ситуации на объекте и дать возможную оценку последствиям.

This article discusses the possibility of predicting one or another scenario of the fire situation at the facility and give a possible assessment of the consequences.

Объектом исследования является одно из акционерных обществ Иркутской области, занимающееся разработкой и добычей полезных ископаемых, а именно добычей золота. Для проведения анализа возникновения пожара было выбрано несколько объектов предприятия, заправочная станция, которая находится на территории небольшого поселка с численность населения 1100 человек.

Количество техногенных аварий, сопровождающихся последующим воспламенением горючих веществ, на основании сравнительной статистики увеличивается с каждым годом. Прогнозы, получаемые в результате проводимых в этом направлении мониторингах, свидетельствуют об их дальнейшем увеличении. Возникновение пожароопасной ситуации можно квалифицировать как чрезвычайную ситуацию, связанную с риском возникновения взрыва и пожара. В соответствии с ФЗ-№123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1] (гл. 21 ст. 94), для определения возможности образования такой ситуации, необходимо проведение анализа пожарной опасности и расчёта пожарного риска. Учитывая, что существует несколько утверждённых методик для проведения расчётов, за основу была принята методика государственного стандарта ГОСТ Р 12.3.047-12 [2], утверждённым и введённым в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. № 1971-ст взамен ГОСТ Р 12.3.047-98, утверждённого перечнем национальных стандартов Постановлением правительства Российской Федерации в редакции приказа Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «1» июля 2010 года № 2450. Одним из направлений такого мониторинга является проведение аналитических расчётов для эксплуатируемых объектов на основе утверждённых методик [2].

В данной работе приводится анализ возможности образования пожароопасной ситуации, связанной с разливом легковоспламеняющейся жидкости на открытой поверхности. Исходные данные для проведения необходимых расчётов были приняты на основании рабочей проектной документации для этого объекта.

Опираясь на требования ст.95 п.3 [1], определение возможной пожароопасной ситуации проводилось на производственном объекте на основе анализа пожарной опасности наиболее опасного сценария развития аварии. Иницилирующим событием

данного сценария является разрушение сливного патрубка топливораздаточной колонки с розливом бензина на открытой поверхности, при котором будет происходить максимальное испарение с образование облака горючей паровоздушной смеси. В соответствии с [3], частота разгерметизации при полном разрушении патрубка равна $4 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Наиболее возможными сценариями аварий в этом случае могут стать:

1. разливы топлива из разрушенного топливного патрубка при заправке автомобилей;
2. разливы топлива при разгерметизации сливного патрубка при сливе топлива с топливозаправщика;
3. воспламенение разлива топлива и пожар с последующим вовлечением в зону огня оборудования АЗС и транспортных средств;
4. образование облака топливно-воздушной смеси (ТВС) с последующим взрывным превращением;
5. образование облака топливно-воздушной смеси (ТВС) с последующим воспламенением и формированием огненного шара.

На Рисунке 1 приведен пример схемы логического древа событий. Данное древо событий описывает возникновение и развитие пожарной ситуации одного из сценариев.

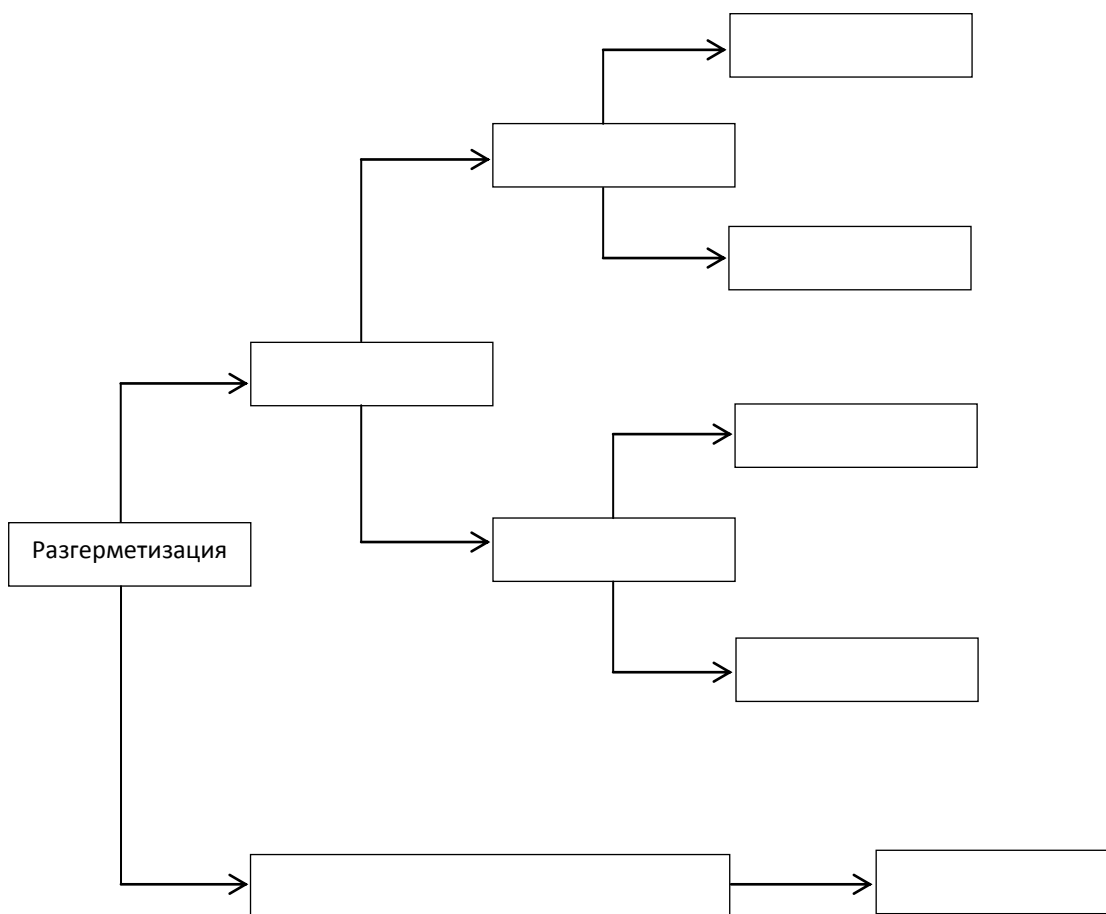


Рисунок 1. Древо событий при возникновении и развитии пожарной ситуации связанной с разливом топлива при разгерметизации сливного патрубка при сливе топлива с топливозаправщика

Расчёт вероятности возникновения того или иного события по всем 5 сценариям позволил определить наиболее вероятное развитие аварии на объекте. Последующий расчёт последствий аварии позволяет сделать вывод о возможности возникновения эффекта «домино», в результате которого разгерметизация патрубка приводит к полному уничтожению объекта. При расчётах принимались нормальные климатические условия для данного географического района и самые неблагоприятные условия для возникновения аварии: энергия и время существования источников зажигания достаточны для воспламенения потенциальной горючей среды, появление источников зажигания имеет высокую вероятность.

Литература:

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. ГОСТ Р 12.3.047-12 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».
3. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов (утв. приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. №404, с изменениями, утв. приказом МЧС России от 14 декабря 2010 г. № 649).

ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ СЕМИБАЛЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ГОРОДЕ НОВОСИБИРСК

Полтористова Л.В.

Научный руководитель: к.т.н. Илюшов Н.Я.

Новосибирский Государственный технический университет,
г. Новосибирск, lada.poltoristov@mail.ru

В статье оцениваются последствия землетрясения равного 7 баллам в городе Новосибирск. Актуальность исследования обусловлена стремительным ростом недвижимости. Рассматривая жилье, с точки зрения опасности обрушения при землетрясениях, не соблюдение требований и стандартов при строительстве может привести к людским и материальным потерям.

The article assesses the consequences of an earthquake equal to 7 points in the city of Novosibirsk. The relevance of the study is due to the rapid growth of real estate. Considering housing as an object of collapse in the event of earthquakes, failure to comply with the requirements and standards during construction can lead to physical and material losses.

Важным параметром оценки землетрясений является интенсивность. Интенсивность сейсмических воздействий в баллах для района строительства, следует принимать на основе комплекта карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-2016), утвержденных Российской академией наук. Указанный комплект карт предусматривает осуществление антисейсмических мероприятий при строительстве объектов и отражает вероятности возможного превышения в течение 50 лет указанных на картах значений сейсмической интенсивности.

Для оценки интенсивности сейсмического воздействия в баллах в городе Новосибирске, я рассмотрела карты ОСР-2016 и определила, что город Новосибирск находится в зоне сейсмической интенсивности равной 7-ми баллам. При проектировании зданий и сооружений, возводимых на площадке равной 7-ми баллам необходимо соблюдать нормы и требования, указанные в документе [1].

В ходе работы были определены типы зданий по ММСК - 86, соответствующие данной сейсмичности территории, к ним относятся здания и сооружения типа С7 [2]. Для обеспечения сейсмостойкости таких зданий и сооружений применяется сейсмоизоляция и другие системы регулирования динамической реакции сооружения при условии проектирования их по специальным техническим условиям, согласованным с Госстроем России.

На сегодняшний день, что большую часть города Новосибирск занимают здания и сооружения, относящиеся к типу В [2], где не предусматриваются антисейсмические мероприятия.

При оценке последствий 7-ми балльного землетрясения, с учетом имеющейся застройки, я воспользовалась методикой [3]. В методике используется вероятностный подход, это обусловлено тем, ситуация, в которой могут оказаться люди, носит случайный характер. Расчет степени повреждения зданий основывается на нормальном законе распределения и рассматривается 5 степеней повреждения зданий.

Математическое ожидание количества зданий с определенной степенью повреждения можно рассчитать по формуле:

$$M(V_d) = \iint_{S_r}^{I_{\max}} \int_{I_{\min}} P_d(I) f(x, y, I) \varphi(x, y) dI dx dy \quad (1)$$

где S_r – площадь города (область интегрирования); $P_d(I)$ – параметрический закон разрушения зданий i -го типа при интенсивности землетрясения равной I ; $f(x, y, I)$ – плотность вероятности распределения интенсивности землетрясения в пределах площадки с координатами (x, y) ; $\varphi(x, y)$ – количество зданий, приходящихся на единицу площади с координатами x, y .

Вероятности повреждения зданий различного типа в зависимости от интенсивности землетрясения, рассчитанные с помощью формул математического ожидания (1), приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Вероятности повреждения зданий различного типа в зависимости от интенсивности землетрясения

Типы зданий	Степень повреждения	Балл интенсивности землетрясений						
		6	7	8	9	10	11	12
В	1	0,01	0,36	0,13	0	0	0	0
	2	0	0,11	0,37	0,02	0	0	0
	3	0	0,02	0,34	0,14	0	0	0
	4	0	0	0,13	0,34	0,03	0	0
	5	0	0	0,03	0,5	0,97	1	1

Как видно из таблицы 1, тяжелую степень повреждения получают 2% зданий, умеренную 11%, легкую 36%. Тяжелая степень повреждения $d=3$ характеризуется разрушением неконструктивных элементов здания: обвалы частей перегородок, карнизов, фронтонов, дымовых труб. Значительные повреждения несущих конструкций: сквозные трещины в несущих стенах, значительные деформации каркаса, заметные сдвиги панелей, выкашивание бетона в узлах каркаса. В соответствии с данной методикой в качестве поражающих факторов рассматриваются обломки зданий и сооружений.

Параметрические законы поражения людей, находящихся в зданиях, при землетрясениях строятся на основе теоремы полной вероятности. В расчетах учитывается, что событие C_j (общие, безвозвратные, санитарные потери) может произойти при получении зданием одной из степени повреждения (при одной из гипотез B_i , образующих полную группу несовместимых событий).

Расчеты проводятся по формуле:

$$P_{C_j}(I) = \sum_{i=1}^5 P_{B_i}(I) P(C_j/B_i), \quad (2)$$

где $P_{C_j}(I)$ – вероятность поражения людей при землетрясении интенсивностью I ; $P_{B_i}(I)$ – вероятность наступления i -й степени повреждения здания при заданном значении интенсивности землетрясения; $P(C_j/B_i)$ – вероятность получения людьми j -й степени поражения при условии, что наступила i -я степень повреждения здания.

Значения $P(C_i|B_i)$ получают на основе обработки эмпирических материалов о последствиях землетрясения. В целом можно считать, что значения вероятности поражения людей равны данным, приведенным в таблице 2.

Таблица 2 - Вероятность поражения людей при различных степенях повреждения зданий

Структура потерь	Повреждения			разрушения	обвалы
	легкие	умеренные	тяжелые		
Общие	0	0,01	0,11	0,6	0,97
Безвозвратные	0	0	0,02	0,23	0,6
Санитарные	0	0,01	0,09	0,37	0,37

На основании данных, полученных при оценке последствий 7-ми балльного землетрясения в городе Новосибирск, я делаю вывод о том, что большая часть зданий и сооружений в городе получит повреждения, характеризующиеся тяжелой и средней степенью, а вероятность поражения людей, в этих зданиях, зависит от степени повреждения зданий, в которых находятся люди и достигает 11% общих потерь.

Литература:

1. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах СНИП II-7-81* (актуализированного СНИП II-7-81* "Строительство в сейсмических районах")
2. Акимов В.А., Воробьев М.И. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учебное пособие – М.: Высшая школа, 2006.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Прогнозирование последствий землетрясений: учеб. пособие / Н.Я. Илюшов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. – 68 с.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ В КАЧЕСТВЕ НУЛЕВОГО ЗАЩИТНОГО ПРОВОДНИКА

Ю.С. Попова

Научный руководитель: А.М. Парахин

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, porovaulya95@mail.ru

Основным защитным мероприятием от поражения человека электрическим током в сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью (ГЗН) является зануление электрооборудования. В качестве заземляющих или нулевых защитных проводников могут быть использованы не только специальные проводники, но и не предусмотренные для этих целей проводники (стальные трубы, металлические оболочки кабелей и т. п.).

The main protective measure against the human being's electric shock in networks up to 1000 V with a deady neutral (GZN) is the zeroing of electrical equipment. As grounding or zero protective conductors, not only special conductors can be used, but also conductors not intended for this purpose (steel pipes, metal cable sheaths, etc.).

ПУЭ рекомендует использовать в сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью проводную систему типа TN – S, в которой используется отдельный нулевой защитный проводник РЕ [1]. Однако на некоторых промышленных объектах используют систему TN – C, в которой нулевой рабочий проводник и нулевой защитный проводник совмещены. Это в ряде случаев не обеспечивает выполнение требований электробезопасности. Часто кабели, питающие электроустановки на предприятии, прокладывают в стальных трубах. Рассмотрим возможность использования таких труб в качестве нулевого защитного РЕ проводника.

Стальные проводники имеют относительно высокое удельное сопротивление (0,13 – 0,14 ом*мм²/м при постоянном токе) и при переменном токе – значительное индуктивное сопротивление (изменяются нелинейно в зависимости от плотности тока, от отношения периметра сечению) [2]. Кривая зависимости магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля H (рисунок1) имеет максимум при относительно малых плотностях тока j .

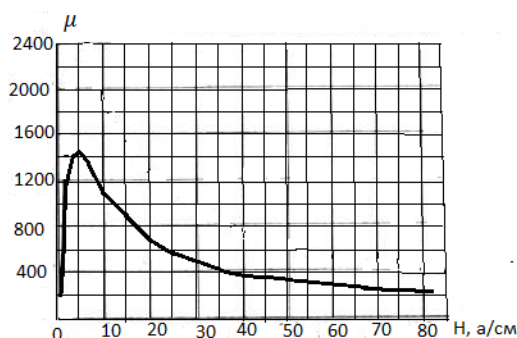


Рисунок 1 – Зависимость относительной магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля для стального проводника с содержанием углерода $C=0,22\%$.

Р. Л. Нейманом [3] даны следующие соотношения для активных r_w и индуктивных x сопротивлений стальных проводников (формула 1,2):

$$r_w = \frac{l}{\Pi} \sqrt{\frac{\omega \mu_e}{\gamma}} \quad (1)$$

$$x = 0,6 \frac{l}{\Pi} \sqrt{\frac{\omega \mu_e}{\gamma}} \quad (2)$$

$$z = \sqrt{r_w^2 + x^2} \quad (3)$$

где l – длина проводника, см; Π – периметр проводника, см; μ_e – магнитная проницаемость на поверхности проводника; γ – электрическая проводимость стали, ом^{-1} .

В выражения (1) и (2) входит отношение μ_e/γ . Эта зависимость $\sqrt{\frac{\omega \mu_e}{\gamma}} = F(\text{He эфф})$ для обычных электротехнических материалов не слишком резко отличается. Используя это Л. Р. Нейман предложил средние кривые для проводников из стали [3], определяющие связь между мощностью P , поглощаемой единицей поверхности проводника, полным сопротивлением проводника и напряженностью магнитного поля на поверхности $H_{\text{е эфф}} = I/\Pi$, а/см.

Зависимости коэффициентов A_r , A_x , A_z [3], значения которых пропорциональны активному, индуктивному и полному сопротивлениям стальных проводников и напряженности магнитного поля на поверхности. В соответствии с этим получаем:

$$r_w = \frac{A_r * l \sqrt{f}}{\Pi}, \text{ом} * 10^{-5} \quad (4)$$

$$x = 0,6 \frac{A_x * l \sqrt{f}}{\Pi}, \text{ом} * 10^{-5} \quad (5)$$

$$z = 1,16 \frac{A_z * l \sqrt{f}}{\Pi}, \text{ом} * 10^{-5} \quad (6)$$

на сантиметр длины проводника (в ом/км полученные значения умножаются на 10^5).

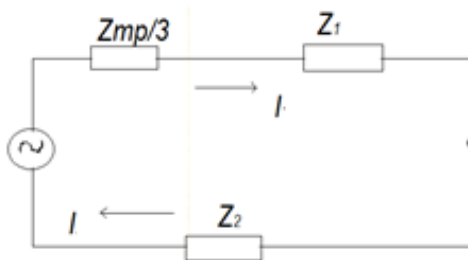


Рисунок 2 – Схема сети

Ток короткого замыкания можно определить, используя формулу (7) и рисунок (2). Однако Z_2 – сопротивление стальной трубы зависит от величины протекающего тока. Для определения этого сопротивления можно построить два графика: 1 – график зависимости полного сопротивления стальных труб от плотности тока; 2 – график, характеризующий величину плотности тока в зависимости от полного сопротивления цепи «фаза – нуль» в соответствии с формулой (7). Точка пересечения графиков (рис.3) дает искомое значение полного сопротивления стальной трубы Z_2 , при соответствующем значении тока короткого замыкания.

$$I_1 = \frac{U_{\phi}}{\frac{z_{тр}}{3} + z_1 + z_2} \quad (7)$$

В качестве примера рассмотрим расчет тока короткого замыкания для фрезерного станка, что находится на расстоянии 61 м от электрического щитка, а в качестве нулевого защитного проводника используется стальная труба (марка стали Ст 3, диаметр 24 мм).

Для выполнения изложенных условий должно соблюдаться равенство:

$$I_1 = I_2$$

где I_1 – ток короткого замыкания по формуле (7);

I_2 – ток, учитывающий полное сопротивление z , рассчитанное по формуле (6).

На основании расчетов построены графики (рисунок 3).

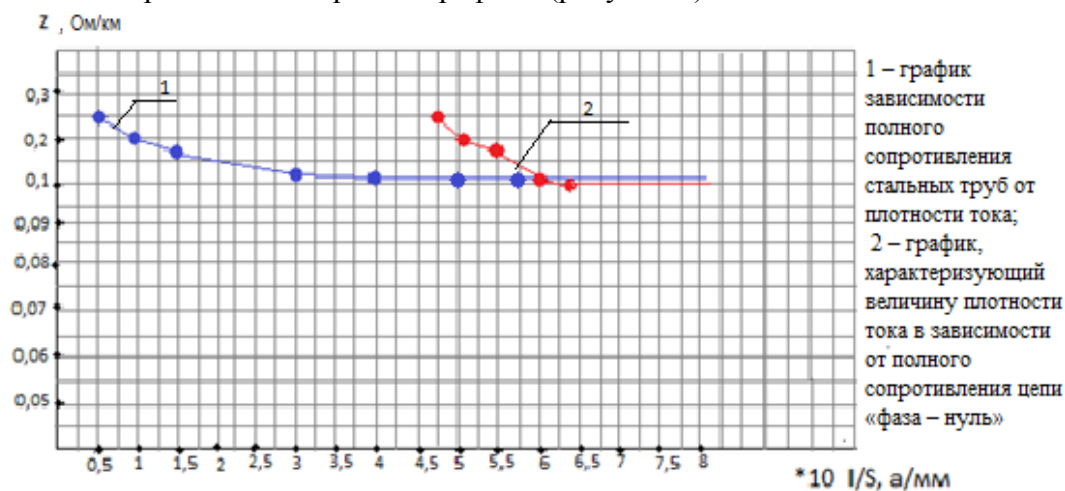


Рисунок 3 – Сопротивление стальных труб и петли «фаза – нуль»

В точке пересечения графиков (рис.3) находим искомое значение полного сопротивления стальной трубы z_2 при заданной плотности тока, которое равно 0,1 Ом/км. Зная величины всех сопротивлений можно рассчитать ток короткого замыкания.

Литература:

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), изд. 7, 2001 - 2004 г.г.
2. ГОСТ Р 50571.2– 94 «Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики». – М.: «Стандартинформ», 2012
3. Найфельд М.Р., Заземление, защитные меры электробезопасности, изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: «Энергия», 1971. — 301 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧИМЫХ ФАКТОРОВ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Ю.Д. Прокина

Научный руководитель: доцент О.В.Тихонова

Новосибирский государственный технический университет
г. Новосибирск, pj00@gmail.com

В статье определены наиболее значимые компоненты в существующей практике реализации экологической политики на предприятиях. Использованы методы исследования: экспертный опрос, количественная и качественная интерпретация.

The article identifies the most significant components in the existing practice of implementing environmental policy at enterprises. The research methods used: expert survey, quantitative and qualitative interpretation

Вопросы загрязнения окружающей среды, ее защита и восстановление являются одними из наиболее острых в мире, не исключением является и Новосибирская область. На фоне социально-экономической нестабильности в последние годы наблюдаются тенденции изменения внутренней политики государства не в пользу системы экологической безопасности населения и охраны природы. В этой ситуации происходит снижение интереса населения к экологическим проблемам и падение общего уровня экологической культуры. При сложившихся обстоятельствах общественные организации вынуждены выдвигать целый ряд инициатив, направленных на компенсацию снижения активности государственных органов в деле улучшения экологической ситуации и контроля над загрязнением окружающей среды. [1]

В период с сентября по декабрь 2017 года в г. Новосибирске нами проводился социологический опрос с тематическим названием: «Экологическая политика на предприятии». Цель исследования: анализ потенциала развития системы экологического менеджмента (СЭМ) на предприятиях и выявление перспективных направлений по ее совершенствованию. В ходе анкетирования были опрошены руководители предприятий, специалисты по охране труда, преподаватели высших учебных заведений. В число экспертов вошли представители следующих предприятий: Обувная фабрика ООО «КОРС»; лидер в области услуг комплексного обеспечения безопасности - Холдинг безопасности «Подразделение «Д»; крупнейший автосборочный завод АО «АЗИЯ АВТО».

Для достижения поставленной цели были решены задачи:

- разработка инструментария социологического исследования;
- проведение анкетирования и обработка полученных материалов;
- подготовка анализа по результатам анкетирования.

На первом этапе была составлена анкета со значениями рангов для каждого исследуемого фактора: экспертам предлагалось оценить влияние различных факторов на развитие СЭМ по пятибалльной шкале, при условии, что 1,2,3 баллов - эквивалентно низкому уровню влияния фактора - графа «Нет», а 4-5 баллов его высокое значение - графа «Да».

В таблице 1 приводятся результаты математической обработки экспертной оценки 13 респондентов относительно 8 вопросов.

Таблица 1 - Степень оценки экспертами значимости принятых факторов по вопросам организации и эффективности СЭМ на предприятиях

Содержание вопросов анкеты		Структура ответов, %	
		Да	Нет
Группа организационно-управленческих факторов			
1.	Ведется ли разработка локальной нормативно - правовой документации?	53,8	46,2
2.	Контроль надзорных органов	23,1	76,9
3.	Требуются значительные трудоемкие затраты по организации и внедрению	76,9	23,1
Группа финансовых факторов			
1.	Бюджетное финансирование	46,2	53,8
2.	Требуются значительные затраты	69,2	30,8
Личностные качества			
1.	Трудности из-за низкой компетентности специалистов	76,9	23,1
2.	Низкая заинтересованность руководителей	61,5	38,5
3.	Отсутствие мотивации руководителей предприятий/подразделений	66,2	33,8

По результатам исследования сделаны следующие выводы:

1. Разработка нормативно-правовой документации по воздействию предприятий на окружающую среду, по природоохранной деятельности ведется согласно Федеральному закону от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 31.12.2017) "Об охране окружающей среды", согласно которому на каждом предприятии должна быть соблюдена нормативно-правовая база о СЭМ(53,8% опрошенных). Но, вместе с тем, требуются значительные и трудоемкие затраты по организации и внедрению введению СЭМ (76,9% респондентов).

2. Ослаблен контроль надзорных органов, подтвердили 76,9% анкетированных.

3. Требуется значительное финансирование на организацию и внедрение СЭМ (69,2%) при недостаточной государственной поддержке.

4. В группе вопросов «Личностные качества» у руководителей отмечено: отсутствие заинтересованности (61,5%) и мотивации (66,2%) по развитию экологической безопасности предприятий.

Таким образом, данный экспертный опрос является начальным этапом по определению наиболее значимых факторов при освоении СЭМ на предприятиях и дальнейшей систематизации экологической политики.

В заключении следует отметить, что население города Новосибирска не только по-прежнему уделяет большое внимание вопросам экологии и готово принять активное участие в разработке и обсуждении экологических программ и проектов, а также принимать активное участие в их реализации.

Литература:

1. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. Конспект лекций. – 3-е изд., перераб. И доп. – Ростов – н\Д: Феникс, 2008 – 275с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКОРРОЗИИ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА НОВОСИБИРСКОЙ ТЭЦ-2

И. И. Оглоблин, Д.О. Романова
Научный руководитель: Г.Е. Асеев, к.т.н.

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, lyu80971283@yandex.ru

Указана важная роль заземляющих устройств для обеспечения безопасности персонала в электроустановках. Показана возможность коррозионных разрушений заземлителей под действием блуждающих токов электрифицированной железной дороги. Предложена математическая модель для оценки негативного влияния блуждающих токов на надежность заземляющих устройств. Выполнена оценка влияния блуждающего тока на коррозию заземляющего устройства Новосибирской ТЭЦ-2. Предложено дополнить результаты математического моделирования данными экспериментальных измерений.

The important role of grounding devices for ensuring the safety of personnel in electrical installations is indicated. The possibility of corrosion damages of earthing conductors under the influence of wandering currents of an electrified railway is shown. A mathematical model is proposed for estimating the negative influence of stray currents on the reliability of grounding devices. An estimation of the influence of the stray current on the corrosion of the grounding device of Novosibirsk CHP-2 was performed. It is proposed to supplement the results of mathematical modeling with experimental measurement data.

Заземляющие устройства (ЗУ) электроустановок выполняют ряд функций, главной из которых является защита персонала от поражения электрическим током. Необходимо предотвратить коррозионное разрушение ЗУ. Меры предотвращения коррозии ЗУ дают наибольший эффект, если они приняты на этапе проектирования. Для оптимизации проектных решений необходимо использовать математическую модель процесса коррозии ЗУ, учитывающую влияние блуждающих токов.

Указанная модель была разработана, используя основные принципы многоэлектродных электрохимических систем и методы расчета параметров заземлителей [1]. При этом, в модель введена система электродов, моделирующих влияние электрифицированной железной дороги.

Железнодорожный путь представлен системой горизонтальных электродов, имеющих продольные и поперечные сопротивления. Продольные сопротивления соответствуют продольным сопротивлениям участков рельсового пути R_{pi} , поперечные R_{pi} - переходные сопротивления «рельс-грунт». Схема замещения для расчета токораспределения в рельсовой цепи представлена на рис.1.

Токораспределение в схеме вычисляется методами электротехники. Источником, вызывающим протекание токов в системе, является ток электровоза $I_{эл}$.

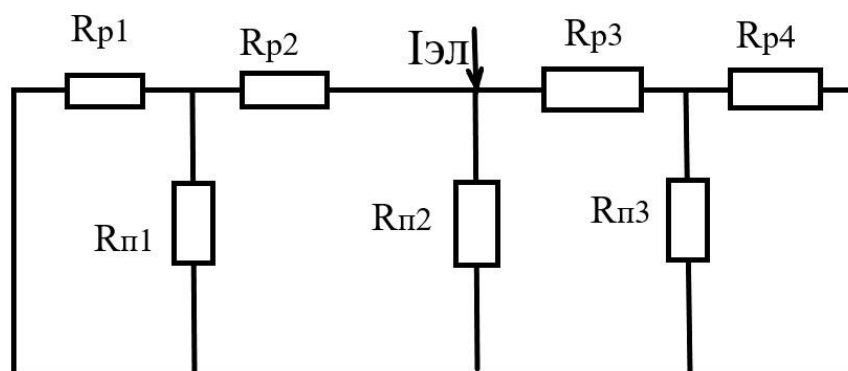


Рис.1. Схема замещения железной дороги

По описанной методике разработаны алгоритм и программа C# с дружественным интерфейсом, позволяющим осуществлять наглядный контроль входных данных и выявлять возможные ошибки оператора.

Описанная методика и программа использованы для оценки воздействия блуждающих токов на коррозию заземляющего устройства Новосибирской ТЭЦ-2. В расчете использованы доступные картографические материалы [2]. По ним составлен план взаимного расположения заземляющего устройства ТЭЦ-2, железной дороги и тяговых подстанций, представленный на рисунке 2. Погонные параметры рельсового пути приняты согласно литературным данным [3]: продольное сопротивление пути - 0,02 Ом/км, поперечное - 2 Ом/км.

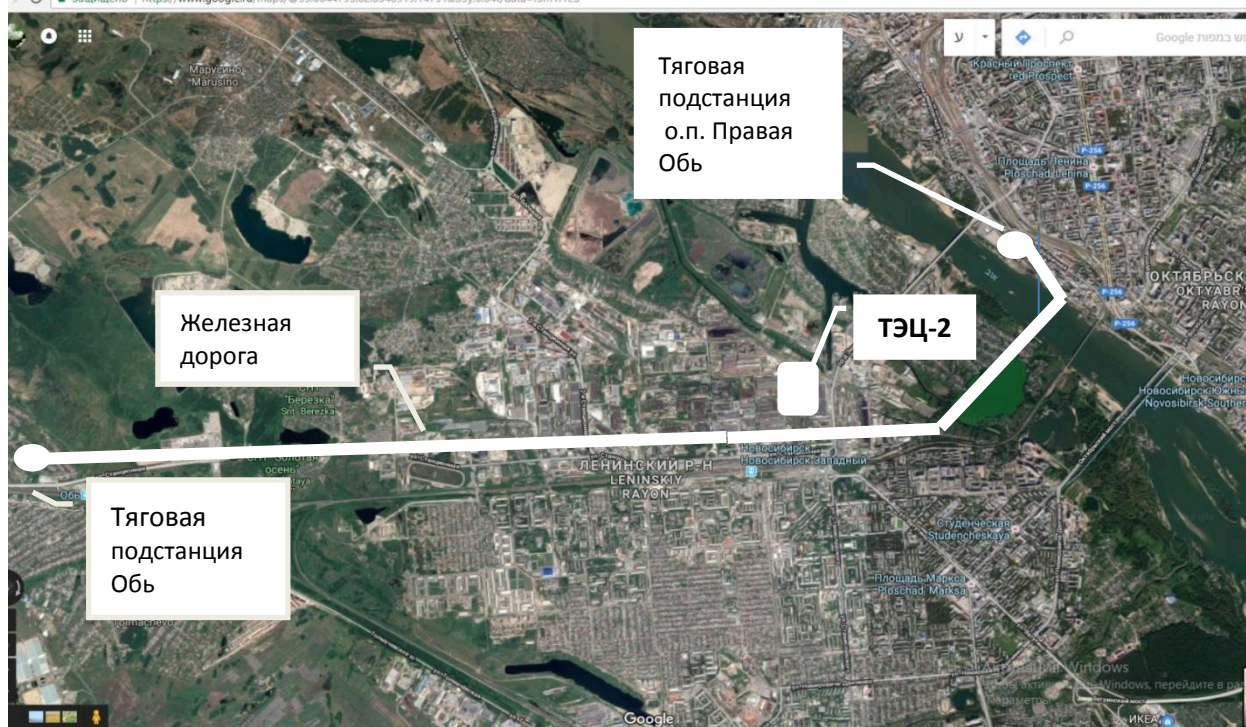


Рис.2. Расположение ТЭЦ-2 и железнодорожного пути на карте Новосибирска

Длина участка 14 км. Он представлен в модели 14 горизонтальными электродами по 1000 м. Блуждающие токи, создаваемые железной дорогой и пересекающие территорию ТЭЦ-2 в направлении тяговых подстанций, способны вызвать коррозию подземных конструкций указанного объекта. Оценка действия этих токов произведена по величинам потенциалов, наведенных поперечными токами на электродах заземляющего устройства ТЭЦ, рассчитанными по схеме замещения рис.1.

Решение задачи записывается в виде произведения двух матриц (1):

$$\begin{pmatrix} R_{n1} + \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1N} & -1 \\ \alpha_{21} & R_{n2} + \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2N} & -1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & R_{nN} + \alpha_{NN} & -1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \dots \\ I_N \\ U_{M0} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \dots \\ E_N \\ 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

В матричном уравнении использованы обозначения: α_{ij} собственные и взаимные сопротивления электродов ЗУ, R_{ni} – сопротивления поляризации, принятые равными $15 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$, по ранее опубликованным данным [4], E_i – потенциалы, наведенные железной дорогой на электродах ЗУ, U_{M0} – средний наведенный потенциал ЗУ, I_i – токи электрокоррозии электродов ЗУ.

По величинам рассчитанных токов I_i и геометрическим размерам электродов рассчитаны плотности токов электродов ЗУ γ_i . Плотности токов коррозии линейно связаны со скоростью коррозионного разрушения [5] по уравнению:

$$v_i = 1.15 \cdot \gamma_i, \text{ мм/год}$$

Таким образом, максимальная скорость коррозии, полученная в данном расчете, составила $0,0005 \text{ мм/год}$.

Выводы:

1. Результат математического моделирования электрокоррозии ЗУ ТЭЦ-2 указывает на отсутствие существенного влияния блуждающих токов на общую коррозию ее заземлителей.
2. Целесообразно организовать экспериментальную проверку промежуточных данных расчета и полученной скорости электрокоррозии, путем проведения полевых испытаний.

Литература:

1. Повышение долговечности электросетевых конструкций: Обзорн. информ. / Асеев Г.Е., Демин Ю.В., Клековкин И.В./ - М.: Информэнерго, 1989.-48 с.
2. Карты Google, г. Новосибирск, ж.д. перегон ст. Обь – о.п. Правая Обь: <https://www.google.ru/maps/@55.0183734,82.9159483,576m/data=!3m1!1e3>
3. Кириленко, А.Г. Электрические рельсовые цепи : учеб. пособие / А.Г. Кириленко, Н.А. Пельменева. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2006. – 94 с: ил. http://static.scbist.com/scb/uploaded/3_relsovie_tsepi.pdf
4. Шешляльников А.А., Повышение безопасности эксплуатации электрооборудования, в сб. Наука Промышленность Оборона: труды XVIII Всероссийской научно-технической конференции: в 4 т.-Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017, с.173-176.
5. Защита металлических сооружений от подземной коррозии: Справочник/Стрижевский И.В., Зиневич А.М., Никольский К.К. М.Недра, 1981, 293 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ НЕФТЕХРАНИЛИЩ

О.С. Сереброва

Научный руководитель: Г.Е. Асеев

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, Olga.serebrova.95@mail.ru

В статье обоснована важная роль нефтяной отрасли для экономики страны. Показана сложность технологических процессов, связанных с транспортировкой и хранением нефти. Отмечен высокий травматизм в производстве. Намечены некоторые пути снижения аварийности и травматизма.

The article substantiates the important role of the oil industry for the country's economy. The complexity of technological processes associated with the transportation and storage of oil is shown. High injuries in production were noted. Some ways to reduce accidents and injuries are outlined.

Россия одна из ведущих стран мира по объему добычи, транспортировки, хранения и переработки нефти. На сегодняшний день в России действуют 32 крупных нефтеперерабатывающих предприятия с общей мощностью по переработке нефти 262 млн. тонн, так же 80 мини – НПЗ с общей мощностью переработки 11,3 млн. тонн. Нефтеперерабатывающая промышленность, является одной из важнейших отраслей промышленности страны [1].

Нефтеперерабатывающие предприятия могут оказывать вредное воздействие на здоровье и жизнь населения, наносить ущерб интересам общества и государства, а также экологической обстановке. По данным Ростехнадзора динамика аварийности и производственного травматизма в 2011–2016 годах на опасных производственных объектах нефтегазодобывающей промышленности показывает, что аварии за последние пять лет снизились в два раза, а смертельного травматизма стало меньше всего на 7 случаев. Частой причиной аварий явилась разгерметизация резервуаров и технических устройств, из-за износа и коррозии промысловых трубопроводов. Основной причиной смертельного травматизма, являются поражающие факторы взрыва [1].

Целью работы является исследование и организация противопожарной профилактики, а также разработка технических средств повышения надежности технологического оборудования.

Для достижения поставленных целей в работе поставлены следующие основные задачи:

1. Рассмотреть технологии эксплуатации нефтехранилища, выполнить критический анализ существующих технологий. Рассмотреть возможности улучшения организационных мер для повышения безопасности эксплуатации нефтехранилищ.
2. Изучить роль заземляющих устройств в обеспечении надежности молниезащиты. Разработать молниезащиту резервуарного парка и территории нефтехранилища.
3. Собрать и проанализировать статистику и причины коррозионных разрушений резервуаров и заземляющих устройств. Разработать математическую модель и алгоритм расчета резервуаров с противокоррозионной защитой.

При решении поставленных задач планируется использовать экспериментальные методы в сочетании с математическим моделированием.

Литература:

1. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2016 году. Электронный ресурс: <http://www.gosnadzor.ru>;
2. Проектирование и эксплуатация нефтехранилищ и АЗС. Электронный ресурс: <http://doidpo.rusoil.net>.

ВОЗМОЖНЫЕ СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ОПАСНОМ ХИМИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ (АО «ВОДОКАНАЛ» Г.ЯКУТСКА)

Н.Ч. Тоноева

Научный руководитель: к.в.н, доцент, Е.А.Удальцов

Новосибирский государственный технический университет
г. Новосибирск, tonoeva1395@mail.ru

Рассмотрены возможные сценарии развития аварии на химически опасном объекте (складе хлора). Проведена оценка химической обстановки при разгерметизации контейнеров с жидким хлором на химически опасном объекте.

Цель работы – оценить химическую обстановку при разливе АХОВ (жидкого хлора) на опасном химическом объекте (складе хлора) АО «Водоканал» г. Якутска.

Материалы и методы: Оценку химической обстановки на опасном объекте провели, руководствуясь РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте».

Possible development scenarios of an accident at a chemical dangerous object (chlorine warehouse) are considered. Assessment of a chemical situation of depressurization of containers with liquid chlorine on chemically dangerous object is carried out

The goal of the work is to assess the chemical situation of the flooding ECHS (liquid chlorine) on a chemical dangerous object (chlorine warehouse) of JSC «Vodokanal», Yakutsk.

MATERIALS AND METHODS: RD 52.04.253-90 "Method for forecasting scales of contamination with potent poisonous substances at accidents (destructions) on chemically dangerous objects and transport" was used in assessing the chemical situation on dangerous object.

В развитых странах Запада практически отказались от жидкого хлора в водоочистке, перейдя на использование более безопасных и эффективных соединений. Устаревшее оборудование и изношенные инженерные сети в России не позволяют применять на гипохлорит натрия, который является основным веществом для массовой дезинфекции воды в США и Евросоюзе. Большинство российских предприятий по водоочистке по-прежнему используют хлор, рискуя здоровьем и жизнью своих сотрудников, а также населения, проживающего в непосредственной близости от мест хранения опасного вещества. Основная проблема жидкого хлора заключается в возможности его утечки из емкости, при соприкосновении с воздухом он быстро переходит в газообразное состояние[4].

Класс опасности хлора 2, токсичный газ удушающего действия. Согласно ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» и ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»: ПДК в рабочих помещениях – 1 мг/м^3 , ПДК_{м.р} – $0,1 \text{ мг/м}^3$, ПДК_{с.с} – $0,03 \text{ мг/м}^3$ [1-2].

АО «Водоканал» г. Якутска осуществляет водоотведение, реализацию потребителям услуг водопровода и канализации, очистку сточных вод. Согласно оценке риска, проведенной на АО «Водоканал» разгерметизация одного контейнера 10×10^{-5} в год, разрушение одного контейнера $1,2 \times 10^{-4}$ в год, вероятность одновременной разгерметизации всех контейнеров, хранящихся на складе хлора менее 10^{-8} в год. Исходя из этих значений риска, нами была поставлена цель провести оценку химической

обстановки при разливе жидкого хлора, аварии на опасном химическом объекте (склад хлора) АО «Водоканал» г. Якутска.

На основе имеющихся данных по складу хлора, располагающегося в 4 км от центра была проведена оценка химической обстановки при разливе жидкого хлора. Жидкий хлор в контейнерах объемом 800 л и вместимостью 1000 кг предназначен для дезинфекции в случае аварийных ситуаций. Рассмотрены два наиболее опасных возможных сценария развития аварий: полное разрушение контейнера с выбросом, содержащегося хлора, причиной которого может служить ошибки персонала, технические неполадки, а также одновременное разрушение всех хранящихся на складе контейнеров при диверсионных действиях.

Площадь территории 0,5 гектар. Количество единовременно хранимого на складе хлора составляет 24 т. Общая численность рабочих – 10 человек. В пределах санитарно-защитной зоны жилых и общественных зданий нет. В пределах опасной зоны для складов жидкого хлора в контейнерах жилых и общественных зданий нет. Минимальное расстояние от объекта до селитебной зоны составляет более 0,8 км.

Краткая характеристика наиболее опасного сценария развития чрезвычайных ситуаций: разгерметизация контейнеров с жидким хлором на открытой площадке – образование струйного выброса жидкого (газообразного) хлора из отверстия – вскипание хлора + образование аэрозольного облака хлора + истечение хлора на поверхность (ограниченная обвалованием) – образование и распространение хлорного облака в атмосфере – попадание в зону хлорного облака людей – интоксикация людей на открытой площадке.

При наиболее опасном сценарии развития аварии, одновременном разрушении 30 емкостей с хлором на ХОО, расположенном на расстоянии более 0,8 км от города выявление и оценка химической обстановки выполнена в соответствии с РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения СДЯВ при авариях (разрушениях) на ХОО и транспорте».

Емкость одного контейнера с жидким хлором составляет $V_x = 0,8 \text{ м}^3$. Плотность хлора $d = 1,553 \text{ т/м}^3$. $H = 0,7$ – высота «поддона» («обвалования»), м; При расчетах, согласно методике принимаются следующие допущения: емкости, содержащие АХОВ, при авариях разрушаются полностью; метеоусловия: степень вертикальной устойчивости воздуха инверсия, скорость ветра – 1 м/с, температура воздуха $t = +20^\circ$; время от начала аварии – 1 час; $\Delta = 2523$ – средняя плотность населения в городе, чел./км², $\Delta' = 1$ – средняя плотность населения в загородной зоне (ЗЗ), чел./км², $K = 1$ – доля незащищенного населения в городе, $K' = 0,8$ – доля незащищенного населения в ЗЗ.

Основной задачей прогнозирования масштабов заражения АХОВ является определение глубины распространения первичного и вторичного облака зараженного воздуха [3].

Рассмотрев два возможных сценария развития аварийной ситуации, рассчитаны глубины распространения зараженного воздуха и возможные при этом общие потери населения в очаге поражения АХОВ, результаты которых представлены в таблице.

Таблица – Результаты оценки химической обстановки на объекте

	При разрушении одного контейнера с жидким хлором, 0,8 т	При разрушении всех контейнеров с жидким хлором, 24 т
Эквивалентное количество АХОВ по первичному облаку $Q_{\text{Э1}}$ (т):	$Q_{\text{Э1}} = 0,0224$	$Q_{\text{Э1}} = 6,709 \text{ т}$
Эквивалентное количество АХОВ по вторичному облаку $Q_{\text{Э2}}$ (т):	$Q_{\text{Э2}} = 0,0682$	$Q_{\text{Э2}} = 2,047 \text{ т}$
Продолжительность поражающего действия АХОВ (время испарения АХОВ с площади пролива) (ч):	$T = 14,933$	$T = 14,93$
Полная глубина зоны заражения Γ (км)	$\Gamma = 2,34 \text{ км}$	$\Gamma = 5 \text{ км}$
Время подхода зараженного облака к объекту, расположенному на пути его движения (мин):	$t = 6 \text{ мин}$	$t = 6 \text{ мин}$
Площадь зоны возможного химического заражения (ЗВХЗ) первичным (вторичным) облаком АХОВ:	$S_B = 5,943 \text{ км}^2$	$S_B = 39,25 \text{ км}^2$
Площадь зоны фактического заражения АХОВ:	$S_\phi = 0,443 \text{ км}^2$	$S_\phi = 2,025 \text{ км}^2$
Возможные общие потери населения в очаге поражения АХОВ:	$P^0 = 316 \text{ чел}$ безвозвратные потери: 111 чел., санитарные потери средней и тяжелой степени: 127 чел., санитарные потери легкой степени: 79 чел.	$P^0 = 1463 \text{ чел}$ безвозвратные потери: 513 чел., санитарные потери средней и тяжелой степени: 586 чел., санитарные потери легкой степени: 366 чел.

Проведенная оценка химической обстановки при разливе жидкого хлора на опасном химическом объекте (складе хлора) АО «Водоканал» позволила установить, что при наиболее опасном сценарии аварии, одновременной разгерметизации всех хранящихся на складе временного хранения контейнеров в результате диверсионного акта в окружающую среду может быть выброшено максимально 24 тонны жидкого хлора. При этом практически мгновенно в газовую фазу перейдет до 6,709 т хлора. Остальное содержимое контейнера охладится до температуры -34°C и будет медленно испаряться под воздействием внешнего теплопритока из окружающей среды, в течение 1 часа. Продолжительность поражающего действия АХОВ 14,93 ч (время испарения АХОВ с площади пролива). Величина возможных общих потерь населения 1463 человек. При наиболее вероятном сценарии аварии, разрушении одного контейнера в газовую фазу перейдет 0,224 т. Величина возможных общих потерь населения 316 человек.

Одним из возможных путей решения проблемы и возможности избежать аварии, является переход на более безопасный дезинфектант – гипохлорит натрия. Весомым преимуществом в использовании гипохлорита натрия вместо жидкого хлора в качестве дезинфицирующего средства является то, что он не горюч и не взрывоопасен. Однако имеются и некоторые недостатки: гипохлорит натрия проявляет наибольшую активность только в щелочной среде, неустойчив и подлежит разложению, при этом теряет дезинфицирующие свойства.

Переход на более безопасный дезинфектант – гипохлорит натрия, ограничен природно-географическими особенностями региона в силу логистической сложности. Транспортировка состоит из железнодорожной и автомобильной перевозки. Кроме того, гипохлорит натрия неустойчив и подлежит разложению, при этом теряет дезинфицирующие свойства. *Гипохлорит натрия марки «А» теряет до 30% от первоначального содержания активной части в результате хранения по истечении 10 суток. Климатические особенности региона – это сверхнизкие температуры воздуха зимой (-50°C). Поэтому еще одним ограничением является то обстоятельство, что гипохлорит натрия замерзает в зимнее время при температуре -25°C, а в летнее время наблюдается выпадение осадка, что приводит к необходимости использования железнодорожных цистерн с термоизоляцией для перевозки реагента.*

Литература:

1. ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест»
2. ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»
3. РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте»
4. Черкасов С.В. «Гипохлорит натрия. Свойства, теория и практика применения» [Электронный ресурс]/ С.В. Черкасов / - Режим доступа: <http://wwtec.ru/index.php?id=410>

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ НА ВЕРОЯТНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО САМОВОЗГОРАНИЯ

А. К. Тыныбаева
Научный руководитель: Н. Я. Илюшов

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, tynybaeva_anara@mail.ru

Микробиологическое самовозгорание является малоизученным явлением, и довольно часто становится причиной крупных пожаров в сельскохозяйственной отрасли. В статье приведен расчёт условий самовозгорания сена, уложенного в стоги разных размеров. Также произведен сравнительный анализ значений, полученных теоретически и экспериментально.

Microbiological spontaneous combustion is a little-studied phenomenon and it is being a cause of many agricultural fires. There are given a calculation of spontaneous combustion's conditions of hay laid in a stack of different sizes. Also there is given a comparative analysis of the values obtained theoretically and experimentally.

Микробиологическое самовозгорание характерно для органических дисперсных и волокнистых материалов, внутри которых возможна жизнедеятельность микроорганизмов. При активизации микробиологических процессов в какой-либо части стога, выделяемое тепло задерживается в нём и возникает очаг повышенной тепловой активности. Вызванное этим процессом повышение температуры обеспечивает ускорение экзотермической реакции, которая может закончиться возникновением тления (а затем и пламенного горения) в самой нагретой части объема.

Для развития процесса самовозгорания решающее значение имеет возможность накопления в материале тепла, выделяющегося в процессе деятельности микроорганизмов. Чем лучше условия аккумуляции тепла, тем раньше при более низкой температуре начинается самовозгорание.

Для оценки реальной пожарной опасности твердых самовозгорающихся промышленно-важных материалов (пористых, волокнистых и сыпучих) для использования в практической работе предприятия и пожарной охраны определяют следующие параметры:

- температуру самонагрева;
- температуру тления при самовозгорании;

Для определения склонности веществ и материалов к самовозгоранию применяется эмпирический метод Всесоюзного научно-исследовательского института противопожарной обороны (ВНИИПО). Этот метод позволяет устанавливать связь между температурой окружающей среды, массой материала и временем для его самовозгорания. Указанные зависимости с учетом эмпирических постоянных коэффициентов для сена имеют следующий вид [1]:

$$\lg t_c = 2,103 + 0,109 \lg S;$$
$$\lg t_c = 2,311 + 0,058 \lg \tau.$$

где t_c – минимальная температура среды, при которой происходит тепловое самовозгорание; τ – время с момента полного прогревания образца до момента его самовозгорания; S – удельная поверхность образца (в м^{-1}) определяемая из выражения:

$$S = 2\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{y} + \frac{1}{z}\right),$$

где x, y, z – наружная поверхность образца размеры складочной единицы сена вдоль соответствующей координатной оси; например, для прямоугольного параллелепипеда: x – длина, y – ширина, z – высота.

Таблица 1. Температура самовозгорания для стогов различных размеров

$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$	$z, \text{ м}$	$S, \text{ м}^{-1}$	$\lg(t_c)$	$t_c, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ с}$
8	4	3	1,41667	2,1194882	131,67	0,0005
8	4,2	3,2	1,35119	2,1172481	130,993	0,00046
8	4,4	3,4	1,29278	2,1151562	130,364	0,00042
8	4,6	3,6	1,24034	2,1131959	129,776	0,00039
9	4,8	3,8	1,1652	2,1102378	128,896	0,00035
9	5	4	1,12222	2,1084586	128,369	0,00032
9	5,2	4,2	1,08303	2,1067757	127,872	0,0003
10	5,4	4,4	1,02492	2,104165	127,106	0,00027
10	5,6	4,6	0,99193	2,1026162	126,653	0,00026
10	5,8	4,8	0,96149	2,1011412	126,224	0,00024
10	6	5	0,93333	2,099734	125,815	0,00023

По приведенным формулам с достаточной для практики точностью можно приближенно определить температуру тления (самовоспламенения). Для этого в формулу $t_c = f(S)$ подставляют величину удельной поверхности образца S , равную 150 м^{-1} :

$$\lg t_{ml} = A_p + n_p * \lg 150$$

$$\lg t_{ml} = 2,103 + 0,109 * 2,18$$

$$t_{ml} = 219^\circ\text{C}$$

По формуле, выражающей зависимость $t_c = f(S)$, можно вычислить также температуру самонагрева. Для этого нужно подставить в формулу величину удельной поверхности образца S , равную 1 м^{-1} , тогда формула принимает вид:

$$\lg t_{ch} = A_p$$

$$\lg t_{ch} = 2,103$$

$$t_{ch} = 126,76^\circ\text{C}$$

Величина удельной поверхности $S = 1 \text{ м}^{-1}$ соответствует очень большому объему материала. Считается, что при температуре ниже t_{ch} тепловое самовозгорание невозможно для любого по величине объема материала.

Выводы. Размер стога напрямую влияет на способность сена к самовозгоранию: чем больше стог, тем ниже температура самовозгорания. Полученные в результате расчёта температура тления и температура самонагрева практически совпали с экспериментально полученными данными, опубликованными в справочнике [1].

Литература:

1. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: в 2 книгах; кн.1/ А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук и др. – М., Химия, 1990. – 496 с.
2. Корольченко А. Я. Процессы горения и взрыва. – М.: Пожнаука, 2007. – 266 с.

АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ПЕРСОНАЛА ЗАНЯТОГО ДОБЫЧЕЙ УГЛЯ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

**Упит Олеся Константиновна, Тумаева Кристина Олеговна,
Милевский Константин Евгеньевич**

Новосибирский государственный технический университет
г. Новосибирск, lesia.upit1998@gmail.com

Проведены исследования по добыче угля на шахтах в течении 16 лет. Определено количество персонала занятого в угольной промышленности, рассчитан коэффициент профессионального риска.

Studies were conducted on coal mining in mines for 16 years. The number of personnel employed in the coal industry is determined, the professional risk ratio is calculated.

Уголь является наиболее востребованным полезным ископаемым. Основные потребители угля – энергетическая, химическая и металлургическая промышленность. По состоянию на 01.01.2016 г., добычу угля в Российской Федерации осуществляли 191 угольное предприятие, в т.ч. 60 угольных шахт и 131 разрез. Совокупная производственная мощность угольных предприятий по добыче угля составляет 424,7 млн т (на 01.01.2016 г.). Добыча угля в России за год выросла на 3,2%. В течение 2016 года в стране было добыто 385,4 млн тонн угля, следует из материалов Центрального диспетчерского управления ТЭК.[1]

Многочисленные исследования, выполненные в последние годы на предприятиях по добыче и переработке полезных ископаемых, свидетельствуют о том, что условия труда были и остаются крайне тяжёлыми и вредными, особенно при выполнении подземных горных работ. Работающие подвержены многофакторным воздействиям производства, вредностей разных уровней, существует высокая степень профессионального риска для здоровья работников. Так например при отработке тонких угольных пластов шахтеры в течении смены работают в вынужденной позе и перемещаются по-пластунски с опорой на коленные и локтевые суставы. Нагрузка в течении всей рабочей смены у проходчиков составляет 91,0%, бурильщика 99,6% и ГРОЗ- 87,6%.

Также установлено, что на работающих действует комплекс факторов производственной среды (пыль, токсические вещества, шум, вибрация, излучения, неблагоприятный микроклимат и др.), уровни которых часто превышают предельно-допустимые величины. Также отсутствие солнечного света, замкнутое пространство и работы на глубине относятся к тяжелым условиям труда. Для облегчения труда рабочих компании производят модернизацию технического оснащения, замену изношенного оборудования и переходят на автоматизированные системы. Все это способствует к снижению численности промышленно-производственного персонала (ППП). Только за последние 16 лет количество работающих на шахтах в России сократилось на 235,1 тыс.чел.

Таблица 1-Сокращение рабочих на шахтах

Год	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Число рабочих тыс. чел.	370,3	345,8	336,5	295,1	259	246,1	225,4	210	190,9	170,5
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016				
168,8	169	168,2				135,2				

Однако, не смотря на сокращения занятых в отрасли, объемы добычи угля с каждым годом показывают положительный результат и выводят Россию на лидирующие места в рейтинге стран. На рисунке 1 показаны темпы роста ежегодной добычи угля, сокращение числа аварий и количество жертв на протяжении 16 лет.

Источник: Ростехнадзор, ЦДУ ТЭК



Рисунок 1. Динамика объемов добычи угля, смертельного травматизма, аварийности на шахтах.

При ежегодном повышении темпов роста объемов добычи угля, сокращается число аварий, но число жертв все также остается непостоянным показателем. Анализ причин аварий на шахте выявил, что 27 % их связаны с обрушениями и обвалами угля и породы; 30,1 % — с функционированием машин, механизмов и другого оборудования; 11,3 % — с падением предметов, тогда как взрывы метана и подземные пожары составляли всего 3,7 % общего числа аварий. Анализируя данные полученные из Ростехнадзора, был рассчитан профессиональный риск за 16 лет. На рисунке 2 отмечены значения коэффициенты профессионального риска.

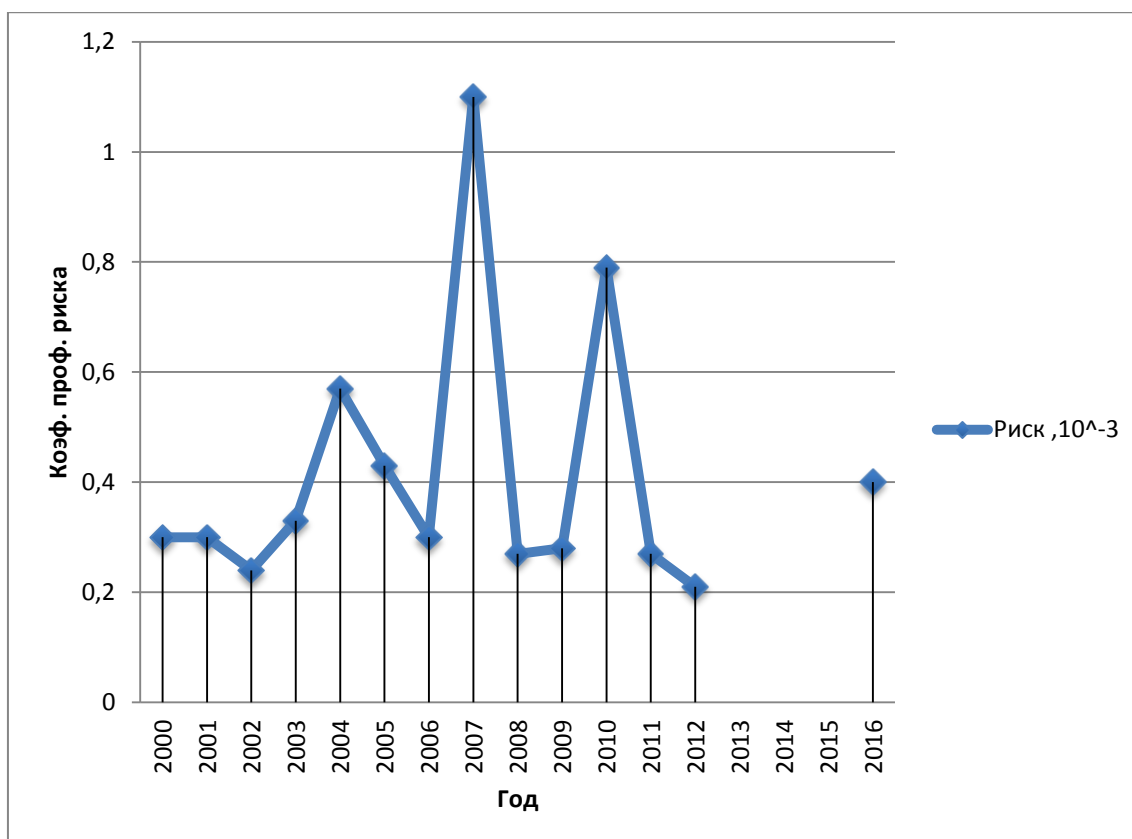


Рисунок 2. Показатели коэффициента профессионального риска за 16 лет.

Из характера изменения показателей профессионального риска видно, что даже при сокращении числа аварий и числа занятых в угледобывающей отрасли коэффициент профессионального риска не снижается. Это обусловлено тем, что при увеличении объемов добычи, также идет увеличение нагрузки как на рабочих, так и на оборудование, что приводит к быстрому износу. Среднемесячная производительность труда рабочего по добыче угля увеличилась это представлено на рисунке 3.

Показатели	Период 2001–2007 гг.						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Среднесписочная численность рабочих по добыче угля на шахтах, чел.	117842	105205	95676	84920	87302	81776	76612
Среднемесячная производительность труда рабочего по добыче угля, т.							
– на шахтах	68.8	70.4	82.8	102.1	102.3	112.0	117.5
– по отрасли	116.6	118.3	137.7	159.1	164.6	176.9	184.9
Среднесписочная численность рабочих на очистных работах, чел.	24070	21104	18365	16229	16467	15311	14327
Сменная производительность труда рабочего на очистных работах, т	19.70	20.23	24.09	28.70	28.70	32.60	35.04

Рисунок 3. Показатели изменения в угольной промышленности.

Анализ причин и условий возникновения и развития крупных аварий в угольных шахтах позволяет утверждать следующее. Техническое перевооружение и связанная с ним интенсификация горных работ привели к тому, что возросла взаимосвязанность параметров управляемых материальных потоков, образующих производственный процесс, и тяжесть опасных проявлений. Многие традиционные средства и способы обеспечения надежности и безопасности горных работ устарели, оказались не соответствующими изменившимся условиям их использования. [2]

Угольная промышленность отнесена к отрасли промышленности с наивысшим 32-м классом профессионального риска и соответствующими максимальными размерами страховых тарифов и страховых взносов в Фонд социального страхования от несчастных

случаев на производстве и профессиональных заболеваний. Чем выше степень риска у работника, работающего на производстве, тем выше класс профессионального риска, к которому относится его профессия. На рисунке 4 сопоставлены размер страхового тарифа к классу профессионального риска.

Класс профессионального риска	Размер страхового тарифа, %	Класс профессионального риска	Размер страхового тарифа, %
I	0,2	XVII	2,1
II	0,3	XVIII	2,3
III	0,4	XIX	2,5
IV	0,5	XX	2,8
V	0,6	XXI	3,1
VI	0,7	XXII	3,4
VII	0,8	XXIII	3,7
VIII	0,9	XXIV	4,1
IX	1,0	XXV	4,5
X	1,1	XXVI	5,0
XI	1,2	XXVII	5,5
XII	1,3	XXVIII	6,1
XIII	1,4	XXIX	6,7
XIV	1,5	XXX	7,4
XV	1,7	XXXI	8,1
XVI	1,9	XXXII	8,5

Рисунок 4. Классы профессионального риска

Литература:

1. Профессиональный риск в угольной отрасли. Состояние и перспективы в условиях рыночной экономики. Т.И. Туринова
2. Анализ и управление риском крупных аварий на угольных шахтах России. А.Ф. Павлов д-р техн. наук, проф., заведующий лабораторией ОАО «НЦ ВостНИИ», С.И. Голоскоков канд. техн. наук, заведующий лабораторией ОАО «НЦ ВостНИИ» С.В. Шатилов канд. техн. наук, заместитель председателя Комитета Совета Федерации по промышленной политике Федерального Собрания РФ А.В. Сурков д-р техн. наук, проф.
3. Условия труда шахтеров угольных шахт в современных условиях. К.м.н. Максимов С.А., Мазур Ю.Н., Цыганцев Е.А.
4. А. В. Гуськов, К. Е. Милевский/ Надежность технических систем и техногенный риск : учебное. пособие Новосибирск /, Новосибирский. Государственный. Технический . университет 2016 г. - 424с.
5. Расчет и проектирования систем и средств безопасности труда (общие положения): учебное пособие / А. В. Гуськов, К. Е. Милевский. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017.

ПРОВЕРКА И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИФФУЗИИ ГАЗОВ В ЖИДКОСТЯХ ПУТЕМ ОПТИЧЕСКОЙ РЕГИСТРАЦИИ РАСТВОРЕНИЯ ПУЗЫРЬКОВ

Н.Н. Чуприна

Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук, профессор С.М. Коробейников

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, chuprina.nn@yandex.ru

В статье проводится проверка метода оптической регистрации растворения микропузырька газа в ненасыщенной газом жидкости для нахождения коэффициента диффузии этого газа. Выявлена чувствительность метода к степени дегазации исследуемой жидкости. Учёт остаточных газов в математической модели значительно повышает точность расчёта. Сравнение результатов, полученных данным методом, со справочными значениями коэффициентов диффузии показало высокую точность метода, а так же выявило недостаток рассматриваемой методики.

In the article the method of optical detection of the dissolution of a microbubble of gas in an unsaturated gas is checked to find the diffusion coefficient of this gas. The sensitivity of the method to the degree of degassing of the liquid is determined. The calculation of residual gases in the mathematical model significantly increases the accuracy of the calculation. Comparison of the results obtained by this method with the reference values of the diffusion coefficients showed a high accuracy of the method, and also revealed a lack of the technique in question.

В процессе эксплуатации высоковольтного оборудования происходит неизбежное его старение. Своевременная диагностика и выявление развивающихся дефектов способствует уменьшению возникновения аварийных ситуаций, а также минимизации возможного ущерба, причинённого при выходе из строя дорогостоящего оборудования.

Метод хроматографического анализа газов, растворенных в масле (ХАРГ), применяется для диагностики высоковольтного маслонаполненного электрооборудования поскольку является самым информативным методом. В основе метода лежит определение значений концентраций диагностических газов (водород, метан, этан, ацетилен, этилен и др.), извлеченных из пробы масла, взятого из работающего оборудования.

Для получения корректных результатов анализа необходимо учитывать диффузию диагностических газов в объеме электроизоляционной жидкости на всех этапах проведения проверки. В связи с этим существует необходимость в определении коэффициентов диффузии диагностических газов как в трансформаторных маслах, так и в маслах растительного происхождения.

Наиболее подходящий метод определения коэффициентов диффузии, на наш взгляд, является метод оптической регистрации растворения микропузырька газа в ненасыщенной газом жидкости, но данный метод имеет свои сложности, на что указывает, в частности, различные результаты экспериментов. Целью настоящей работы была проверка предлагаемого метода определения коэффициента диффузии для жидкости, в которой известны коэффициенты диффузии газов.

Для проверки методики был проведен ряд экспериментов по определению коэффициента диффузии метана в воде. Вода была выбрана в связи с тем, что это единственная жидкость, в которой определены по классической модели коэффициенты диффузии и коэффициенты растворимости газов [1,2]. В качестве эталонных были взяты коэффициенты диффузии данного газа из общедоступных справочных материалов [2].

Расчет коэффициентов диффузии в справочных материалах производился с использованием соотношения Стокса-Эйнштейна [3]:

$$D = \frac{k_B T}{f} = \frac{k_B T}{6\pi\mu R_0}$$

Данная зависимость была выведена для очень частного случая, относящегося к сферическим молекулам большого радиуса, диффундирующим в разбавленных растворах, но также часто используется как исходная точка разработки корреляций.

Для определения коэффициентов диффузии метана в воде была проведена серия экспериментов по растворению пузырька газа в дегазированной жидкости. Однако, из-за давления паров воды мы не могли качественно дегазировать данную жидкость. Возникал эффект обратной диффузии газов, остаточные газы диффундировали в пузырек, тем самым замедляя скорость его растворения. В связи с чем, корректное определение коэффициента диффузии было возможно лишь при правильном учете остаточных газов. Поскольку в математической модели необходимо учитывать не только коэффициенты растворимости и диффузии остаточных газов, но и концентрации этих газов в объеме жидкости.

Для определения концентрации остаточных газов, нами, после проведения эксперимента, были отобраны две пробы воды в пробоотборные устройства Elchrom. В специализированной диагностической лаборатории при помощи хроматографического анализа растворенных газов были определены концентрации остаточных газов в воде. После чего были внесены поправки в математическую модель, которые позволили учитывать влияние четырех остаточных газов при построении кривых растворения (Рисунок 1).

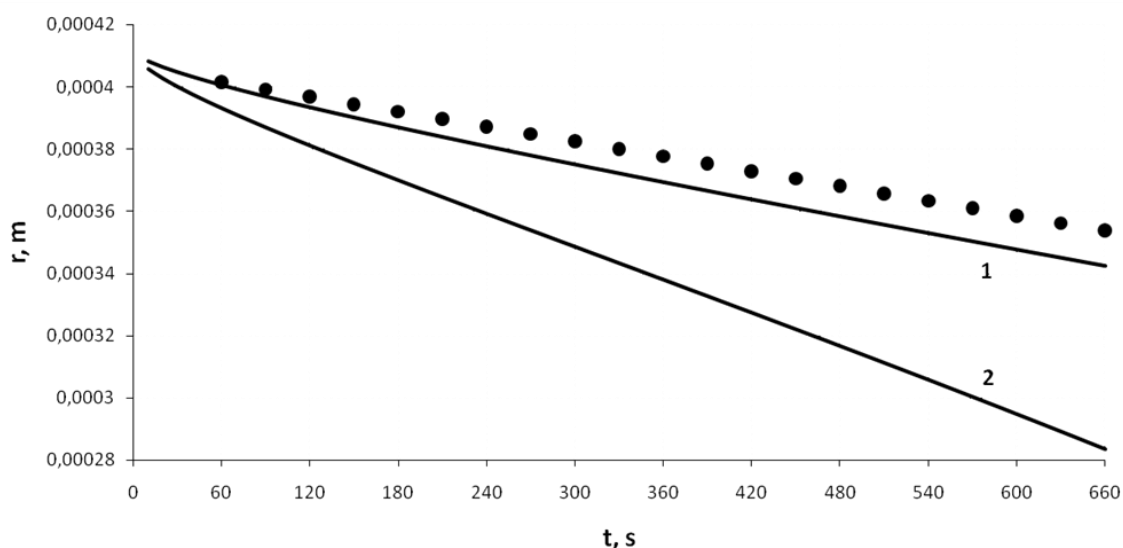


Рисунок 1 – кривые растворения метана в воде, полученные расчетным способом при значениях коэффициента диффузии равным $1,49 \cdot 10^{-9} \text{ (m}^2/\text{s)}$: 1 – с учётом влияния остаточных газов (CO , CO_2 , O_2 , N_2) на пузырёк; 2 – без учёта влияния остаточных газов (CO , CO_2 , O_2 , N_2) на пузырёк. Точками обозначена кривая, полученная экспериментальным методом

На рисунке 1 показана кривая растворения метана в воде 1, полученная расчётным путем с учётом остаточных газов. Данная кривая сильно отличается от кривой 2, которая не учитывает остаточные газы, и практически соотносится с кривой, полученной экспериментальным методом. Учёт остаточных газов позволил скорректировать кривую растворения.

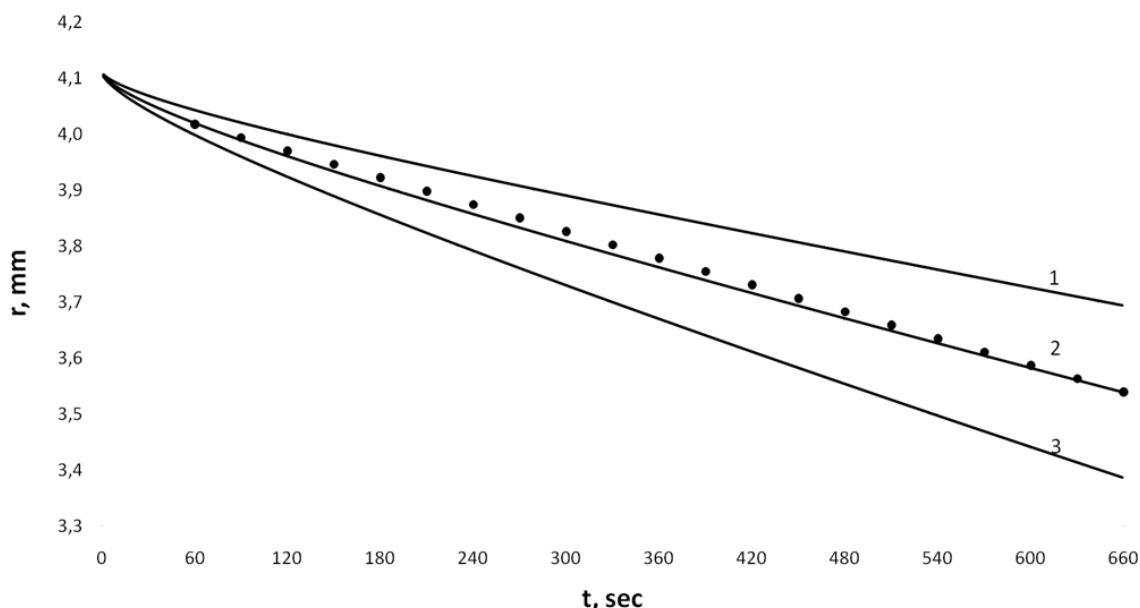


Рисунок 2 – кривые растворения метана в воде, полученные расчетным способом при различных значениях коэффициента диффузии: 1 – $10^{-9} \text{ (m}^2/\text{s)}$; 2 – $1.3 \cdot 10^{-9} \text{ (m}^2/\text{s)}$; 3 – $1.6 \cdot 10^{-9} \text{ (m}^2/\text{s)}$. Точками обозначена кривая, полученная экспериментальным методом.

На рисунке 2 мы видим, что кривая растворения, полученная экспериментальным методом, соотносится с расчетной, при значении коэффициента диффузии метана, равного $1.3 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$. Значение полученного коэффициента меньше справочного на 13%. Методика чувствительна к изменению подбираемого коэффициента диффузии.

Использование математической модели, в которой учитывалось наличие остаточных газов в дегазированной жидкости, позволило существенно повысить точность расчётов. Коэффициенты диффузии, полученные данным методом, близки по значению со справочными.

В результате проверки можно сделать вывод о достоинствах и недостатках предлагаемого способа определения коэффициента диффузии. Методика позволяет получать достаточно точные значения коэффициентов диффузии диагностических газов в жидкостях. Необходимыми условиями, которые надо учитывать при проведении экспериментов, является проведение качественной дегазации жидкости, использование чистых газов, а при невозможности удовлетворения данным условиям производить учёт влияния остаточных газов на пузырёк в математической модели.

Литература:

1. Kaye G. W. C. Tables of physical and chemical constants and some mathematical functions. Longman, 1973. pp. 187.
2. Cussler, E. L. Diffusion: Mass Transfer in Fluid Systems. New York: Cambridge University Press, 2009. pp. 127.
3. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей: Справочное пособие/ Пер. с англ. Под ред. ЯБ. И. Соколова. – 3-е изд., перераб. И доп. – Л.: Химия, 1982. – 592 с., ил. – Нью-Йорк, 1977. 486

ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

СИНТЕЗ СУЛЬФАТИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НОСИТЕЛЕЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧНОЙ ЭТЕРИФИКАЦИИ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Н.Е. Габова^{1,2}, А.П. Коскин²

¹ Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

² Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск
natal_gabova@mail.ru

В ходе исследования разработан метод синтеза сульфокислотных углеродных материалов методом прямого сульфирования углеродных нановолокон серной кислотой в присутствии катализатора сульфирования. Обнаружена высокоэффективная сульфлирующая система (98% $H_2SO_4 - NaVO_3$), позволяющая без использования олеума достичь высокого содержания серы в углеродном материале. Показано, что введенная сера присутствует в образцах в виде сульфогрупп, локализованных преимущественно на поверхности. Не обнаружено внедрение остатков серной кислоты между графеновых слоев с образованием соединений включения. Наблюдается частичное окисление поверхности углеродного материала с образованием карбонильных и карбоксильных групп. Каталитическая активность полученных сульфокислотных углеродных материалов изучена в реакции жидкофазной этерификации уксусной кислоты этанолом.

In the given work the way of synthesis of sulfated carbon materials by the method of direct sulfonation of carbon nanofibers sulfuric acid in presence of vanadium catalyst is investigated. A highly effective sulfated carbon system (98% $H_2SO_4 - NaVO_3$) has been detected, allowing without using oleum to achieve high sulfur content in carbon material. It is shown that the introduced sulfur is present in the samples in the form of sulfogroups, localized mainly on the surface. The introduction of sulfuric acid residues between carbon layers with the formation of inclusion compounds was not detected. There is a partial oxidation of the surface of carbon material with the formation of carbonyl and carboxyl groups. Catalytic activity of the obtained sulfated carbon materials is studied in reaction of liquid-phase esterification acetic acid by ethanol.

Сульфокислотные углеродные материалы (УСМ) представляют из себя графитоподобный носитель с химически связанными сульфогруппами. Данные материалы сочетают в себе высокую удельную поверхность наряду с высокой кислотностью и являются относительно не дорогим аналогом твердых кислот перспективных для ряда промышленно важных кислотно-катализируемых реакций (алкилирование, нитрование, этерификация и дегидрирование) [1]. Применение материалов подобного типа в гетерогенно-каталитических процессах может рассматриваться как альтернатива стандартным гомогенно-каталитическим процессам с использованием серной кислоты в качестве катализатора [2]. Исключение серной кислоты из технологического процесса и осуществление процесса в гетерогенно-каталитическом режиме обуславливает ряд технологических и экологических преимуществ, среди которых: легкость отделения продуктов реакции от катализатора процесса, исключение стадии утилизации отработанной серной кислоты и снижение коррозионной активности катализатора [3-5].

Одним из способов получения УСМ является прямое сульфирование углеродных материалов (углеродные нановолокна, многостенные углеродные нанотрубки и др.) [6, 7]. Известно, что реакция сульфирования ароматических соединений является обратимой, так как выделяющаяся в ходе реакции вода способствует десульфированию. Сульфирование углеродных материалов олеумом приводит к достаточно высокому количеству введенных сульфогрупп и, как следствие, к высокой каталитической активности [8-10]. Однако использование олеума в промышленных масштабах для сульфирования углеродных материалов не желательно, так как связано с рядом технологических затруднений. Поэтому представляет интерес замена олеума на более приемлемый сульфлирующий агент (98% серная кислота), при условии сохранения высокой конверсии в реакции сульфирования. Ранее было известно, что применение соединений ванадия в процессах сульфирования серной кислотой ароматических соединений существенно повышает выходы ароматических сульфосоединений. В тоже время, применение ванадиевого катализатора для сульфирования углеродных материалов ранее в литературе не встречалось. Целью данной работы являлось исследование каталитического сульфирования углеродных материалов и нахождение системы альтернативной олеуму для процесса синтеза УСМ с высоким содержанием сульфогрупп.

Для синтеза УСМ использовались углеродные нановолокна УНВ ($S_{уд}=318 \text{ м}^2/\text{г}$), полученные разложением пропан-бутановой смеси на Ni-Cu/ Al_2O_3 катализаторах).

Сульфирование образцов углеродных материалов проводилось нагреванием углеродного предшественника (1 г) в 10 мл серной кислоты (98%), в присутствии 5 мас.% NaVO_3 (Sigma-Aldrich, 98%) (10 ч, 200 °C). Также в целях сравнения были проведены эксперименты с использованием серной кислоты (98%) и олеума без использования катализатора. Сульфатированные углеродные материалы отделяли на фильтре и промывали 1М HCl (50 мл), для удаления соединений ванадия и промывали водой до отсутствия хлорид-ионов в смывных водах. Полученные образцы сушили при температуре 110 °C.

Каталитическая активность синтезированных образцов тестировалась в реакции этерификации уксусной кислоты этиловым спиртом. Для изучения физико-химических свойств катализатора образец исследовался методами ИК-спектроскопии, РФЭС, элементный анализ.

На рис. 1 (слева) приведены данные по содержанию серы в образцах УСМ полученных сульфированием 98% H_2SO_4 , олеумом (20%) и смесью 98% $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaVO}_3$, соответственно.

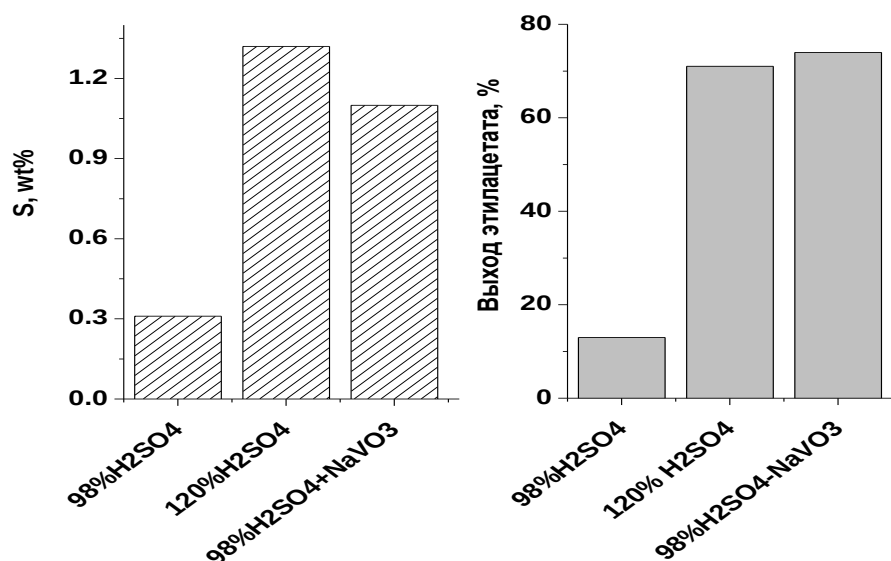


Рисунок 1 – Содержание серы по данным элементного анализа для УСМ

Удельная поверхность образцов после сульфирования практически не менялась, что свидетельствует об относительно слабом воздействии соединения ванадия и серной кислоты на углеродную матрицу. Как видно из полученных данных содержание серы в образце, полученном сульфированием 98% H_2SO_4 минимально, тогда как использование олеума (20%) приводит более чем к четырехкратному увеличению содержания серы в образце. Проведенная проверка показала, что ванадиевый катализатор оказался очень эффективным для сульфирования углеродных материалов 98% H_2SO_4 . Также на рис. 1 (справа) приведены данные по каталитической активности полученных образцов УСМ в кислотно-катализируемой реакции этерификации уксусной кислоты этанолом. Активность образца УСМ полученного сульфированием 98% H_2SO_4 очень низкая, в тоже время использование олеума и каталитической системы 98% $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaVO}_3$ приводят к резкому росту активности в этой реакции. Причем в последнем случае достигается даже большая активность по сравнению с образцом, полученным при использовании олеума.

В результате проделанных работ был найден высокоэффективный ванадиевый катализатор для сульфирования углеродных материалов серной кислотой. Данная каталитическая система позволяет получать сульфатированные углеродные материалы с аналогичными характеристиками как при использовании олеума, но при этом обладает лучшими эксплуатационными характеристиками и большей безопасностью применения, что может быть существенным при промышленном получении данных материалов.

Литература:

1. Hara M., Yoshida T. // *Angew. Chem. Int. Ed.* – 2004. – V. 43. – P. 2955–2958.
2. Kang S., Ye J., Chang J. // *International Review of Chemical Engineering (I.RE.C.H.E.)*. – 2014. – V. 5. – P. 133–143.
3. Fu Z., Wan H. // *React. Kinet. Mech. Cat.* – 2011. – Vol. 104. – P. 313–321.
4. Zong M.-H., Duan Z.-Q. // *Green Chem.* – 2007, - Vol. 9. – P. 434–437.
5. Suganuma S., Nakajima K. // *Chem. Sus. Chem.* – 2012. – Vol. 5. – P. 1841–1846.
6. Yu H., Jin Y. // *J. Solid. State. Chem.* – 2008. – Vol. 181. – P. 432–438.
7. Okamura M., Takagaki A. // *Chem. Mater.* – 2006. – Vol. 18. – P. 3039–3045.
8. Suganuma, S., Nakajima K. // *J. Am. Chem. Soc.* – 2008. – V. 130. – P. 12787–12793.
9. Li S., Gu Zh. // *Journal of Environmental Chemical Engineering.* – 2013. – V. 1. – P. 1174–1181.
10. Pang J., Wang A. // *Chem. Comm.* – 2010. – V. 46. – P. 6935–6937.

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ РЕАКЦИИ АВТОТЕРМИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА БИОЭТАНОЛА

В.С. Попкова^{1,2}, О.Б. Сухова², Е.В. Матус²
Научный руководитель: М.А. Керженцев²

¹ Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

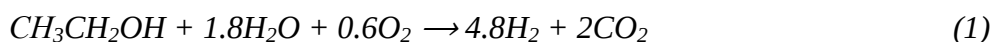
² Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск

sopova.2012@yandex.ru

Исследовано влияние температуры реакции (500...700 °С) и состава реакционной смеси (C₂H₅ОН : Н₂О = 1-4 и C₂H₅ОН : О₂ = 0.2-0.8) на показатели реакции автотермического риформинга этанола (АТР C₂H₅ОН) в присутствии 10NiCe_{0.8}La_{0.2}O_{1.9}-катализатора. Выявлены оптимальные условия реакции – температура реакции 600°С, состав реакционной смеси C₂H₅ОН:Н₂О:О₂:He = 1:3:0.4:0.7. Установлено, что при таких параметрах АТР C₂H₅ОН: конверсия этанола в водородсодержащий газ составляет 100%; выход водорода 50%; катализатор работает стабильно на протяжении 25 часов реакции.

The influence of the reaction temperature (500°C-700°C) and composition of the reaction mixture (C₂H₅OH : H₂O = 1-4 и C₂H₅OH : O₂ = 0.2-0.8) on the parameters of the reaction of autothermal reforming of ethanol (АТР of C₂H₅OH) in the presence of 10NiCe_{0.8}La_{0.2}O_{1.9} catalyst was studied. The optimum reaction conditions – reaction temperature of 600° C, the composition of the reaction mixture C₂H₅OH:H₂O:O₂:He = 1:3:0.4:0.7 were selected. It was found that at such parameters of АТР of C₂H₅OH conversion of ethanol to hydrogen-containing gas is 100%; hydrogen yield is 50%; the catalyst works stably for 25 hours of the reaction.

Биоэтанол – альтернативный, возобновляемый и «углерод-нейтральный» источник энергии является наиболее привлекательной заменой ископаемому топливу. Его использование позволяет снизить выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу, а конверсия биоэтанола позволяет получить перспективный энергоноситель – водород, и другие ценные продукты химической промышленности [1]. Наиболее эффективным процессом получения водорода из биоэтанола является автотермический риформинг (АТР) [2]. Автотермический риформинг биоэтанола (1) в синтез-газ (АТР C₂H₅ОН) представляет собой комбинацию парового риформинга этанола (2) и парциального окисления этанола (3):



Экзотермический эффект реакции парциального окисления этанола компенсирует энергозатраты на протекание эндотермической реакции парового риформинга этанола. Это обеспечивает энергонейтральность реакции АТР C₂H₅ОН, и позволяет отнести ее к энергосберегающим процессам [3, 4].

В настоящей работе с целью оптимизация условий реакции автотермического риформинга биоэтанола в присутствии $\text{Ni/Ce}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{O}_{1.9}$ катализатора проведено исследование влияния условий проведения процесса: температуры реакции и соотношения реагентов реакционной смеси на конверсию этанола ($X_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}$) и выход (Y) продуктов реакции.

Реакцию АТР $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ исследовали в проточном кварцевом реакторе при атмосферном давлении, скорости газового потока 230 мл_N/мин, температуре реакции (500°C; 600°C; 700°C). Мольное соотношение реагентов $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{H}_2\text{O}:\text{O}_2:\text{He}$ варьировали: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{H}_2\text{O}$ в диапазоне от 1 до 4 и $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{O}_2$ - от 0.2 до 0.8. Состав реакционной смеси анализировали методом газохроматографического анализа. Анализ реакционной смеси был выполнен с помощью газожидкостного хроматографа «Кристалл 2000М». С целью предотвращения появления зон перегрева в слое катализатора, образец катализатора (0.5 г) разбавляли $\beta\text{-SiC}$ (1.5 г, фракция 0.25...0.50 мм). Перед проведением эксперимента катализатор восстанавливали в потоке H_2/He смеси, со скоростью подачи 100 мл_N/мин при 700°C в течение 1 ч.

Исследование влияния температуры реакции на показатели реакции АТР $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ показало, что независимо от температуры реакции (500°C; 600°C; 700°C) конверсия этанола составляет 100%. При увеличении температуры реакции от 500 до 600°C выход водорода (Y_{H_2}) увеличивается от 30 до 45%. Дальнейшее увеличение температуры не приводит к изменению значения Y_{H_2} . При температуре реакции 500°C значения выходов монооксида (CO) и диоксида углерода (CO_2) составляют ~10% и ~65%, соответственно, а также наблюдается высокий выход метана (CH_4) ~25%. При увеличении температуры реакции до 600°C происходит снижение выхода CH_4 до ~5% и увеличение выхода CO до ~30%, выход CO_2 практически не изменяется. Такая закономерность свидетельствует о росте вклада реакции риформинга метана. Дальнейшее увеличение температуры реакции до 700°C приводит к снижению выхода CO_2 до 55% и увеличению выхода CO до 40%. Предполагается, что в интервале от 600 до 700°C помимо роста вклада реакций риформинга метана, увеличивается вклад реакции окисления водорода, а также реакции, обратной реакции парового риформинга CO. При данных температурах реакции значения выхода $\text{C}_2\text{-C}_3$ продуктов составляют не более 0.3 %.

При увеличении мольного соотношения $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{H}_2\text{O}$ от 1 до 4 наблюдается постоянство конверсии этанола ($X_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 100\%$). Выход водорода практически не изменяется при увеличении $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{H}_2\text{O}$ от 1 до 3 и составляет ~45%. Однако дальнейшее увеличение $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{H}_2\text{O}$ до 4 приводит к снижению выхода водорода до ~35%. С ростом $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{H}_2\text{O}$ наблюдается увеличение выхода CO_2 , но снижение выхода CO и CH_4 . При увеличении мольного соотношения $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{O}_2$ от 0.2 до 0.8 наблюдается постоянство конверсии этанола, но снижение выхода водорода. Выход водорода равен ~ 50% при $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{O}_2 = 0.2\text{-}0.4$, ~ 45% при $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{O}_2 = 0.5$ и ~ 40% при $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{O}_2 = 0.8$. При увеличении $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{O}_2$ от 0.2 до 0.8 происходит увеличение выхода CO_2 от ~ 55 до ~75% и уменьшение выхода CH_4 от ~20 до ~3%. В меньшей степени изменяется выход CO ($Y_{\text{CO}} = 22 \pm 5\%$). Образование $\text{C}_2\text{-C}_3$ продуктов не наблюдается во всем диапазоне составов реакционной смеси. Учитывая механизм протекания процесса АТР $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, можно заключить, что с увеличением соотношений $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{H}_2\text{O}$ и $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{O}_2$ возрастает соотношение О/С в реакционной смеси, что приводит к увеличению вклада реакций полного окисления и снижению вклада реакции риформинга.

В ходе исследования влияния условий реакции на показатели процесса АТР C_2H_5OH в присутствии $Ni/Ce_{0.8}La_{0.2}O_{1.9}$ катализатора выявлены оптимальные условия реакции – температура реакции $600^{\circ}C$, состав реакционной смеси $C_2H_5OH:H_2O:O_2:He = 1:3:0.4:0.7$. Установлено, что при таких параметрах конверсия этанола составляет 100%; выход водорода 50%; катализатор работает стабильно на протяжении 25 часов реакции.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект АААА-А17-117041710090-3).

Литература:

1. Васильев И. П. Экологически чистые направления получения и использования топлив растительного происхождения в двигателях внутреннего сгорания // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2005. - №1. – С. 19-25.
2. Ni M., Leung D.Y.C., Leung M.K.H., Sumathy K. An overview of hydrogen production from biomass // Fuel Processing Technology. –2006. – V. 87. – P. 461-472.
3. Baruah R., Dixit M., Basarkar P., Parikh D., Bhargav A. Advances in ethanol autothermal reforming // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – V. 51. – P. 1345-1353.
4. Исмагилов И.З., Матус Е.В., Кузнецов В.В., Керженцев М.А., Mota N., Navarro R.M., Fierro J.L.G., Koekkoek A.J.J., Gerritsen G., Abbenhuis H.C.I., Захаров Ю.А., Исмагилов З.Р. Дизайн высокоэффективного катализатора для каталитического мембранного реактора для производства водорода // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2016. – Т.13-14. – С. 13-30.

СИНТЕЗ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА CaO-X ($X = \text{Sr, La}$) КАТАЛИЗАТОРОВ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КОНДЕНСАЦИИ МЕТАНА.

**В.С. Попкова^{1,2}, С.Д. Васильев¹, Е.В. Матус¹,
Научный руководитель: И.З. Исмагилов¹**

¹Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск

²Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск
sopova.2012@yandex.ru

С целью разработки эффективного катализатора для окислительной конденсации метана (ОКМ) проведено исследование влияния способа синтеза (твердофазный, золь-гель синтез) на физико-химические свойства CaO-X ($X = \text{Sr, La}$) катализаторов. Методом термического анализа исследованы особенности формирования образцов. Определена зависимость текстурных свойств и фазового состава катализаторов в зависимости от способа их синтеза.

In order to develop an effective catalyst for oxidative condensation of methane (OCM), the influence of the synthesis method (solid-phase, sol-gel synthesis) on the physicochemical properties of CaO-X ($X = \text{Sr, La}$) catalysts was studied. The features of sample preparation were investigated by thermal analysis. The dependence of textural properties and phase composition of catalysts on the method of their synthesis is determined.

Важным аспектом развития нефтегазовой отрасли является необходимость перехода от сегодняшней экспортно-сырьевой к инновационной высокотехнологичной модели экономического развития. Ресурсно-инновационная модель развития предполагает глубокую переработку газообразных углеводородов, получение и экспорт высоколиквидных продуктов (например, этилена), стоимость которых существенно превышает стоимость исходного сырья. Этилен является базовым полупродуктом химической промышленности, широко используемым для получения полимерных материалов, производства ацетальдегида и синтетического этилового спирта [1]. Основным сырьем для получения этилена служит нефтя (49%) и этан (33%). В условиях активного роста мощностей производства этилена актуальным является расширение сырьевой базы за счет привлечения основного компонента природного газа – метана. Окислительная конденсация метана (ОКМ) рассматривается в качестве перспективного альтернативного метода получения этилена [2].

Целью настоящей работы является разработка катализатора для процесса ОКМ на основе CaO , промотированного оксидами Sr и/или La . Ожидается, что замещение катиона Ca^{2+} решетки CaO катионом-промотором X^{n+} ($X = \text{Sr, La}$), отличающимся радиусом и/или зарядом, будет способствовать увеличению концентрации активных кислородных центров и, соответственно, формированию активного и стабильного катализатора. Для регулирования физико-химических и, как следствие, функциональных свойств катализаторов проведено варьирование способа их синтеза: твердофазный синтез (Т), золь-гель метод (З).

La-Sr/CaO (Т) катализаторы получали методом механического смешения предшественников оксидов металлов. Для этого расчетные количества нитратов металлов перемешивали в фарфоровой ступке с добавлением небольшого количества воды до образования однородной густой пасты, которую сушили при 120°C в течение 6 ч, затем прокачивали в муфельной печи при 850°C в течение 6 ч. La-Sr/CaO (З) катализаторы получали цитратным золь-гель методом. Для этого смешивали водные растворы нитратов лантана, стронция и кальция с заданной концентрацией металлов и водный раствор

лимонной кислоты (ЛК). Мольное соотношение реагентов составляло (La+Sr+Ca):ЛК = 1:1. Полученный раствор выдерживали при 55°C при постоянном перемешивании в течение 12 часов для удаления избытка воды и образования геля. Полученный гель сушили до самовозгорания, затем прокаливали в муфельной печи при 550°C в течение 4 часов. Полученный образец растирали и прокаливали при 850°C в течение 6 ч.

Методом термического анализа исследованы особенности формирования La-Sr/CaO катализаторов. В случае La-Sr/CaO (Т) выделены следующие процессы: десорбция воды ($T_{ДТА} = 120^{\circ}\text{C}$), разложение $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ с образованием $\text{LaO}(\text{NO}_3)$ ($T_{ДТА} = 371$ и 423°C), плавление $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ($T_{ДТА} = 549^{\circ}\text{C}$), разложение $\text{LaO}(\text{NO}_3)$, разложение $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ($T_{ДТА} = 630^{\circ}\text{C}$) и разложение $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ ($T_{ДТА} = 663^{\circ}\text{C}$). Установлено, что процесс формирования La-Sr/CaO (З) катализаторов включает следующие стадии: при температуре 80-120°C происходит удаление остатков H_2O , затем при 150-250°C образец самовоспламеняется за счет окисления органической матрицы (цитратные группы). При этом образуются карбонаты металлов и углеродистые отложения. При температуре 400-600°C наблюдается выгорание углеродистых отложений. В более высокотемпературной области при температуре свыше 750°C происходит разложение карбонатов кальция и лантана с образованием соответствующих оксидов. Согласно данным РФА, карбонат стронция устойчив к разложению при температуре ниже 900°C.

Показано, что способ синтеза оказывает значительное влияние на текстурные характеристики La-Sr/CaO катализаторов: удельная поверхность La-Sr/CaO образцов 3-серии (6-12 м²/г) существенно выше (в 4-8 раз) удельной поверхности образцов Т-серии (1-3 м²/г) аналогичного состава. При этом для обеих серий образцов добавки La к оксиду кальция приводят к увеличению удельной поверхности и объема пор образцов, что, по-видимому, обусловлено более высокими значениями текстурных характеристик La_2O_3 . Определено, что в составе полученных La-Sr/CaO катализаторов после высокотемпературного прокаливания при 850°C наблюдаются фазы CaO и La_2O_3 , а состав Sr-содержащей фазы зависит от способа синтеза. Фаза SrO наблюдается в случае синтеза La-Sr/CaO образцов методом механического смешения, а SrCO_3 – цитратным золь-гель синтезом.

Таким образом, полученные данные по влиянию условий синтеза на физико-химические свойства La-Sr/CaO образцов являются основой для целенаправленного синтеза катализаторов ОКМ с заданными функциональными свойствами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-33-00882).

Литература:

1. Treger Yu.A., Rozanov V.N., Technologies for the synthesis of ethylene and propylene from natural gas. – Rev. J. Chem. – 2016. – V. 6. № 1. – P. 83-123.
2. Ismagilov I.Z., Matus E.V., Popkova V.S., Kuznetsov V.V., Ushakov V.A., Yashnik S.A., Prosvirin I.P., Kerzhentsev V.A., Ismagilov Z.R., Ethylene production by the oxidative condensation of methane in the presence of MnMW/SiO₂ catalysts (M = Na, K, and Rb). – Kinetics and Catalysis. – 2017. – V. 58. № 5. – P. 622-629.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ АВТОТЕРМИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА МЕТАНА

И.А. Рундау^{1,2}, С.Д. Васильев¹, Е.В. Матус¹
Научный руководитель: М.А. Керженцев¹

¹ Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск

² Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск
irina_rundau@mail.ru

С целью разработки эффективного катализатора для автотермического риформинга метана (АТР CH_4) проведено исследование влияния состава Ni-M активного компонента ($M = \text{Pt}, \text{Pd}, \text{Re}, \text{Mo}, \text{Sn}$; $M/\text{Ni} = 0,003; 0,01; 0,03$) на функциональные свойства Ni-M/ $\text{Ce}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ катализаторов. Установлено, что активность катализаторов, модифицированных Re, сравнима с активностью образцов, содержащих добавку благородного металла ($M = \text{Pt}, \text{Pd}$). Определен оптимальный состав биметаллического Ni-M катализатора. 10Ni-0.9Re/10Ce_{0.5}Zr_{0.5}O₂/Al₂O₃ образец отличается устойчивостью к окислению и спеканию активного компонента и обеспечивает высокий выход водорода ~ 65 % при длительном испытании в реакции АТР CH_4 .

In order to develop an effective catalyst for autothermal reforming of methane (ATR of CH_4), the influence of composition of the Ni-M active component ($M = \text{Pt}, \text{Pd}, \text{Re}, \text{Mo}, \text{Sn}$; $M/\text{Ni} = 0,003; 0,01; 0,03$) on the functional properties of Ni-M/ $\text{Ce}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ catalysts were investigated. It was established that the activity of catalysts modified with Re was comparable to the activity of samples containing a noble metal additive ($M = \text{Pt}, \text{Pd}$). The optimal composition of bimetallic Ni-M catalyst was selected. The 10Ni-0.9Re/10Ce_{0.5}Zr_{0.5}O₂/Al₂O₃ sample has enhanced stability against oxidation and sintering of Ni active component and provides high yield of hydrogen 65 % at long-term catalytic activity test in ATR of CH_4 .

Современное химическое производство невозможно без внедрения новых химических технологий. В большей мере прогрессу способствует широкое использование катализаторов, именно, с их помощью ускоряется протекание химических процессов и значительно улучшаются свойства низкосортных ингредиентов и реактивов. К числу главных характеристик катализатора относится его устойчивость к длительной работе [1].

Условия процесса (высокая температура, наличие кислорода и паров воды в составе реакционной среды) автотермического риформинга метана определяют ряд требований к свойствам катализатора: структурную стабильность, устойчивость к спеканию и окислению активного компонента, низкую степень образования углеродистых отложений в процессе реакции и устойчивость к сере. Активными в реакции риформинга метана являются Ni катализаторы, нанесенные на оксид алюминия. Однако, однокомпонентные Ni катализаторы не удовлетворяют требованиям по стабильности из-за их постепенной дезактивации. Известно, что стабилизация Ni активного компонента в матрице носителя в высокодисперсном состоянии обеспечивает устойчивость к спеканию и снижение скорости образования углеродистых отложений [2], что увеличивает стабильность работы катализатора. Для достижения высокодисперсного состояния активного компонента оптимизируют состав носителя, способ приготовления катализатора или условия его

активации. Другим подходом к улучшению функциональных характеристик Ni катализаторов является введение небольших количеств второго металла. Как правило, модифицирующими добавками служат различные металлы (Rh, Pd, Pt, Ir, Ru, Re, Mo, Mn, Sn или Cu)[3-5]. Открытым остается вопрос об оптимальном содержании и типе добавки. Соответственно, актуальной задачей является разработка экономически выгодного биметаллического катализатора, поддерживающего высокие показатели активности и стабильности в процессах конверсии метана. В настоящей работе исследовано влияние типа ($M = \text{Pt, Pd, Re, Mo, Sn}$) и содержания (мольное соотношение $M/\text{Ni} = 0,003; 0,01; 0,03$) модифицирующей добавки на стабильность биметаллических Ni-M катализаторов автотермического риформинга метана.

Проведен синтез биметаллических $\text{Ni-M/Ce}_{0,5}\text{Zr}_{0,5}\text{O}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ($M = \text{Pt, Pd, Re, Mo, Sn}$) катализаторов методом последовательной пропитки по влагеомкости. Для этого носитель пропитывали водным раствором соли никеля (нитрат никеля $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), затем сушили под ИК-лампой и прокачивали в муфельной печи при 500°C в течение 4 часов. Полученные $\text{Ni/Ce}_{0,5}\text{Zr}_{0,5}\text{O}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ образцы пропитывали водным раствором предшественника металла-модификатора M. В качестве предшественников M выступали следующие соединения: водорода гексахлорплатинат (IV) гексагидрат $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, нитрат палладия (II) $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$, перренат аммония NH_4ReO_4 , аммония гептамолибдат (IV) тетрагидрат $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, хлорид олова (II) $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. После чего шла стадия термообработки – образцы сушили под ИК лампой и прокачивали в муфельной печи при 500°C в течение 4 часов. Содержание никеля в Ni-M катализаторах составляло 10 мас.%, содержание второго металла $M = \text{Pt, Pd, Re, Mo, Sn}$ варьировалось в зависимости от мольного соотношения $M/\text{Ni} = 0,003; 0,01; 0,03$. Согласно данным рентгенофлуоресцентного анализа, содержание металлов соответствует заданным расчетным значениям.

Исследована стабильность работы катализаторов в реакции АТР CH_4 при температуре реакции 850°C , атмосферном давлении, скорости газового потока 200 мл_N/мин и мольном соотношении реагентов $\text{CH}_4:\text{H}_2\text{O} : \text{O}_2 : \text{He} = 1 : 1 : 0,75 : 2,5$. Определено, что Ni и Ni-Sn катализаторы без предварительного восстановления в водороде обеспечивают только полное окисление CH_4 . После предварительного восстановления образцы становятся активными в реакции риформинга метана, однако выход водорода снижается с течением времени. Напротив, катализаторы, модифицированные Pt, Pd, Re и Mo, способны к самоактивации в условиях реакции под действием реакционной смеси и обеспечивают стабильную работу в течение 24 часов реакции. Выявлен оптимальный состав катализатора $\text{Ni-0.9Re/Ce}_{0,5}\text{Zr}_{0,5}\text{O}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$. Активность и стабильность данного образца сопоставима с аналогичными показателями для катализаторов, модифицированных благородными металлами. При температуре реакции 850°C в АТР CH_4 в присутствии $\text{Ni-0.9Re/Ce}_{0,5}\text{Zr}_{0,5}\text{O}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ выход водорода составляет 65 % при конверсии метана $\sim 100\%$.

Проведен сопоставительный анализ каталитических и физико-химических свойств Ni-M/ $\text{Ce}_{0,5}\text{Zr}_{0,5}\text{O}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ($M = \text{Pt, Pd, Re, Mo, Sn}$) катализаторов. Согласно результатам исследования, образцов до реакции методами низкотемпературной адсорбции азота, рентгенофазового анализа и просвечивающей электронной микроскопии, введение модифицирующей добавки не оказывает влияние на текстурные характеристики и фазовый состав катализаторов. Удельная поверхность образцов составляет $\sim 80 \text{ м}^2/\text{г}$, в составе всех образцов до реакции присутствуют фазы NiO (средний размер частиц $12 \pm 2 \text{ нм}$), Al_2O_3 и твердого раствора Ce-Zr-O. По данным термопрограммируемого восстановления

водородом, присутствие металла-модификатора приводит к улучшению восстанавливаемости катионов никеля. Данный эффект в наибольшей степени проявляется для $M = \text{Pt, Pd, Re}$, что хорошо коррелирует с данными по способности образцов к самоактивации. Установлено, что текстурные характеристики и фазовый состав катализаторов изменяются под действием условий реакции (температура 850°C и реакционная среда). Так, удельная поверхность снижается до $\sim 70 \text{ м}^2/\text{г}$. Характер изменений состава Ni-содержащей фазы зависит от типа модификатора. Для $M = \text{Pd}$ и Re наблюдается формирование фазы металлического никеля, в случае $M = \text{Pt}$ и Mo присутствуют фазы NiO и Ni^0 , а для $M = \text{Sn}$ происходит образование шпинели. Катализаторы отличаются высокой устойчивостью к спеканию активного компонента. Средний размер частиц Ni^0 в образцах после реакции составляет $15 \pm 2 \text{ нм}$. Параметр ячейки Ni^0 указывает на формирование сплава NiM ($M = \text{Pt, Pd, Re}$ или Mo).

Таким образом, на основании исследований по влиянию типа и содержания модифицирующей добавки на стабильность работы $\text{Ni-M/Ce}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ катализаторов в автотермическом риформинге метана выявлен оптимальный состав катализатора. Образец $10\text{Ni}-0.9\text{Re}/10\text{Ce}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ обеспечивает высокий выход водорода, а также устойчивость к спеканию и окислению активного компонента при длительном воздействии реакционной среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-33-00882).

Литература:

1. Пахомов Н. А., Научные основы приготовления катализаторов: введение в теорию и практику. – Новосибирск: Изд-во СО РАН. – 2011. – 262 с.
2. Kang K.-M., Shim I.-W., Kwak H.-Y., Mixed and autothermal reforming of methane with supported Ni catalysts with a core/shell structure. – Full Process. Technol. – 2012. – V. 93. – P. 105-114.
3. Santo V. D., Gallo A., Naldoni A., Guidotti M., Psaro R., Bimetallic heterogeneous catalysts for hydrogen production. – Catal. Today. – 2012. – V. 197. – P. 190-205.
4. Requies J., Barrio V. L., Cambra J. F., Guemes M. B., Arias P. L., Effect of redox additives over $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ catalysts on syngas production via methane catalytic partial oxidation. – Full. – 2008. – V. 87. – P. 3223-3231.
5. Ismagilov, I.Z., Matus, E.V., Kuznetsov, V.V., Mota, N., Navarro, R.M., Yashnik, S.A., Prosvirin, I.P., Kerzhentsev, M.A., Ismagilov, Z.R., Fierro, J.L.G., Hydrogen production by autothermal reforming of methane: Effect of promoters (Pt, Pd, Re, Mo, Sn) on the performance of $\text{Ni}/\text{La}_2\text{O}_3$ catalysts. – Applied Catalysis A: General. – 2014. – V. 481. – P. 104-115.

ГИДРОЛИЗ-ГИДРОГЕНОЛИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ЭТИЛЕН- И ПРОПИЛЕНГЛИКОЛИ В ПРИСУТСТВИИ RU-СОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Д.В. Толстихина^{1,2}, Т.Б. Медведева², Н.В. Громов^{1,2}
Научный руководитель: д.т.н., профессор О.П. Таран^{1,2}

¹ Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

² Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск

daradasha@mail.ru

Данная работа посвящена одностадийному «one-pot» гидролизу-гидрогенолизу микрокристаллической целлюлозы в ценные химические соединения: этиленгликоль (ЭГ) и пропиленгликоль (ПГ), которые широко применяются в промышленности как компоненты автомобильных антифризов и тормозных жидкостей, а так же в производстве полимеров. Для процесса превращения полисахарида синтезированы новые твердые бифункциональные катализаторы на основе высокодисперсного рутения: Ru-ГПК/ZrO₂, Ru-ГПК/Nb₂O₅ и Ru/CsГПК. Катализаторы исследованы методами адсорбции N₂, ПЭМ, ИК, АЭС-ИСП и испытаны в превращении целлюлозы в гидротермальных условиях (245°C, давление H₂ 50 атм). Каталитические системы продемонстрировали высокую стабильность и заметную активность. В результате исследования наиболее перспективным катализатором является 1%Ru/Cs_{3,5}H_{0,5}SiW₁₂O₄₀, в присутствии которого получены этилен- и пропиленгликоли с выходами 26 и 11%, соответственно.

This work is devoted to "one-pot" hydrolysis-hydrogenolysis of microcrystalline cellulose into valuable chemical compounds: ethylene glycol (EG) and propylene glycol (PG), which are widely used in the industry as components of antifreezes, brake fluids and in the production of polymers. New solid bifunctional catalysts based on finely dispersed Ru were synthesized for the polysaccharide transformation process: Ru-HPA/ZrO₂, Ru-HPA/Nb₂O₅ and Ru/CsHPA. The catalysts were investigated by adsorption methods N₂, TEM, IR, AES and tested in the transformation of cellulose under hydrothermal conditions (245°C, H₂ pressure 50 atm). Catalytic systems demonstrated high stability and marked activity. As a result of the study, the most promising catalyst system is 1% Ru /Cs_{3,5}H_{0,5}SiW₁₂O₄₀.

Многоатомные спирты этилен- и пропиленгликоли (ЭГ и ПГ) широко применяются в промышленности как компоненты для синтеза автомобильных антифризов и тормозных жидкостей, так же их применяют в производстве полимеров [1]. ПГ в отличие от ЭГ менее токсичен, поэтому его применяют и в пищевой промышленности. Основным источником получения полиолов данного вида – ископаемое сырье, которое постепенно истощается, что делает необходимым поиск альтернативных способов производства гликолей. В данной работе ЭГ и ПГ предлагается получать из целлюлозы – основного компонента возобновляемого экологически чистого растительного сырья – одностадийным «one-pot» методом, который является одним из перспективных и эффективных способов получения спиртов из целлюлозы. Общеизвестно, что для процесса гидролиза наилучшими являются кислотные катализаторы (превращение целлюлозы в глюкозу), а для стадии гидрогенолиза – наночастицы металлического Ru (превращение глюкозы в ЭГ и ПГ) [2].

Цель данного исследования – определение оптимального состава твердого

бифункционального катализатора для процесса гидролиза-гидрогенолиза целлюлозы в ЭГ и ПГ на основе высокодисперсного Ru, нанесенного на твердые кислые оксидные носители, несущие гетерополиоксометаллаты: Ru-ГПК/ ZrO_2 и Ru-ГПК/ Nb_2O_5 , а так же на основе рутения, нанесенного на цезиевые соли гетерополиоксокислоты: Ru/CsГПК.

Носители катализаторов состава ГПК/ ZrO_2 и ГПК/ Nb_2O_5 были приготовлены путем пропитки оксидов циркония и ниобия гетерополиоксокислотой $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ с последующей прокалкой при 550°C в течении 3 ч. Для приготовления цезийсодержащих носителей добавляли стехиометрическое количество CsCl к кремнийвольфрамовой кислоте $\text{H}_4\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}$. Ru в количестве 3% наносили на поверхность носителей осаждением из водного раствора RuCl_3 , после чего восстанавливали в токе водорода при 250°C .

Полученные катализаторы исследовали рядом физико-химических методов анализа (ИК, адсорбция N_2 , ПЭМ, АЭС-ИСП).

Процесс переработки целлюлозы в ЭГ и ПГ проводили в автоклаве из нержавеющей стали в гидротермальных условиях (245°C), в присутствии H_2 (50 атм) в течение 150 минут. По ходу реакции отбирались аликваты, для анализа реакционных смесей методом ВЭЖХ и на содержание общего органического углерода (ООУ).

По результатам анализа методом низкотемпературной адсорбции азота (Таблица 1) определены текстурные характеристики кислотных носителей (ГПК/ ZrO_2 , ГПК/ Nb_2O_5 и CsГПК) и каталитических систем на основе рутения (3%Ru-ГПК/ ZrO_2 , 3%Ru-ГПК/ Nb_2O_5 и 1 и 3%Ru/CsГПК). Установлено, что нанесение рутения на CsГПК приводит к снижению удельной поверхности со 180 до 121-122 $\text{м}^2/\text{г}$ и к уменьшению суммарного объема пор (с 0.113 до 0.082-0.083 $\text{см}^3/\text{г}$), что указывает на адсорбцию частиц рутения. Катализаторы 3%Ru-ГПК/ ZrO_2 и 3%Ru-ГПК/ Nb_2O_5 представляют собой макропористые системы с незначительным объемом микропор. Для катализаторов на основе оксидов циркония наблюдается уменьшение удельной поверхности и увеличение суммарного объема пор. При нанесении ГПК и металлического рутения на Nb_2O_5 происходит увеличение этих двух показателей. В результате анализа ИК установлен, что при нанесении рутения на поверхность цезиевых солей ГПК полосы поглощения ИК-спектров не изменяются, что указывает на сохранение структуры гетерополианиона (ГПА) в ходе приготовления бифункционального катализатора. В ИК-спектрах при нанесении ГПК на ZrO_2 и Nb_2O_5 так же происходит незначительный распад ГПА, однако при последующем прокаливании носителей полосы, относящиеся к Кеггиновской структуре, исчезают, что свидетельствует о ее разрушении, и появлении оксидов вольфрама. Образование фазы WO_3 дополнительно подтверждено методом РФА. При нанесении рутения изменения состояния носителя не обнаружены. Анализ ПЭМ подтверждает высокодисперсное (1,14 - 1,46 нм) состояние частиц Ru на поверхности катализаторов. Атомно-эмиссионная спектроскопия водных растворов после испытания свидетельствует о высокой стабильности катализаторов в данных реакционных условиях.

Таблица 1 – Текстуальные характеристики образцов, размер наночастиц Ru, выходы, время наилучшего выхода и селективность образования продуктов реакции

Катализатор	S_{Σ} , м ² / г	V_{Σ} , см ³ /г	$D_{\text{пор}}$, нм	D_{Ru} , нм	ЭГ			ПГ			Сорбитол		
					t, мин	S, %	Y, %	t, мин	S, %	Y, %	t, мин	S, %	Y, %
Cs _{3.5} H _{0.5} SiW ₁₂ O ₄₀	180	0.113	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1%Ru/CsГПК	122	0.082	27	1.14	150	72	26	150	20	11	80	2.6	2.8
3%Ru/CsГПК	121	0.083	28	1.40	150	69	21	150	19	8.7	80	2.4	2.2
ZrO ₂	148	0.118	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3%Ru-ГПК/ZrO ₂	50	0.144	115	1.14	80	–	2	100	–	0.8	–	–	–
Nb ₂ O ₅	22	0.022	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3%Ru-ГПК/Nb ₂ O ₅	26	0.071	109	1.46	150	–	1.5	150	–	0.7	–	–	–

S_{Σ} – удельная поверхность катализатора;

V_{Σ} – суммарный объем пор;

$D_{\text{пор}}$ – диаметр пор;

D_{Ru} – размер частиц Ru;

S – селективность образования продукта;

Y – выход продукта,

t – время наилучшего выхода.

Аликвоты, отобранные в процессе гидролиза-гидрогенолиза, были проанализированы методом ВЭЖХ, который выявил, что основными продуктами реакции являются ЭГ и ПГ. Побочный продукт реакции – сорбитол. Среди испытанных катализаторов гидролиза-гидрогенолиза системы на основе рутения, нанесенного на цезиевые соли ГПК, оказались наиболее активными.

По результатам расчета концентрации общего органического углерода (ООУ), катализаторы обладают низкой активностью в гидрогенолизе, поэтому в реакционную систему был добавлен гидроксид кальция Ca(OH)₂ (катализатор ретроальдольного расщепления).

Среди испытанных катализаторов системы 3%Ru-ГПК/Nb₂O₅ и 3%Ru-ГПК/ZrO₂ оказались неактивны в исследуемом процессе. В результате исследования наиболее перспективной каталитической системой является 1%Ru/Cs_{3.5}H_{0.5}SiW₁₂O₄₀.

Для процесса гидролиза-гидрогенолиза применены катализаторы на основе 1) цезиевых ГПК Ru/CsГПК и 2) систем Ru-ГПК, закрепленных на поверхности оксидов, Ru-ГПК/Nb₂O₅ и Ru-ГПК/ZrO₂. В присутствии 1%Ru/CsГПК обнаружен выход 25% ЭГ и 11% ПГ, (селективность образования ЭГ и ПГ 60 и 27%, соответственно). Катализатор 3%Ru/CsГПК менее активен, чем 1%Ru/CsГПК (выходы ЭГ и ПГ 20 и 9%, соответственно), что связано с уменьшением количества брэнстедовских кислотных центров на поверхности носителя. Системы на основе Nb₂O₅ и ZrO₂ оказались не активными в процессе гидролиза-гидрогенолиза. В результате исследования наиболее перспективной каталитической системой является 1%Ru/Cs_{3.5}H_{0.5}SiW₁₂O₄₀.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 17-53-16027)

Литература:

1. Besson M., Gallezot P., Pinel C. Conversion of biomass into chemicals over metal catalysts // Chemical reviews. – 2013. – Т. 114. – №. 3. – С. 1827-1870.
2. Fukuoka A., Dhepe P. L. Catalytic Conversion of Cellulose into Sugar Alcohols // Angew. Chem. Int. Ed. – 2006. – V. 45. – P. 5161–5163.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ ФОСФОРА НА КАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ $\text{CoMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

**Т.С. Богомолова^{1,2}, Ю.В. Ватутина², К.А. Надеина²,
Научный руководитель: О.В. Климов²**

¹ Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

² Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск

tanushka_pvl@mail.ru

В работе были получены образцы Со-Мо-катализаторов гидроочистки с добавлением фосфора. Для исследования влияния добавки фосфора на каталитические свойства, полученные образцы были исследованы методами азотной порометрии, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения (ПЭМВР). Катализаторы тестировали в условиях гидроочистки прямоточной дизельной фракции с использованием реактора неподвижного слоя. Обнаружено, что добавка фосфора приводит к увеличению активности в реакциях гидродеазотирования и к небольшому росту гидробессеривающей активности. Катализатор с содержанием фосфора показал максимальную активность в реакциях гидродеазотирования.

During the work, samples of Co-Mo hydrotreating catalysts with the addition of phosphorus were obtained. To study the effect of the addition of phosphorus on the catalytic properties, the samples were studied by the methods of nitrogen porosimetry, X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM). The catalysts were tested under hydrotreating conditions for a straight-run diesel fraction using a fixed-bed reactor. It has been found that the addition of phosphorus leads to an increase in activity in hydrodenitrogenation reactions and to a slight increase in hydrodesulfurization activity. The catalyst with phosphorus content showed the maximum activity in the hydrodenitrogenation reactions.

В настоящее время в связи активным увеличением мирового автопарка и бурным развитием авиации существенно увеличилось и количество вредных выбросов, поступающих в атмосферный воздух. Значительную долю выбросов от подвижных источников составляет оксиды серы, не только негативно влияющие на здоровье людей, но и являясь одной из причин формирования парникового эффекта. Содержание серы в нефтепродуктах является строго регламентированным параметром, нормируемым ГОСТом Р 52368 – 2005 вид III. Для уменьшения содержания серы в дизельном топливе, дизельную фракцию подвергают процессу гидроочистки. Как правило, гидроочистка осуществляется с использованием нанесённых $\text{Co}(\text{Ni})\text{Mo}$ -катализаторов.

В настоящее время получение высокоактивных катализаторов глубокой гидроочистки дизельного топлива является чрезвычайно актуальной задачей, поскольку на российских нефтеперерабатывающих заводах доля использования импортных катализаторов для процессов гидроочистки составляет около 97 %. Согласно приказу Министерства энергетики Российской Федерации от 31 марта 2015 г. № 210 «Об утверждении плана мероприятий по импортозамещению в нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслях промышленности Российской Федерации» к 2020 году долю использования импортных катализаторов гидроочистки необходимо сократить до 45%. С 2016 года дизельные топлива, производимые на российских нефтеперерабатывающих заводах должны соответствовать стандарту ЕВРО-5, согласно которому содержание серы в

дизельном топливе не должно превышать 10 ppm. Содержание азота в дизельном топливе строго не регламентируется, однако присутствие азотсодержащих соединений оказывает ингибирующее действие на реакции гидрообессеривания в процессе гидроочистки дизельной фракции. Поэтому высокоактивные катализаторы должны обладать активностью как в реакциях гидрообессеривания, так и гидродеазотирования. Для увеличения активности катализаторов гидроочистки известно использование в качестве модифицирующего агента фосфора [1–3]. Введение модифицирующих добавок даже в небольшом количестве позволяет значительно увеличить активность катализатора. При этом подобрав оптимальный метод введения модифицирующего агента в катализатор, не требуется значительное изменение технологической линии производства катализаторов гидроочистки. Целью данной работы является получение высокоактивного катализатора гидроочистки дизельных фракций с добавлением фосфора, исследование влияния модификатора на свойства и каталитическую активность катализатора.

В ходе работы были приготовлены катализаторы с 1 – 2,3 мас.% фосфора. Для приготовления алюмооксидного носителя катализаторов гидроочистки использовали псевдобемит производства Китай. Смешение исходных реагентов осуществляли в смесителе с Z-образными лопастями. В качестве пластифицирующего агента использовали раствор азотной кислоты (молярное отношение $\text{HNO}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ составляло 0,03). Формование гранул носителя осуществляли методом экструзии. Полученные гранулы носителя имели форму трилистника длиной от 3–6 мм с диаметром сечения до 1,5 мм. Полученные гранулы носителя термообработывали при 110 °С и 550 °С в токе воздуха. Для приготовления катализаторов в качестве предшественников Со и Мо использовали гидроксид кобальта и парамолибдат аммония, соответственно. Фосфор вводили на стадии приготовления пропиточного раствора совместно с предшественниками активных металлов. Для нанесения активных металлов использовали метод вакуумной пропитки. Катализаторы термообработывали при 120 °С. Катализаторы здесь и далее обозначены СоМо/х, где х – содержание фосфора в катализаторе. В качестве образца сравнения был приготовлен образец без добавления модифицирующего агента — СоМо/Al. Носители и катализаторы были исследованы методом азотной порометрии, ПЭМВР, РФЭС. Катализаторы испытывали в проточном трубчатом реакторе в гидроочистке прямогонного дизельного топлива с содержанием серы 4100 ppm и азота 210 ppm. Условия процесса следующие: $P=3,8$ МПа, $\text{LHSV}=2,5$ ч⁻¹, объемное отношение водорода к сырью 544 нм³/м³, $T_1=360$ °С, $T_2=370$ °С.

В таблице 1 представлены результаты азотной порометрии для носителя и катализаторов на его основе. Сравнение катализаторов с одинаковым содержанием Мо и Со и различным содержанием Р показывает, что катализаторы, содержащие до 1,8% Р, имеют схожие текстурные характеристики: удельная площадь поверхности 190 ± 6 м² / г, объем пор $0,49 \pm 0,02$ см³/ г и средний диаметр пор $10,1 \pm 0,2$ нм. Образец с высоким содержанием фосфора (СоМо/Al-2.3) имеет несколько меньшую удельную площадь поверхности – 173 ± 3 м²/г и объем пор – $0,45\text{--}0,46$ см³/г и несколько больший средний диаметр пор – $10,6 \pm 0,1$ нм. Средний диаметр пор незначительно снижается для катализаторов с низким содержанием фосфора и увеличивается для образцов с высоким содержанием фосфора.

Изотермы адсорбции-десорбции для носителя и катализаторов близки, относятся к типу IVa, что типично для мезопористых материалов. Форма петли гистерезиса соответствует типу H₂, что указывает на преобладание пор цилиндрической формы. Во всех случаях не отмечено изменений изотерм адсорбции-десорбции и форм петли гистерезиса, что указывает на равномерное распределение активного компонента по поверхности носителя и отсутствие блокировки пор.

По результатам ПЭМВР катализаторов обнаружено (таблица 2), что все полученные катализаторы содержат сульфидный активный компонент с близкой морфологией.

Таблица 1 – Текстульные характеристики образцов

Обозначения катализаторов	Носитель	CoMo/Al	CoMo/1	CoMo/1.5	CoMo/1.8	CoMo/2.3
Содержание металлов		$12,5 \pm 0,2$ мас.% Mo; $3,5 \pm 0,1$ мас.% Co				
Содержание P, %	-	-	1	1,52	1,83	2,25
Удельная поверхность, м ² /г	260	184	195	186	185	175
Объем пор, см ³ /г	0,70	0,50	0,50	0,48	0,51	0,46
Средний диаметр пор, нм	10,5	10,3	10,0	10,3	9,9	10,6

Таким образом, средняя длина частиц активного компонента составила $2,73 \pm 0,17$ нм, среднее количество слоев в пакете активного компонента составило $1,05 \pm 0,02$, а среднее число слоев на 1000 нм² составило 65 ± 10 .

В модифицированных образцах отмечается увеличение степени визуализации частиц активного компонента, что указывает на уменьшение взаимодействия между активным компонентом и носителем катализатора. Также следует отметить, что нет никакой зависимости параметров сульфидных частиц (таблица 2) от содержания фосфора в катализаторе.

Таблица 2 – Данные ПЭМВР для сульфидированных катализаторов

	CoMo/Al	CoMo/1	CoMo/1,5	CoMo/1,8	CoMo/2,3
Средняя длина частицы активного компонента, нм	2,90	2,56	2,63	2,64	2,83
Количество слоёв в пакете активного компонента	1,07	1,05	1,06	1,03	1,04
Среднее количество слоев на 1000 нм ²	63	75	60	65	67

В результате исследования катализаторов методом РФЭС были получены следующие значения энергии связи для всех катализаторов: Mo3d $229,1 \pm 0,1$ эВ и Co2p $778,9 \pm 0,1$ эВ. Такие энергии связи характерны для Mo и Co в сульфидном окружении, входящие в состав CoMoS-фазы [4, 5]. Энергии связи, полученные для спектров S2p составили $162,0 \pm 0,1$ эВ и $163,1 \pm 0,1$ эВ, что соответствует двум разным формам серы (S^{2-} и S_2^{2-}) в CoMo-катализаторах. Такое соотношение этих форм хорошо согласуется с данными, приведёнными в литературе для высокоактивных катализаторов гидроочистки [5]. По результатам РФЭС с увеличением содержания фосфора в катализаторе наблюдается увеличение содержания CoMoS-фазы согласно разложению Mo3d спектра (рис. 1). Для спектров Co2p такая зависимость не наблюдается (рисунок 1). Поверхностное содержание фосфора в соответствии с данными РФЭС для каждого катализатора несколько выше, чем в соответствии с элементным анализом. Это указывает на то, что фосфор равномерно распределен по поверхности катализатора в дисперсной форме без образования каких-либо крупных частиц фосфора.

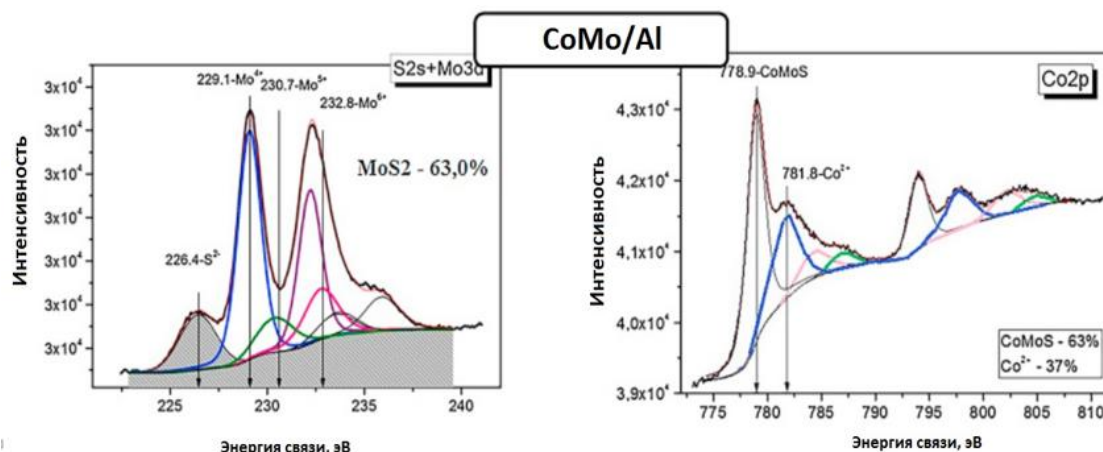


Рисунок 1 – РФЭС разложение спектров Mo3d и Co2p для образца CoMo/Al

Результаты каталитических испытаний приведены в таблице 3. При введении фосфора отмечается увеличение активности в реакциях гидродеазотирования, в сравнении с образцом без добавки фосфора. Стоит отметить, что модифицированные катализаторы при 370 °С обеспечивают получение дизельного топлива с содержанием серы не более 10 ppm. Максимальная активность была отмечена для образцов катализаторов CoMo/1.8, CoMo/2.3.

Таблица 3 – Результаты каталитических экспериментов

Название образца	Кат-р, содержание фосфора	Температура, °С	Остаточное содержание серы, ppm	Остаточное содержание азота, ppm
CoMo/Al	-	370	10,2	19,5
CoMo/1	1	370	9,2	18,1
CoMo/1.5	1.5	370	9,0	17,8
CoMo/1.8	1.8	370	8,2	15,6
CoMo/2.3	2.3	370	7,9	11,4

Добавка фосфора в значительной степени приводит к увеличению каталитической активности в реакциях гидродеазотирования. Наиболее активными являются катализаторы CoMo/1.8, CoMo/2.3. Введение фосфора не влияет значительно на значение удельной поверхности и объема пор катализатора. Однако добавка фосфора сопровождается увеличением степени визуализации частиц активного компонента, что указывает на уменьшение взаимодействия между активным компонентом и носителем катализатора. В свою очередь это свидетельствует о формировании высокоактивных частиц активного компонента.

Литература:

1. Usman U., Takaki M. and other // Applied Catalysis A: General. – 2005. – 286. – С. 148–154.
2. Tong-na Zhou, Hai-liang Yin and other // Journal of fuel chemistry and technology. – 2009. – 37(3). – С.330–334.
3. Ferdous D., Dalai A.K., Adjaye J. // Applied Catalysis A: General 260. – 2004. – С. 137–151.
4. Xiang C.-e., Chai Y.-m. and other // Journal of Fuel Chemistry and Technology. – 2011. – 39. – С. 355–360.
5. H. Topsøe, B. S. Candia and other // Bull.Soc.Chim.Belg. – 1984. – 93. – С.783–805.

СИНТЕЗ 1,5-БЕНЗАДИАЗЕПИНА ИЗ 1,2-ФЕНИЛЕНДИАМИНА И АЦЕТОНА В ПРИСУТСТВИИ ТИТАНСИЛИКАТОВ СИНТЕТИЧЕСКИХ АНАЛОГОВ СЕМЕЙСТВА ЛИНТИСИТА

Ю.В. Курченко¹, Г.В. Калашникова², М.Н. Тимофеева^{1,3}

¹ Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

² Центр наноматериаловедения КНЦ РАН, г. Апатиты

³ Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск

JuluyaKurchenko@mail.ru

В работе приведены результаты синтеза и исследования физико-химических и каталитических свойств титансиликатов (Ti,Si-Lint) синтетических аналогов семейства линтисита, модифицированных 0.0625-0.25M HNO₃, в реакции синтеза 1,5-бензодиазепина из 1,2-фенилендиамин и ацетона. Комплекс физико-химических и каталитических исследований указывает на то, что концентрация HNO₃ влияет на химический состав, текстурные, структурные, кислотно-основные и каталитические свойства Ti,Si-Lint материалов. Увеличение концентрации кислоты способствовало увеличению скорости реакции и выходу 1,5-бензодиазепина.

Titanosilicate of the Lintisite group (Ti,Si-Lint) was chemical activated using 0.0625-0.25 M of HNO₃ and used as catalysts for synthesis of 1,5-benzodiazepine from 1,2-phenylenediamine and acetone. According to physicochemical and catalytic investigations textural, properties, chemical composition and surface acidity of acid-activated Ti,Si-Lint depend on the HNO₃ concentration. Reaction rate and yield of 1,5-benzadiazepine rose with increasing HNO₃ concentration.

Бензодиазепины - азотсодержащие гетероциклические соединения, находят широкое применение в современной медицинской химии и занимают лидирующее положение среди лекарственных препаратов. Производные бензодиазепинов широко используются в качестве противосудорожных, анксиолитических, анальгетических, седативных, антидепрессивных и снотворных средств [1].

Одним из методов получения соединений данного класса является реакция циклоконденсации 1,2-фенилендиамин (I) с кетонами (рис. 1). В качестве катализаторов могут быть использованы как кислоты Льюиса, так и Бренстеда.

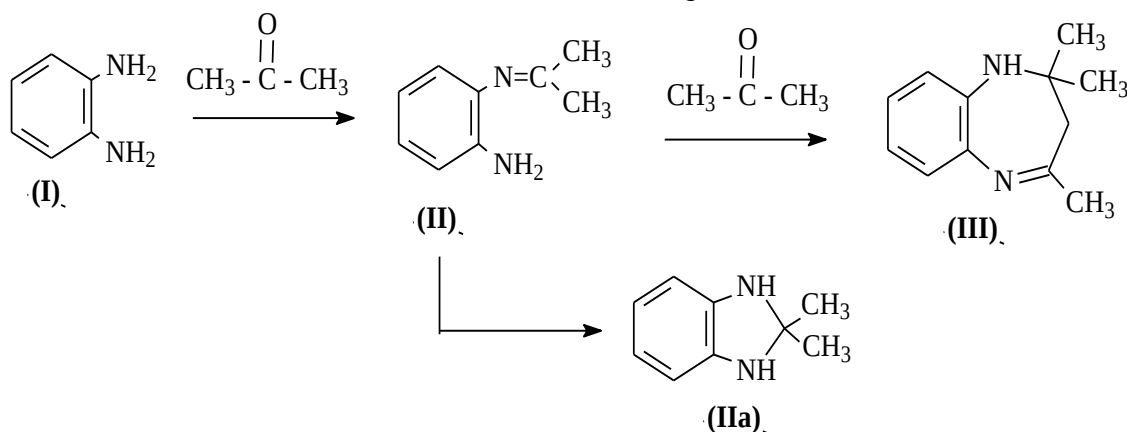


Рисунок 1 – Реакция циклоконденсации 1,2-фенилендиамин (I) с ацетоном

В настоящее время для данного процесса известно не так много гетерогенных катализаторов, например, цеолиты, цеолитоподобные материалы и системы на основе глин [2-4]. Литературные данные указывают на возможность регулирования скорости реакции и

выхода (III) варьированием текстурных характеристик и поверхностной кислотности материалов.

В данной работе изучено влияние кислотной активации слоистого титаносиликата в натриевой форме, представляющий собой синтетический аналог минералов семейства линтисита, (Ti,Si-Lint) на скорость и селективность реакции циклоконденсации 1,2-фенилендиамина (I) с ацетоном (рис. 1). Основное внимание в работе посвящено установлению основных факторов, влияющих на каталитические свойства кислотномодифицированных Ti,Si-Lint и выяснение связей между кислотными и каталитическими свойствами данных материалов.

В работе использовали 1,2-фенилендиамин (99.0%, Sigma-Aldrich), ацетон (Sigma-Aldrich), метанол (Acros Organics). Ti,Si-Lint был получен по методике, описанной в [5]. Модифицирование Ti,Si-Lint проводили азотной кислотой с концентрацией 0.0625, 0.125, 0.25M в течение 30 мин при комнатной температуре. Обозначение образцов и их химический состав приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав изучаемых Ti, Si-Lint образцов

	Содержание, (масс.%)		
	Na	Si	Ti
Ti,Si-Lint	32.3±0.2	29.5±0.2	34.3±0.2
0.0625M Lint	8.8±0.1	33.1±0.2	54.2±0.2
0.125M Lint	4.8±0.1	35.9±0.2	54.4±0.2
0.25M Lint	0.7±0.03	37.2±0.2	54.5±0.2

Реакцию циклоконденсации (I) с ацетоном проводили в стеклянном термостатированном реакторе, снабженном мешалкой и обратным холодильником. В реактор загружали 0.1 ммоль (I), 0.1-0.4 ммоль ацетона, 4.0 мл метанола в качестве растворителя и смесь нагревали до 50 °С. В реактор добавляли 5-40 мг катализатора. Момент прибавления катализатора считали за начало реакции. Через определенные интервалы времени отбирали пробы и анализировали методом ГЖХ. Хроматографический анализ проводили на хроматографе Agilent 7820 с пламенно-ионизационным детектором (капиллярная колонка HP-5 25 м).

Согласно полученным данным, обработка Ti,Si-Lint азотной кислотой приводит к вымыванию из Si- и Ti-слоев «сшивающих» катионов натрия. Как видно из данных, приведенных в таблице 1, количество вымытых ионов натрия возрастает с увеличением концентрации кислоты. По данным РФА это приводит к уменьшению параметров решетки (d_{200}) с 6.0 до 7.5⁰ (2 Θ).

Сила HNO₃ кислоты так же влияет на поверхностную кислотность образцов. Поверхностная кислотность (pH_{ТНЗ} - точка нулевого заряда), определенная методом Зеренса - де Брюина, возрастает с 11.15 (Ti,Si-Lint) до 4.0 (0.25M Ti,Si-Lint) после обработки Ti,Si-Lint раствором 0.25M HNO₃.

Каталитические свойства Ti,Si-Lint материалов, модифицированных кислотой, были изучены циклоконденсации (I) с ацетоном (рис. 1) в растворе метанола при 50 °С. В присутствии Ti,Si-Lint материалов реакция протекала гетерогенно с высокой скоростью в растворе метанола при 50 °С и мольном соотношении ацетон/(I) 2.5. Реакция не идет в отфильтрованной от катализатора реакционной массе. Согласно данным МС-ГЖХ основными продуктами реакции были 1,5-бензодиазепин (III) и диимин (II). Кроме того, наблюдалось образование в небольшом количестве дигидробензимидазола (IIa) в результате циклизации (II).

На рис. 2 приведены типичные кинетические кривые накопления продуктов реакции (II), (IIa) и (III) и расходования (I) в ходе реакции. Видно, что реакция протекает в две стадии. На первой стадии в результате присоединения одной молекулы ацетона к (I) образуется продукт (II). Селективность реакции по (II) составляет 70-80% в течение первых 20-40 мин. Затем (II) взаимодействует со второй молекулой ацетона, образуя (III).

Скорость реакции и выход (III) зависят от концентрации HNO_3 . С увеличением концентрации HNO_3 скорость реакции и выход (III) возрастают. Максимальный выход (III) 75.1% наблюдается через 300 мин в присутствии 0.25M Lint. Эту зависимость можно объяснить ростом поверхностной кислотности с увеличением концентрации HNO_3 .

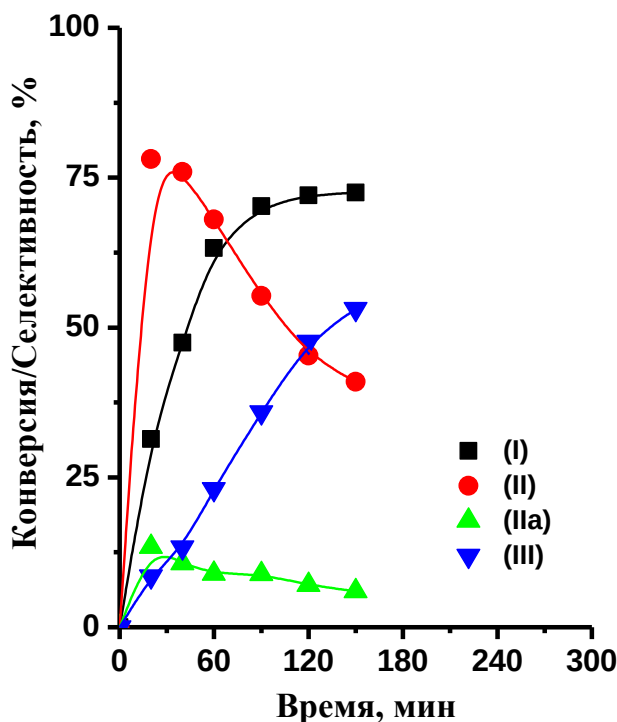


Рисунок 2 – Кинетика реакции конденсации (I) с ацетоном в присутствии 0.25M Lint
(Условия эксперимента: 0.1 ммоль (I), 0.12 ммоль ацетона, 30 мг катализатора, 4 мл MeOH, 50 °C)

На примере 0.25M Lint показано, что выход (III) линейно возрастает с увеличением как мольного соотношения ацетон/(I), так и концентрации катализатора. В таблице 2 представлены результаты сравнения каталитических свойств этой системы с цеолитами, изученными в литературе [2-3]. Хорошо видно, что при проведении реакции в отсутствие растворителя, при 50 °C и мольном соотношении ацетон/(I) 4.0 выход (III) в присутствии 0.25M Lint достигает 67% за 5 ч. Это существенно превосходит выход (III) в присутствии цеолита H-ZSM-5 (Si/Al 28, структурный тип MFI) и цеолита бета (β -Zeolite, Si/Al 30, структурный тип BEA). В тоже время, активность 0.25M Lint ниже активности цеолита HY (Si/Al 2.5, структурный тип FAU). Различие в активностях хорошо согласуется с различием текстурных свойств данных систем. Активность каталитических систем возрастает с увеличением диаметра пор.

Таблица 2 – Каталитические свойства 0.25M Lint и цеолитов в реакции циклизации 1,2-фенилендиаминa с ацетоном

	Диаметр пор (Å)	Каталитические свойства ^a	
		Время, (ч)	Выход (III), (%)
0.25M Lint	8.7	3	58
		5	67
H-ZSM-5	6.36	5	32
β-zeolite	6.68	5	39
HY	11.18	3	82

^a 0.1 ммоль (I), 0.4 ммоль ацетона, 0.02 г катализатора, 50°C.

В работе изучено влияние кислотной модификации 0.0625-0.25M азотной кислотой титансиликата (Ti,Si-Lint) (синтетического аналога семейства линтисита) на его физико-химические и каталитические свойства в реакции синтеза 1,5-бензодиазепина из 1,2-фенилендиаминa и ацетона.

Согласно комплексу физико-химических и каталитических исследований кислотная модификация изменяет химический состав, структурные, текстурные и кислотно-основные свойства Ti,Si-Lint. Каталитическая активность коррелирует с поверхностной кислотностью Ti,Si-Lint и возрастает с увеличением концентрации HNO₃. Максимальный выход (III) 75.1% наблюдается через 300 мин в присутствии 0.25M Lint.

Литература:

1. Schutz H. In benzodiazepines. Springer: Heidelberg, Germany, 1982.
2. Tajbakhsh M., Heravi M. M., Mohajerani B., Ahmadi A. N. Natural HEU type zeolite catalyzed Biginelli reaction for the synthesis of 3, 4-dihydropyrimidin-2(1H) one derivatives / M. Tajbakhsh, M. M. Heravi, B. Mohajerani, A. N. Ahmadi // J. Mol. Catal. A: Chem. 2006. N 247. P. 213–2119.
3. Timofeeva M.N., Prihod'ko S.A., Makarova K.O., Malyshev M.E., Panchenko V.N., Ayupov A.B., Jhung S. H. Iron-containing materials as catalysts for synthesis of 1,5-benzodiazepine from 1,2-phenylenediamine and acetone / M.N. Timofeeva, S.A. Prihod'ko, K O. Makarova, M.E. Malyshev, V.N. Panchenko, A.B. Ayupov, S. H. Jhung // React. Kinet., Mech. Catal. 2017. N 121. P. 689–699.
4. González B., Trujillano R., Vicente M. A., Gil A., Panchenko V. N., Petrova E. A., Timofeeva M. N. Two synthesis approaches of Fe-containing intercalated montmorillonites: Differences as acid catalysts for the synthesis of 1,5-benzodeazepine from 1,2-phenylenediamine and acetone / B.González, R.Trujillano, M. A.Vicente, A.Gil, V. N.Panchenko, E. A.Petrova, M. N.Timofeeva // Appl. Clay Sci. 2017. N146. P. 388–396.
5. Калашникова Г.О. Получение новых сорбентов цезия, серебра и иода путем обратной трансформации линтиситоподобных титансиликатов: дисс. канд. тех. наук,

ИЗУЧЕНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ Pd/M_xO_y СИСТЕМ В ОДНОСТАДИЙНОМ СИНТЕЗЕ БЕНЗИМИДАЗОЛА ИЗ БЕНЗИЛОВОГО СПИРТА И 1,2-ФЕНИЛЕНДИАМИНА

И.А. Лукоянов¹, М.А. Кулагина², М.Н. Тимофеева^{1,2}

¹ Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

² Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск

Ivan_lukoyanov95@mail.ru

В работе представлены результаты исследования каталитических свойств Pd/M_xO_y систем ($M - Al^{3+}, Ga^{3+}, Cr^{3+}, V^{5+}, Nb^{5+}, Zr^{4+}, Fe^{3+}, Ti^{4+}$) в одnoreакторном (one-pot) синтезе бензимидазола из 1,2-фенилендиаминa и бензильового спирта.

This article is devoted to the investigation of the catalytic properties of Pd/M_xO_y systems ($M - Al^{3+}, Ga^{3+}, Cr^{3+}, V^{5+}, Nb^{5+}, Zr^{4+}, Fe^{3+}, Ti^{4+}$) in a one-pot synthesis of benzimidazole from 1,2-phenylenediamine and benzyl alcohol.

Разработка эффективных методов синтеза бензимидазола и его производных, обладающих биологическими свойствами и применяющихся в качестве строительного блока при создании новых лекарственных форм, является важной задачей современной органической химии. Традиционно эти соединения получают с использованием карбонильных соединений. Однако сравнительно недавно в литературе показана возможность получения этих веществ методом одnoreакторного (one-pot) синтеза с использованием спирта, который окисляется в соответствующий кетон *in situ* [1-3].

В данной работе рассматривается синтез бензимидазола из бензильового спирта и 1,2-фенилендиаминa (рисунок 1) в присутствии бифункционального катализатора на основе Pd и оксидов металлов ($\alpha-Al_2O_3$, TiO_2 , Fe_2O_3 , Ga_2O_3 , ZrO_2 , V_2O_5 , Cr_2O_3 , WO_3 , Nb_2O_5).

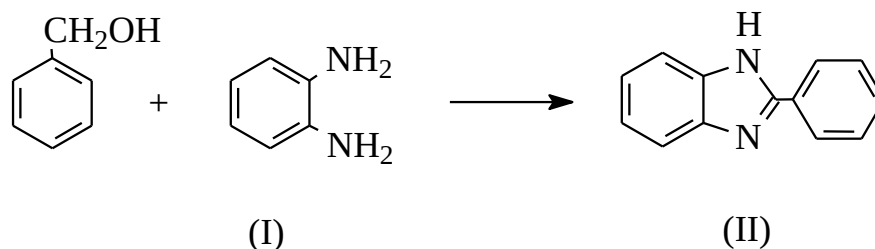


Рисунок 1 – Схема получения бензимидазола из 1,2-фенилендиаминa и бензильового спирта

Катализаторы $0.5\%Pd/M_xO_y$ готовили осаждением на поверхность оксидного носителя гидроксокомплексов палладия, образующихся при смешении водных растворов Na_2CO_3 и H_2PdCl_4 . Размер Pd частиц, определенный методом хемосорбции CO, и основные текстурные характеристики носителей приведены в таблице 1.

Реакцию синтеза бензимидазола (II) из 1,2-фенилендиаминa (I) и бензильового спирта (рис. 1) проводили в стеклянном термостатированном реакторе, снабженном мешалкой и обратным холодильником. В реактор загружали рассчитанное количество (I), бензильового спирта, метанола. Реакционную смесь нагревали до $90^\circ C$. Момент прибавления катализатора считали за начало реакции. Через определенное время отбирали пробы и анализировали методом ГЖХ. Основные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Текстуальные характеристики и каталитические свойства 0.5%Pd/M_xO_y в реакции 1,2-фенилендиамина с бензиловым спиртом

	Текстуальные свойства ^а			d_{Pd}^b (нм)	Каталитические свойства ^в	
	S _{БЭТ} (м ² /г)	V _Σ (см ³ /г)	D (Å)		Конверсия (I), (%)	Выход (II), (%)
0.5%Pd/Al ₂ O ₃	10.6	0.025	103	1.9	65.7	56.3
0.5%Pd/Fe ₂ O ₃	8.6	0.031	155	1.5	20.9	19.7
0.5%Pd/TiO ₂	2.0	0.003	55	6.8	21.6	20.5
0.5%Pd/Ga ₂ O ₃	17.5	0.103	239	5.4	26.4	24.5
0.5%Pd/ZrO ₂	19.3	0.064	134	1.6	24.7	24.3
0.5%Pd/V ₂ O ₅	3.5	0.013	156	1.5	28.4	28.4
0.5%Pd/Cr ₂ O ₃	2.5	0.007	113	3.6	24.8	24.1
0.5%Pd/Nb ₂ O ₅	1.9	0.003	70	4.3	31.5	30.1
0.5%Pd/WO ₃	2.9	0.008	125	3.7	30.6	29.7
1.0%Pd/WO ₃				8.1	23.7	21.4
2.0%Pd/WO ₃				7.1	22.9	20.0

^а S_{БЭТ} -удельная поверхность носителя, V_Σ - суммарный объем пор, D – средний диаметр пор. ^б Размер Pd⁰ частиц. ^в Условия реакции: 0.04 г катализатора, 0.1 г 1,2-фенилендиамин, 0.15 ммоль бензинового спирта, 5 мл метанола, 90 °С, 10 ч.

Согласно полученным данным в присутствии 0.5%Pd/M_xO_y реакция протекает гетерогенно. На это указывал тот факт, что после удаления катализатора реакция останавливается. Основным продуктом реакции является бензодиазепин с селективностью 92.8-94.4 %. Стоит отметить, что, не смотря на высокую скорость реакции в присутствии 0.5%Pd/Al₂O₃, селективность реакции по сравнению с другими системами не превышает 86.6 %.

Полученные результаты указывают на то, что скорость реакции и выход (II) зависят от природы оксидного носителя. Как видно из рисунка 2А, выход (II), нормированный на удельную поверхность носителя, возрастает с увеличением электронного сродства атома металла носителя [5]. Это может быть связано с влиянием силы взаимодействия Pd частиц с оксидным носителем на электронное состояние Pd. Сильное взаимодействие Pd частиц с носителем смещает энергию связи внутренних *d*-электронов в более высокоэнергетическую область, соответствующую окисленному состоянию палладия, что вызывает увеличение как активности 0.5%Pd/M_xO_y, так и выхода (II).

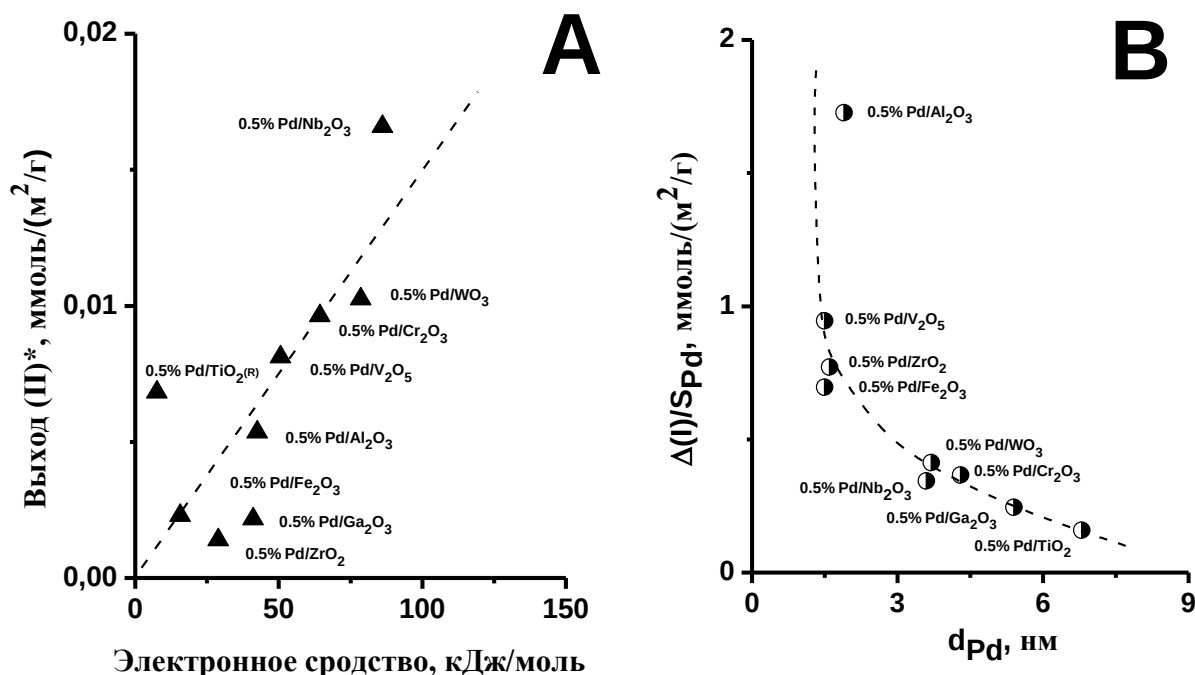


Рисунок 2 - (А) Корреляция между выходом (II), нормированным на удельную поверхность носителя, и электронным сродством металла носителя (Б) Корреляция между средним диаметром Pd частиц и количеством превращенного (I), отнесенного на поверхность Pd частиц

Скорость реакции и выход продукта (II) в присутствии 0.5%Pd/M_xO_y также зависят от размера Pd частиц на поверхности носителя. На это указывает корреляция между средним диаметром Pd частиц и количеством превращенного (I), отнесенного на поверхность Pd частиц ($\Delta(I)/S_{Pd}$) рисунок 2Б. С увеличением размера Pd частиц $\Delta(I)/S_{Pd}$ снижается. Аналогичная зависимость наблюдается и в случае увеличения содержания Pd на WO₃. Увеличение количества Pd с 0.5 до 2.0 масс.% приводит к снижению конверсии (I) с 30.6 до 22.9% и выхода (II) с 29.7 до 20.0%, что объясняется увеличением размера Pd частиц с 3.7 до 7.1 нм (таблице 1).

Литература:

1. Chaudhari C., Siddiki S. M. A. H., Shimizu K., Acceptorless dehydrogenative synthesis of benzothiazoles and benzimidazoles from alcohols or aldehydes by heterogeneous Pt catalysts under neutral conditions // *Tetrahedron Lett.* 2015. – Vol.56. – P. 4885-4888
2. Momeni A. R., Samimi H. A., Jahanian R., Urea-hydrogen peroxide/silica phosphoric acid-catalyzed oxidation-condensation Tandem reaction: One-pot synthesis of 2-substituted benzimidazoles from alcohols // *Iran. J. Catal.* – 2012. – Vol. 2. – P. 141-145
3. Li G., Wang J., Yuan B., Zhang D., Lin Z., Li P., Huang H., Iron-catalyzed one-pot synthesis of benzimidazoles from 2-nitroanilines and benzylic alcohols // *Tetrahedron Lett.* – 2013. – Vol. 54. – P. 6934-6936

**ПОИСК НОВЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ
СТЕРЕОСПЕЦИФИЧЕСКОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПРОПИЛЕНА:
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОНОРОВ**

Д.А. Шмакова¹, В.Н. Панченко^{1,2}, С.А. Приходько²

¹ Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

² Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск
dda2512@gmail.com

Исследованы катализаторы стереоспецифической полимеризации полипропилена $\text{TiCl}_4/\text{D}/\text{MgCl}_2$ (D – диметилфталат (DMP), дибутилфталат (DBP), диизобутилфталат (DB^iP), дибутилтерефталат (DB^tP)). Методами химического анализа, ИК спектроскопии диффузного отражения и квантово-химическими расчетами показано, что содержание донора как в носителе MgCl_2 , так и в катализаторе $\text{TiCl}_4/\text{D}/\text{MgCl}_2$ зависит от его структурных характеристик. Рассмотрены механизмы адсорбции доноров на поверхности носителя. Найдена связь между активностью катализаторов, количеством атактической фракции полипропилена и способом координации донора.

The catalysts of stereospecific polypropylene polymerization $\text{TiCl}_4/\text{D}/\text{MgCl}_2$ (D – dimethyl phthalate (DMP), dibutyl phthalate (DBP), diisobutyl phthalate (DB^iP), dibutyl terephthalate (DB^tP)) were investigated. It was shown an amount of donor both in support D/MgCl_2 and catalyst $\text{TiCl}_4/\text{D}/\text{MgCl}_2$ depend on the donor's structural characteristics using chemical analysis, IR diffusion reflection spectroscopy, and quantum chemical calculations. The mechanisms of adsorption of donors on the support surface are considered. A correlation between the activity of the catalysts, the amount of atactic fraction of polypropylene and the method of coordination of donor was found.

Полипропилен (ПП), относится к числу наиболее распространенных материалов. Он находит применение во многих различных областях, заменяя более дорогие природные и синтетические материалы. Его считают чистым материалом в отношении экологических требований не только из-за отсутствия галогена и бензола, но также из-за простоты повторного использования и рециркуляции.

В настоящее время в мировой практике ПП получают с использованием титан-магниевого катализаторов (ТМК), состоящих из хлорида магния, TiCl_4 и электронодонорных соединений (ЭС). В зависимости от характера взаимодействия ЭС с активным компонентом, их делят на внутренние (D), вводимые в ходе синтеза в состав катализатора, и внешние (ED), которые вводят перед началом полимеризации вместе с алюминийорганическим соединением.

В качестве D используют бензоаты, фталаты, 1,3-замещенные диэфиры, 2,3-замещенные сукцинаты и др., а в качестве ED – силаны, содержащие -Si-OR, -Si-OCOR или -SiNR₂ группы [1]. При этом фталаты обеспечивают высокую активность и стереоспецифичность катализаторов. Однако в последнее время появились сообщения о том, что фталаты, содержащиеся в пластике, могут влиять на здоровье людей. С 21 февраля 2015 г. регламент REACH (англ. Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals – регламент Европейского союза) запретил использование многих фталатов в ПП в

концентрации выше 0.1 % масс. Поэтому поиск новых несодержащих фталаты катализаторов является важной и актуальной задачей.

Стоит отметить, что поиск доноров проводят эмпирически. А анализ патентных данных не позволяет выявить общие закономерности влияния электронодонорных соединений на стереоспецифичность, поскольку обычно в них включают все известные ЭС без описания их действия в катализе.

Предполагается, что стереспецифичность катализаторов определяют электронные и стерические факторы донора. В качестве электронных факторов обычно рассматривают заряд на атоме кислорода карбонильной или эфирной группы, дипольный момент донора или энергию его взаимодействия с носителем $MgCl_2$, а в качестве стерических факторов – Ван-дер-Ваальсовский объем, длину алкильного радикала.

Целью данной работы было исследование структурных характеристик доноров, влияющих на активность и стереоспецифичность ПП.

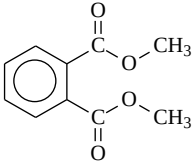
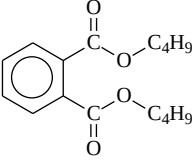
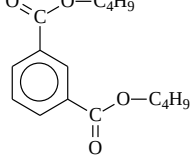
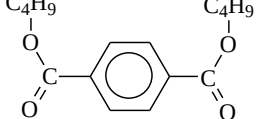
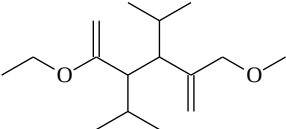
Диметилфталат (DMP), дибутилфталат (DBP) (Aldrich), дибутилтерефталат (DB^tP) и дибутилтерефталат (DB^iP) были осушены над молекулярными ситами. DB^tP и DB^iP были получены из бутилового спирта, изофталевой и терефталевой кислот.

Образцы носителей $D/MgCl_2$ были получены согласно [2]. Нанесением $TiCl_4$ на носители были приготовлены соответствующие ТМК. Содержание титана и доноров в образцах определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии в плазме и высокоэффективной жидкостной хроматографии в безградиентном режиме с использованием стандартных растворов этих соединений в ацетонитриле, соответственно. Полученные катализаторы были изучены в полимеризации пропилена.

Квантово-химические расчеты Ван-дер-Ваальсовского объема (W) и расстояний между атомами кислорода карбонильных групп в сложноэфирных группах (O-O) произведены в программе HyperChem Professional.

В таблице 1 приведены каталитические данные образцов $TiCl_4/D/MgCl_2$. Видно, что активность катализаторов и количество атактической фракции (APP) зависит от типа используемого донора. Можно предполагать, что это связано со структурными характеристиками доноров, а именно, Ван-дер-Ваальсовским объемом длиной алкильного радикала и расстоянием между атомами кислорода карбонильных групп в сложноэфирных группах (O-O).

Таблица 1 – Данные полимеризации пропилена на исследуемых катализаторах $\text{MgCl}_2/\text{D}/\text{TiCl}_4$. Условия полимеризации: 700C, propene pressure 6 bar, hydrogen pressure 0.14 bar, reaction time 1 hour, $\text{AlEt}_3=0.004$ mmol/ml, $[\text{Al}]/[\text{Ti}]=300$ and $\text{Al}/\text{PTMS}=10$

№	Образец	Структура D	D/Ti	Средняя активность кгПП/гTi*ч	APP % вес.
1	$\text{MgCl}_2/\text{DMP}/\text{TiCl}_4$		1.01	15.0	3.68
2	$\text{MgCl}_2/\text{DBP}/\text{TiCl}_4$		1.10	138.2	2.24
3	$\text{MgCl}_2/\text{DB}^i\text{P}/\text{TiCl}_4$		0.52	12.6	10.43
4	$\text{MgCl}_2/\text{DB}^t\text{P}/\text{TiCl}_4$		0.58	11.0	8.24
5	$\text{MgCl}_2/\text{DES}^*/\text{TiCl}_4$ [3]		0.53	150	6.0

* DES – диэтил 2,3-диизопропил-1,4-сукцинат

В таблице 2 приведены данные химического анализа образцов D/MgCl_2 . Видно, что с увеличением Ван-дер-Ваальсовского объема количество адсорбированного донора снижается. Стоит отметить, что для изомеров фталатов наблюдается очень резкое уменьшение количества адсорбированного донора при небольшом изменении объема молекулы. Кроме того, количество адсорбированного DES, имеющего объем $1095 \text{ \AA}^3$, в 2 раза выше, чем DBP объемом $829.5 \text{ \AA}^3$. Вероятно, это связано с различным расстоянием между атомами кислорода карбонильных групп в сложноэфирных группах (O-O).

Квантово-химическими расчетами было показано, что доноры могут адсорбироваться на гранях (110) и (104) хлорида магния с образованием поверхностных комплексов (A), (B) (C) и (D) (рис.1). Стоит отметить, что расстояние (Mg-Mg) для граней (110) и (104) составляет 6.0 и 3.5 $\text{\AA}$, соответственно, а межслоевые расстояния граней (110) для микрокристаллов MgCl_2 – 5.9-7.9 $\text{\AA}$.

Таблица 2 – Данные химического анализа
о содержании донора в исследуемых образцах MgCl_2/D

D	Содержание донора μмоль/г	W, Å ³	(O-O), Å	
			Z	E
DMP	541	576.1	2.3	5.5
DBP	263	793.5	2.3	5.5
DB ¹ P	162	817.5	4.8	6.9
DB ¹ P	115	829.5	6.7	7.1
DES	210	1095.0	2.2	4.3

Для исследуемых доноров были рассчитаны Z-(O-O) (карбонильные группы расположены по одну сторону относительно друг друга) и E-(O-O) (карбонильные группы расположены по разные стороны относительно друг друга) расстояния. Доноры, имеющие Z-(O-O) группы, могут фиксироваться на одной поверхности хлорида магния с образованием комплексов (A), (B) или (C) (рис. 1). В тоже время доноры с Z-(O-O) группами могут адсорбироваться на разных поверхностях с образованием межслоевых (zip) комплексов (D).

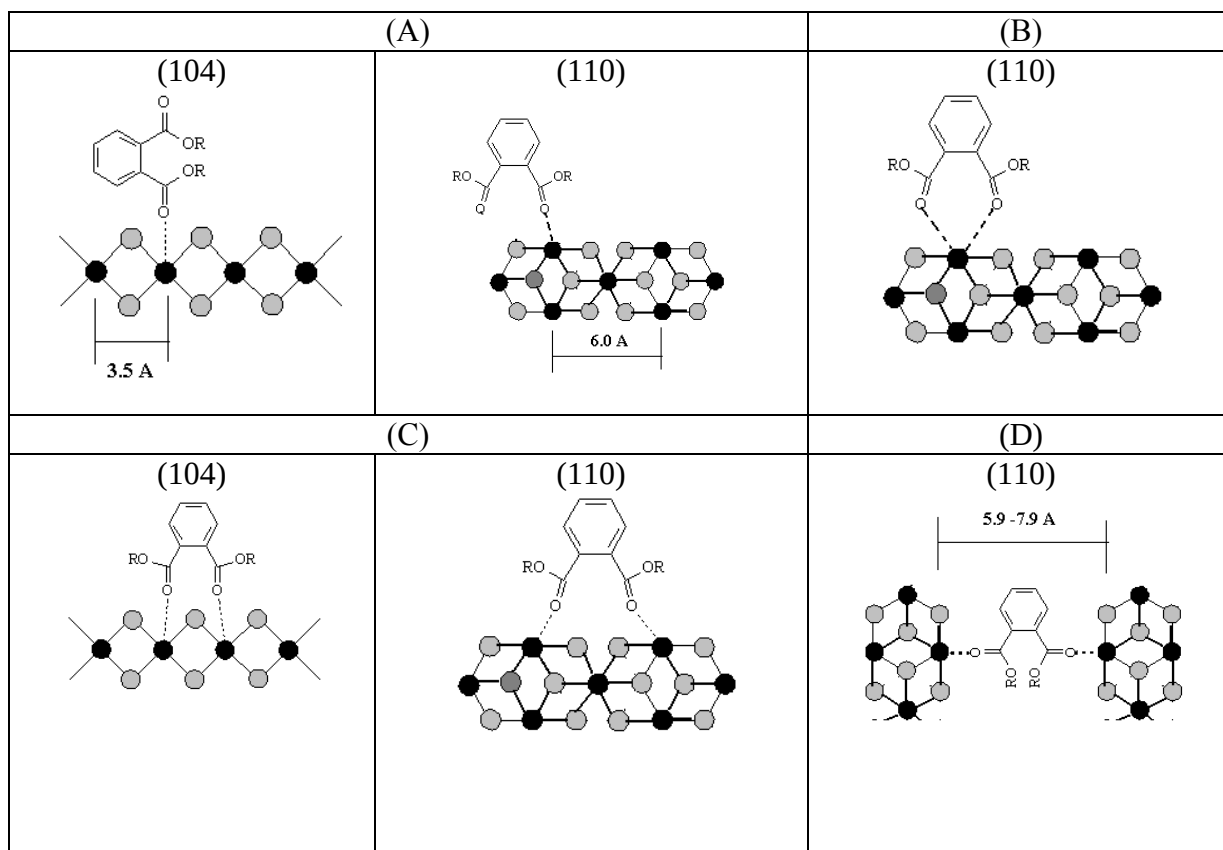


Рисунок 1 – Возможная координация фталатов и сукцинатов на поверхности хлорида магния: (A) – монодентатная, (B) – хелатная, (C) – бидентатная, (D) – межслоевая (zip)

Рассчитанные нами данные показывают, что для DBP и DMP возможно образование комплекса (А) на гранях (110) и (104), комплекса (В) на грани (110), комплекса (С) на грани (104) и комплекса (D) между гранями (110) MgCl_2 . Для DBP возможна адсорбция с образованием комплекса (А) на гранях (110) и (104) и комплексов (С) и (D) на гранях (110) MgCl_2 . Для DBP возможно образование комплекса (А) на гранях (110) и (104) и комплекса (D) на гранях (110) MgCl_2 . Для DES - комплекса (А) на гранях (110) и (104), комплекса (В) на грани (110), комплекса (С) на грани (104).

Данные ИК-спектроскопии показывают, что в катализаторах $\text{TiCl}_4/\text{DES}/\text{MgCl}_2$ (2) $\text{TiCl}_4/\text{DBP}/\text{MgCl}_2$ (5) количество адсорбированного D на грани (104) значительно превышает количества донора, адсорбированного на грани (110). Для других катализаторов наблюдается обратная зависимость. Согласно литературным данным [1] стереоспецифические центры, имеющие максимальную активность, формируются на грани (104) в результате адсорбции Ti_2Cl_8 на MgCl_2 . Вероятно, поэтому образцы (2) и (5) имеют максимальную активность (Таблица 1).

Проведенное исследование показало, что для синтеза высокоактивных ТМК стереоспецифической полимеризации пропилена необходимо учитывать стерические характеристики доноров, а именно: Ван-дер-Ваальсовский объем и расстояние между атомами кислорода карбонильных групп в сложноэфирных группах.

1. Ван-дер-Ваальсовский объем определяет количество адсорбированного донора. Чем больше Ван-дер-Ваальсовский объем донора, тем меньше донора фиксируется на поверхности носителя.

2. Расстояние (O-O) определяет координацию и тип грани, на которой происходит адсорбция донора. Для образования моодентатных, бидентатных и хелатных комплексов расстояние Z(O-O) донора должно быть сопоставимо с расстоянием (Mg-Mg) граней (110), (104). Для образования межслоевых комплексов расстояние E(O-O) донора должно быть сопоставимо с межслоевыми расстояниями граней (110) MgCl_2 .

3. Катализаторы, имеющие максимальную долю доноров на грани (104), проявляют наибольшую активность в полимеризации пропилена и имеют меньшее количество APP. Вероятно, стереоспецифические центры, формируются на грани (104) в результате адсорбции Ti_2Cl_8 .

Работа выполнена в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект № АААА-А17-117041710085-9)

Литература:

1. Taniike, M. Terano. The Use of Donors to Increase the Isotacticity of Polypropylene // *Advances in Polymer Science*. – 2013. – V. 257. – P. 81–97.
2. The basicity of stereoregulating electron-donor compounds in Ziegler-Natta catalysts – a study by infrared spectroscopy and chemical exchange reactions / V.N. Panchenko, A.N. Goryachev, L.V. Vorontsova, E.A. Paukshtis, V.A. Zakharov // *J. Phys. Chem. C*. – 2014. – V. 118. – P. 28572–28579.
3. Потапов, А.Г. Исследование состояния стереорегулирующих электродонорных соединений различного состава в титан-магниевого катализаторах полимеризации пропилена методом ИК-спектроскопии диффузного отражения / А.Г. Потапов, В.А. Захаров, Г.Д. Букатов // *Кинетика и катализ*. – 2007. – т.48. – №3. – С.426-431.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА СИНТЕЗА Ni/CeO₂-КАТАЛИЗАТОРОВ НА ИХ СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА

А.С. Исакова¹, В.А. Ушаков², Е.В. Матус²
Научный руководитель: М.А. Керженцев²

¹ Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск,

² Институт катализа им. Г.К. Борескова, г. Новосибирск,
alexandra_isakova@mail.ru

С целью регулирования функциональных свойств Ni/CeO₂-катализаторов путем контроля степени взаимодействия «металл-носитель» проведен синтез образцов Ni/CeO₂ при варьировании метода приготовления (метод Пекини, метод пропитки по влагоемкости) и температуры прокаливания (300-900°С). Методом рентгенофазового анализа исследована зависимость фазового состава Ni/CeO₂-катализаторов и дисперсности оксидных фаз от параметров синтеза. Установлена взаимосвязь между структурными характеристиками материалов и способом их получения.

In order to regulate the functional properties of Ni/CeO₂ catalysts, the synthesis of Ni/CeO₂ samples was carried out at controlling the strength of the metal-support interaction by varying the preparation method (Pekini method, incipient wetness impregnation) and calcination temperature (300-900°С). The dependence of the phase composition of Ni /CeO₂ catalysts and the dispersion of oxide phases on the synthesis parameters was studied by X-ray phase analysis. The correlation between the structural characteristics of materials and their preparation method was established.

Известно, что количество природных ресурсов Земли ограничено, а сжигание традиционных видов топлив приводит к загрязнению окружающей среды. В этой связи поиск альтернативных источников энергии является актуальной задачей. Одним из перспективных «энергонасителей будущего» является водород, на данный момент - востребованный реагент химической промышленности. В настоящее время до 95% водорода производится из природного газа методами каталитической паровой или окислительной конверсии углеводородного сырья [1]. Для достижения высокого выхода водорода требуется разработка высокоактивных и устойчивых к дезактивации катализаторов.

Традиционными катализаторами конверсии углеводородного сырья в водородсодержащий газ являются никелевые катализаторы на оксидных носителях [2]. Особый интерес представляют Ni/CeO₂-материалы, содержащие в своем составе в качестве носителя диоксид церия, обеспечивающий высокую устойчивость катализаторов к образованию углеродистых отложений [3]. Для направленного регулирования функциональных характеристик Ni/CeO₂-катализаторов предлагается варьирование физико-химических свойств образцов путем контроля степени взаимодействия «никель – диоксид церия».

Целью работы являлось исследование влияния метода приготовления (метод Пекини, метод пропитки по влагоемкости) и температуры прокаливания (300-900°С) Ni/CeO₂-катализаторов на их структурные свойства.

Для приготовления Ni/CeO₂-катализаторов методом Пекини последовательно смешивали реагенты с учетом их заданного мольного соотношения (Ni + Ce) : лимонная кислота : этленгликоль : этилендиамин = 1:4:12:4. После удаления избытка растворителя полученную смолообразную массу прокаливали. Предполагается, что смешение предшественников металлов (нитраты солей церия и никеля) на молекулярном уровне позволяет получить флюоритоподобные твердые растворы на основе диоксида церия – Ce_{1-x}Ni_xO_y. Для синтеза Ni/CeO₂-катализаторов методом пропитки по влагоемкости носитель CeO₂ пропитывали водным раствором нитрата никеля с последующими стадиями сушки и прокаливания. Термическую обработку образцов осуществляли в муфельной печи в атмосфере воздуха при различных значениях температуры (300°C, 500°C, 700°C или 900°C) в течение 4 часов. Содержание никеля в образцах составляло 0, 2, 5, 10 или 15 масс.%.

Рентгенофазовый анализ (РФА) образцов проводили на дифрактометре HZG-4C (“Freiberger Präzisionsmechanik”, Германия) в монохроматизированном CoK α излучении (λ = 1.79021 Å). Фазовый состав определяли по дифракционным картинам, полученным путем сканирования области углов 2 θ = 10°–80° с шагом 0.1 град и временем накопления 6-15 сек.

В таблице 1 представлен перечень полученных Ni/CeO₂-катализаторов и расчетное содержание в них металлов.

Таблица 1 – Перечень Ni/CeO₂-катализаторов

Образец	Химический состав, масс. %	
	Ni	Ce
CeO ₂	0	81
Метод Пекини → твердый раствор Ce - Ni - O		
Ce _{0.9} Ni _{0.1} O _{1.9}	2	79
Ce _{0.8} Ni _{0.2} O _{1.8}	5	76
Ce _{0.7} Ni _{0.3} O _{1.7}	10	71
Ce _{0.6} Ni _{0.4} O _{1.6}	15	66
Метод пропитки → частицы NiO на поверхности CeO ₂		
2Ni/CeO ₂	2	79
5Ni/CeO ₂	5	76
10Ni/CeO ₂	10	71
15Ni/CeO ₂	15	66

На рис. 1 представлены типичные дифрактограммы Ni/CeO₂-катализаторов. Исследование фазового анализа образцов, полученных методом Пекини (рис. 1а), показало, что, независимо от содержания никеля, после прокаливания при температуре 300°C наблюдается формирование только фазы диоксида церия. При увеличении температуры прокаливания до 700°C дифракционная картина сохраняется. Исключение составляет образец с высоким содержанием Ni (15 масс.%), в котором дополнительно присутствует фаза оксида никеля. Дальнейшее повышение температуры до 900°C приводит к формированию двухфазных образцов (фазы CeO₂ + NiO) в более широком диапазоне содержания Ni (5-15 масс.%). Напротив, в катализаторах, полученных методом пропитки, независимо от температуры прокаливания наблюдается формирование двух фаз - CeO₂ и NiO (рис. 1б).

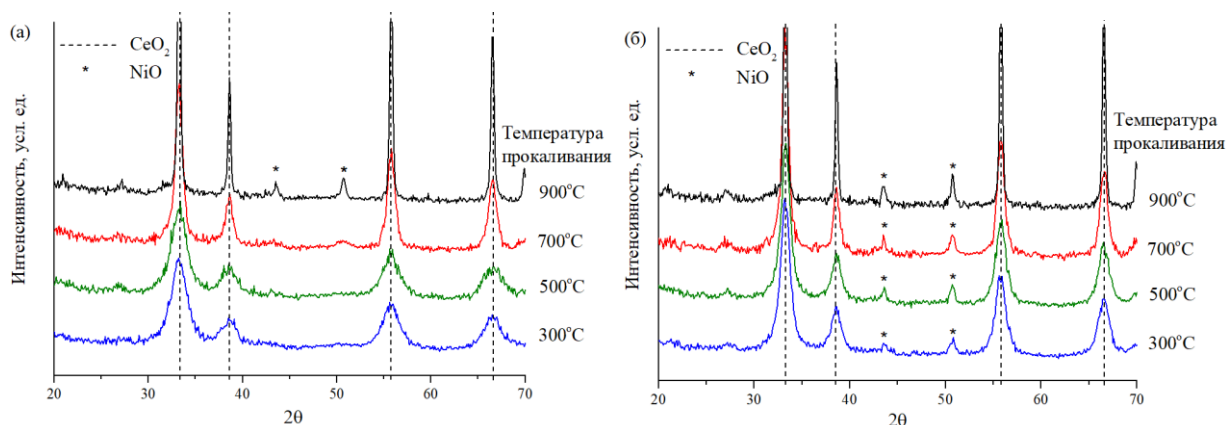


Рисунок 1 – Дифрактограммы Ni/CeO₂-катализаторов (10 масс.% Ni), полученных методом Пекини (а) и методом пропитки по влагоемкости (б)

Средний размер кристаллитов диоксида церия (d_{CeO_2}) в полученных катализаторах варьируется в широких пределах (5...50 нм) и его значение зависит от метода получения, температуры прокаливания и химического состава образца (рис. 2). Установлено, что для обеих серий образцов, d_{CeO_2} уменьшается при снижении температуры прокаливания катализатора (рис. 2а). Для образцов, полученных методом Пекини, d_{CeO_2} уменьшается также с увеличением содержания никеля в материале, в отличие от катализаторов, полученных методом пропитки по влагоемкости, для которых размер CeO₂-кристаллитов остается постоянным (рис. 2б). Видно (рис. 2), что метод Пекини, по сравнению с методом пропитки по влагоемкости, обеспечивает формирование фазы CeO₂ с меньшим размером кристаллитов.

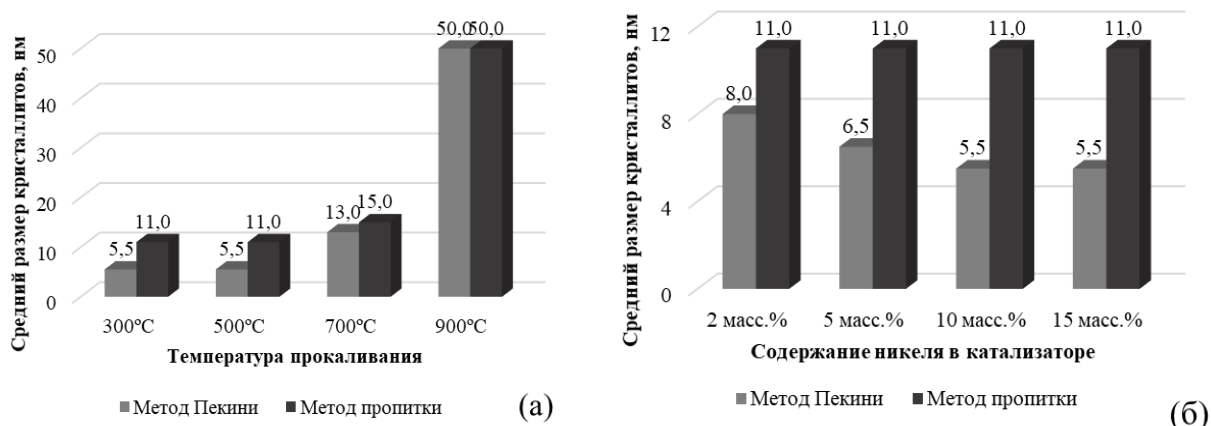


Рисунок 2 – Влияние температуры прокаливания (а) и содержания никеля (б) в Ni/CeO₂-катализаторах на размер CeO₂-кристаллитов.

(а) Ni = 10 масс.% (б) T = 500°C

Размер частиц оксида никеля (d_{NiO}) в полученных материалах составляет 11-50 нм и, как и в случае с d_{CeO_2} , зависит от условий приготовления и состава образца. Так, d_{NiO} в Ni/CeO₂-катализаторах, приготовленных методом пропитки по влагоемкости, закономерно возрастает с увеличением температуры прокаливания или содержания Ni в катализаторе.

Таким образом, можно заключить, что при использовании для приготовления Ni/CeO₂-катализаторов метода Пекини происходит формирование однофазных Ce_{1-x}Ni_xO_y-образцов, представляющих собой флюоритоподобные твердые растворы на основе диоксида церия, т.е. реализуется крайний вариант сильного взаимодействия «металл-носитель». В случае метода пропитки по влагоемкости Ni/CeO₂ образцы являются двухфазными (CeO₂ + NiO). Использование Ni/CeO₂-катализаторов с различными структурными характеристиками открывает возможность регулировать их функциональные свойства.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект АААА-А17-117041710090-3).

Литература:

1. Dincer I., Acar C., Innovation in hydrogen production. - International Journal of Hydrogen Energy. - 2017. - V.- 42.- P. 14843-11864.
2. Ismagilov I.Z., Matus E.V., Kuznetsov V.V., Mota N., Navarro R.M., Kerzhentsev M.A., Fierro J.L.G., Ismagilov Z.R. Nanoscale control during synthesis of Me/La₂O₃, Me/Ce_xGd_{1-x}O_y and Me/Ce_xZr_{1-x}O_y (Me = Ni, Pt, Pd, Rh) catalysts for autothermal reforming of methane. - Catalysis Today. - 2013.- V. 210.- P.10-18.
3. Пахомов Н.А., Научные основы приготовления катализаторов: введение в теорию и практику. – Новосибирск, 2011. – 264 с.

РАЗРАБОТКА Ni-КАТАЛИЗАТОРОВ ХИМИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ ШАХТНОГО МЕТАНА

Д.В. Нефедова^{1,3}, Е.В. Матус², В.А. Ушаков²
Научный руководитель: З.Р. Исмагилов^{2,3}

¹ Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

² Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск

³ Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово
nefedova.darya@gmail.com

Синтезированы серии катализаторов $Ce_{0.8-x}La_xNi_{0.2}O_y$ ($x = 0-0.8$, $1.4 \leq y \leq 1.7$) методом сложноэфирных полимерных предшественников и $Ni/Ce_{1-x}La_xO_y$ ($x = 0-1$, $1.5 \leq y \leq 2.0$) методом пропитки по влагоемкости для конверсии шахтного метана в синтез-газ. Проведено сравнение физико-химических свойств материалов в зависимости от метода введения активного компонента в матрицу носителя. Установлена зависимость структурных характеристик катализаторов от их состава, метода приготовления и температуры прокаливания.

The series of $Ce_{0.8-x}La_xNi_{0.2}O_y$ ($x = 0-0.8$, $1.4 \leq y \leq 1.7$) and $Ni/Ce_{1-x}La_xO_y$ ($x = 0-1$, $1.5 \leq y \leq 2.0$) catalysts were synthesized by a polymer ester precursor method and the incipient wetness impregnation method, respectively, for the conversion of coal mine methane to synthesis gas. The physicochemical properties of the materials differed by the method of introduction of the active component into support matrix were compared. The dependence of the structural characteristics of catalysts on their composition, the method of preparation and the temperature of calcination was established.

Добыча угля приводит к высвобождению большего количества метана в момент разрушения угольного пласта. Ежегодно дегазационными установками из угольных шахт в России выбрасывается в атмосферу более 1 млрд м³ метана, что приводит к усилению парникового эффекта. Несмотря на перспективность использования шахтного метана, на практике применение его в России находится на уровне 5-10% от общего объема дегазации. Связано это, в первую очередь, с отсутствием развитых технологий утилизации [1]. Для решения существующей проблемы предлагается переработка шахтного метана методом химической конверсии с получением синтез-газа.

В качестве катализаторов конверсии метана принято использовать катализаторы с драгоценными и переходными металлами в качестве активного компонента, нанесенные на различные оксидные системы. Наиболее перспективными считаются нанесенные катализаторы Ni/CeO_2 , благодаря высокой активности и низкой стоимости. Однако данные системы менее устойчивы к образованию углеродистых отложений, по сравнению с катализаторами на основе Pt и Pd [2]. Введение модифицирующих катионов La в кристаллическую решетку оксида церия приводит к снижению размера кристаллитов активного компонента, что повышает стабильность работы катализаторов в условиях высокотемпературных реакций.

В настоящей работе с целью разработки эффективного катализатора для конверсии шахтного метана в синтез-газ синтезированы 2 серии катализаторов: $Ce_{0.8-x}La_xNi_{0.2}O_y$ (молярная доля La - $x = 0-0.8$, $1.4 \leq y \leq 1.7$) и $Ni/Ce_{1-x}La_xO_y$ ($x = 0-1$, $1.5 \leq y \leq 2.0$), изучено влияние условий приготовления и содержания La на их структурные характеристики.

Катализаторы $Ni/Ce_{1-x}La_xO_y$ ($x = 0-1$, $1.5 \leq y \leq 2.0$) синтезированы методом пропитки по влагоемкости раствором соли $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ оксидных носителей $Ce_{1-x}La_xO_y$ (рис.1а). Катализаторы $Ce_{0.8-x}La_xNi_{0.2}O_y$ ($x = 0-0.8$, $1.4 \leq y \leq 1.7$) получены методом сложноэфирных полимерных предшественников (рис.1б) [4]. Все образцы катализаторов прокаливали при Т

= 300-900°C. Методом рентгенофазового анализа (РФА) изучены структурные характеристики образцов.

Рентгенофазовый анализ (РФА) образцов проводили на дифрактометре HZG-4C (“Freiberger Präzisionsmechanik”, Германия) в монохроматизированном $\text{CoK}\alpha$ излучении ($\lambda = 1.79021 \text{ \AA}$). Фазовый состав определяли по дифракционным картинам, полученным путем сканирования области углов $2\theta = 10^\circ\text{--}70^\circ$ с шагом 0.1° град и временем накопления 6-15 сек.

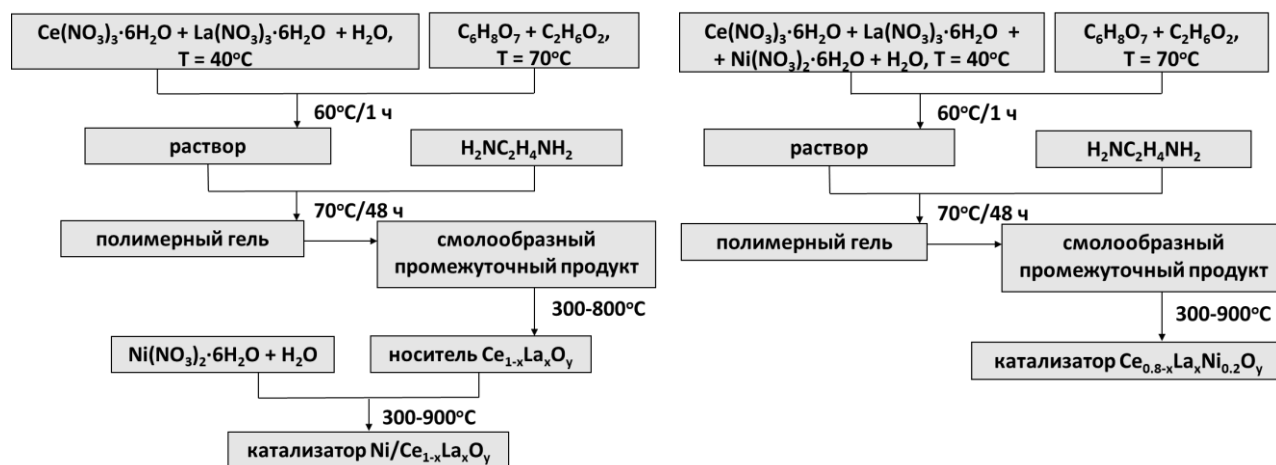


Рисунок 1 – Схема синтеза катализаторов: а) методом пропитки по влаге, б) методом сложных эфиров полимерных предшественников

По результатам РФА для катализаторов $\text{Ni}/\text{Ce}_x\text{La}_{1-x}\text{O}_y$ ($x = 0\text{--}0.8$) основной фазой является фаза носителя – оксида церия CeO_2 . При увеличении мольной доли La в составе носителя от 0 до 0.8 размер кристаллита оксида церия уменьшается с 15 до 4 нм. Кроме того, на фоне дифракционной картины носителя присутствуют пики, обусловленные формированием фазы NiO (рис. 2а). С увеличением содержания лантана в составе носителя дисперсность активного компонента увеличивается. Так, при увеличении содержания La в составе носителя от $x = 0$ до 0.2 средний размер частиц NiO уменьшается от 25 до 13.5 нм.

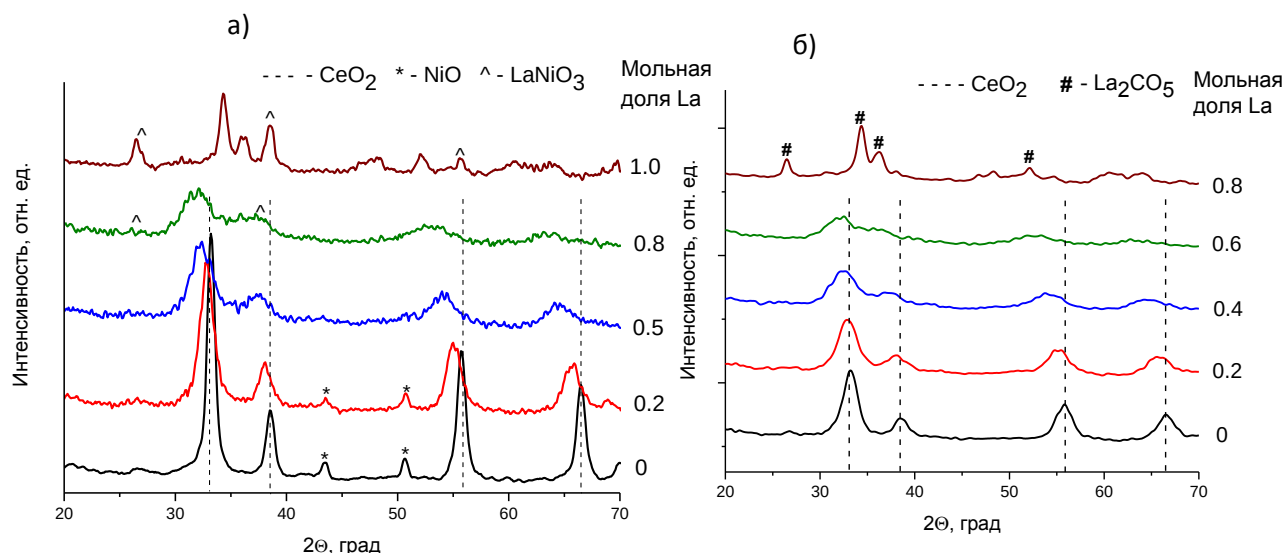


Рисунок 2 – Дифрактограммы катализаторов: а) $\text{Ni}/\text{Ce}_{1-x}\text{La}_x\text{O}_y$ и б) $\text{Ce}_{0.8-x}\text{La}_x\text{Ni}_{0.2}\text{O}_y$. Температура прокаливания 500°C

По сравнению с катализаторами, полученными методом пропитки, для катализаторов $\text{Ce}_{0.8-x}\text{La}_x\text{Ni}_{0.2}\text{O}_y$, синтезированных методом сложноэфирных полимерных предшественников, при низких температурах прокаливания (300-500 °C) наблюдается дифракционная картина только фазы CeO_2 . Это может свидетельствовать о встраивании катионов никеля в кристаллическую решетку оксида церия. Кроме того, при одинаковом мольном соотношении La/Ce, параметр элементарной ячейки (a) $\text{Ce}_{0.8-x}\text{La}_x\text{Ni}_{0.2}\text{O}_y$ меньше по сравнению с (a) $\text{Ce}_{1-x}\text{La}_x\text{O}_y$, что также указывает на присутствие никеля в составе твердого раствора. Для твердого раствора $\text{Ce}_{0.8-x}\text{La}_x\text{Ni}_{0.2}\text{O}_y$, в отличие от $\text{Ce}_{1-x}\text{La}_x\text{O}_y$, размер кристаллитов твердого раствора слабо зависит от содержания La и составляет 4-6 нм для $x = 0-0.6$ (при температуре прокаливания 500 °C).

Присутствие фазы NiO в составе $\text{Ce}_{0.8-x}\text{La}_x\text{Ni}_{0.2}\text{O}_y$ материалов наблюдается только после высокотемпературного прокаливания. При этом температура разрушения твердого раствора $\text{Ce}_{0.8-x}\text{La}_x\text{Ni}_{0.2}\text{O}_y$ с образованием фазы NiO и твердого раствора Ce-La-O зависит от содержания La в составе катализатора: $T=700$ °C в случае образца с мольной долей La = 0.4, и $T=900$ °C для образцов с мольной долей La = 0-0.2. Размер частиц NiO в этом случае не зависит от содержания La в составе носителя, и составляет 50 нм. Кроме того, при увеличении мольной доли La до 0.6 наблюдается образование фазы La_2NiO_4 .

Таким образом, определено, что изменение состава, метода приготовления и температуры прокаливания позволяет регулировать структурные характеристики катализаторов. Введение Ni активного компонента в кристаллическую решетку CeO_2 приводит к увеличению взаимодействия металл-носитель, что в перспективе позволит повысить стабильность катализаторов конверсии шахтного метана.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект АААА-А17-117041710090-3).

Литература:

1. Ю. Н. Кузниченков Перспективы добычи сланцевого газа, шахтного метана и газа из гидратов // ГазИнформ. – 2011. – № 4. – С. 7.
2. Исмагилов И.З., Матус Е.В., Кузнецов В.В., Керженцев М.А., Mota N., Navarro R.M., Fierro J.L.G., Koekkoek A.J.J., Gerritsen G., Abbenhuis H.C.I., Захаров Ю.А., Исмагилов З.Р. // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2016. – № 13-14. – С. 13-30.
3. Ismagilov I.Z., Matus E.V., Kuznetsov V.V., Kerzhentsev M.A., Ismagilov Z.R., Mota N., Navarro R.M., Fierro J.L.G. Nanoscale control during synthesis of Me/La₂O₃, Me/Ce_xGd_{1-x}O_y and Me/Ce_xZr_{1-x}O_y (Me = Ni, Pt, Pd, Rh) catalysts for autothermal reforming of methane // Catalysis Today. – 2013. – Т. 210. – Р. 10-18.
4. Влияние состава носителя на физико-химические свойства Ni/Ce_{1-x}La_xO_y-катализаторов и их активность в реакции автотермического риформинга метана / Матус Е. В., Нефедова Д. В., Кузнецов В. В., Ушаков В. А., Столкус О. А., Исмагилов И. З., Керженцев М. А., Исмагилов З. Р. // Кинетика и катализ. – 2017. – Т. 58. – № 5. – С. 623–633.

СИНТЕЗ 1,5-бензодиазепина ИЗ 1,2-ФЕНИЛЕНДИАМИНА И АЦЕТОНА В ПРИСУТСТВИИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА основе МОНТМОРИЛЛОНИТА

Е.А. Петрова¹, М.Н. Тимофеева^{1,2}

¹Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

²Институт катализа им. Г.К. Борескова, г. Новосибирск,
katya_p_94@mail.ru

Изучены каталитические свойства каталитических систем на основе монтмориллонита в реакции синтеза 1,5-бензодиазепина из 1,2-фенилендиаминa и ацетона.

Catalytic properties of systems based on montmorillonite in synthesis of 1,5-benzodiazepine from 1,2-phenylenediamine and acetone were studied.

1,5-Бензодиазепин и его производные - важным классом биологически активных соединений, широко применяемых в медицине [1]. Одним из методов их получения является реакция циклоконденсации 1,2-фенилендиаминa с кетонами. Данная реакция может протекать в присутствии кислот Бренстеда и Льюиса. Ранее [2] нами была показана возможность применения Fe-содержащих систем на основе природной монтмориллонитовой глины в реакции циклоконденсации 1,2-фенилендиаминa (I) с ацетоном (Рисунок 1). Было показано, что скорость реакции и выход 1,5-бензодиазепина (III) зависит от количества льюисовских кислотных центров. В данной работе мы изучили зависимость скорости данной реакции и выхода (III) от природы и количества активных центров в системах на основе природной монтмориллонитовой глины (Mt). Основное внимание в работе посвящено установлению основных факторов, влияющих на каталитические свойства систем, полученных пилларированием Mt объемными Al- и Fe, Al-полигидроксикомплексами, и выяснение связей между кислотными и каталитическими свойствами данных материалов

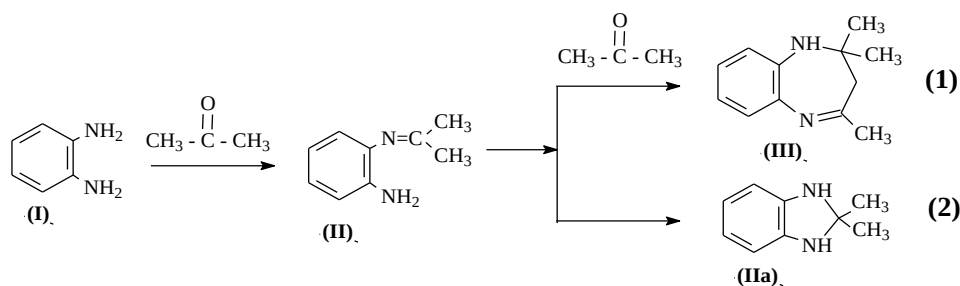


Рисунок 1 – Схема синтеза 1,5-бензодиазепина из 1,2-фенилендиаминa и ацетона

В работе использовали 1,2-фенилендиамин (99.0%, Sigma-Aldrich), ацетон (Sigma-Aldrich), метанол (Acros Organics). Пилларирование глины проводили путем обмена межслоевых катионов на объемные полиядерные Al-гидроксокатионы, полученные смешением 1M растворов NaOH и Al(NO₃)₃ (ОН⁻/Al³⁺ = 2.4 моль/моль) и «состаренных» в течение 1 и 7 дней, или Fe, Al-гидроксокатионы, полученный смешением 1M растворов NaOH и Al(NO₃)₃ и 0.01M Fe(NO₃)₃ (ОН⁻/(Al³⁺+Fe³⁺) = 2.4 моль/моль, Al³⁺/Fe³⁺ = 12/1 моль/моль) и «состаренных» в течение 1 и 7 дней, с последующим прокаливанием при 500 °С. Обозначения образцов и их химический состав приведен в таблице 1.

Реакцию конденсации ацетона с (I) проводили в стеклянном термостатированном реакторе, снабженном мешалкой и обратным холодильником. Перед каждым

экспериментом катализаторы прокаливали при 150 °С в течение 2 ч для удаления адсорбированной воды. В реактор загружали 0.1 г (I), 0.25 мл ацетона, 4 мл метанола в качестве растворителя и 0.010 г катализатора. Реакцию проводили при 30...50 °С. Через определенные интервалы брали пробы и анализировали их методом ГЖХ.

Согласно полученным данным хорошо видно, что в процессе замещения межслоевых катионов Ca^{2+} полиядерными Al-гидроксокомплексами в процессе пилларирования приводит к увеличению содержания Al в составе Mt. Кроме того, по данным РФА введение в структуру глина объемного полиядерного катиона способствует увеличению межслоевого расстояния с 12.6 до 18.4 Å. Время «старения» $\text{OH}^-/\text{Al}^{3+}$ -раствора, используемого для пилларирования Mt, так же является важным параметром регулирования химического состава и текстурных характеристик Mt. С увеличением времени «старения» растворов с 1 до 7 дней содержание Al в глине возрастает с 15.76 до 20.29 масс.%. Это явление может быть связано с формированием более крупных полиядерных Al-катионов в процессе «старения» $\text{OH}^-/\text{Al}^{3+}$ -раствора, которые в большей степени препятствуют смыканию силикатных слоев Mt при ее прокаливании. Аналогичные зависимости наблюдаются и в случае пилларирования глины $\text{OH}^-/(\text{Fe}^{3+}+\text{Al}^{3+})$ -раствором (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав Al-Mt и Fe,Al-Mt материалов

	Химический состав (масс.%)				d_{001} (Å)
	Si	Al	Fe	Ca	
Mt	34.94	5.23	0.60	2.75	12.6
Al-Mt-1d	30.49	15.76	0.64	0.74	18.4
Al-Mt-7d	31.09	20.29	0.64	0.75	18.5
Fe,Al-Mt-1d	35.44	20.79	2.28	0.76	18.3
Fe,Al-Mt-7d	29.37	24.77	2.42	0.78	18.7

Каталитические свойства Al-Mt и Fe,Al-Mt материалов, модифицированных кислотой, были изучены в реакции циклоконденсации (I) с ацетоном (Рисунок 1) в растворе метанола при 26-50 °С. Согласно полученным данным реакция эффективно протекает в растворе метанола при 26 °С, мольном отношении ацетон/(I) равном 2.5 и 5 масс.% (в расчете на (I)) (Таблица 2). Основными продуктами реакции были 1,5-бензодиазепин (III) и диимин (II). Кроме того, в небольшом количестве наблюдалось образование дигидробензимидазола (IIa).

Таблица 2 – Каталитические свойства Al-Mt и Al,Fe-Mt материалов

	Время, (мин)	Конверсия (I) (%)	Селективность, (%)		
			(II)	(IIa)	(III)
Al-Mt-1d	60	65.7	53.7	10.6	35.7
	120	76.7	44.5	8.6	46.7
Al-Mt -7d	60	77.6	29.0	4.9	65.9
	120	90.8	26.9	3.7	82.5
Al,Fe-Mt-1d	60	61.7	60.5	12.1	27.2
	120	76.9	48.5	11.0	40.3
Al,Fe-Mt-7d	60	73.2	46.4	9.3	44.1
	120	88.5	28.8	4.6	66.4

Условия реакции: 0.1 ммоль (I), 0.25 ммоль ацетона, 5 мг катализатора, 4 мл MeOH, 35 °С, 120 мин .

Время «старения» растворов для пилларирования Mt растворов влияет на активность материалов Al-Mt и Al,Fe-Mt материалов (Таблица 2). Так, за 120 мин реакции конверсия (I) возрастает с 65.7 до 90.8 % с увеличением времени старения с 1 до 7 дней. Выход (III) также возрастает с увеличением времени «старения» с 38.2 до 82.5 %. Эта тенденция согласуется с изменением величины Al в Mt (таблица 1). Подобный эффект наблюдается и для образцов Fe,Al-Mt. Конверсия (I) и выход (III) также возрастают с увеличением времени старения от 1 до 7 дней.

В таблице 3 представлены результаты сравнения каталитических свойств Al-Mt-7d и Al, Fe-Mt-7d материалов с Fe-содержащими материалами, изученными в литературе [2-3]. Хорошо видно, что при проведении реакции в отсутствие растворителя, при 50 °C и мольном соотношении ацетон/(I) 4.0 за 5ч реакции выход (III) в присутствии Al-Mt-7d и Al,Fe-Mt-7d достигает 81 и 79%, соответственно. Их активность выше, чем у Fe₃₀,Si-Mt, что, вероятно, может быть связано с появлением в их структуре новых кислотных центров, образованных Al³⁺ ионами. По своей активности эти материалы также превосходят активность микропористых никельфосфатных молекулярных сит 6,5%Fe-VSB-5. Однако они несколько уступают активности мезопористым материалам - мезопористому мезофазному силикатному материалу 1,7%Fe-MMM и металлорганическому координационному полимеру MIL-100(Fe).

Таблица 3 – Каталитические свойства Al-Mt-7, Al,Fe-Mt и Fe-содержащих материалов в реакции циклоконденсации 1,2-фенилендиамина с ацетоном

	Al-Mt-7d	Fe,Al-Mt-7d	Fe ₃₀ ,Si-Mt	6.5%Fe-VSB-5	1.7%Fe-MMM	MIL-100(Fe)
Выход (III), (%)	81	79	73	64	86	88
D _{кан} (Å)	18.5	18.7	13.7	8.8	30	28-29

^a 0.1 ммоль (I), 0.4 ммоль ацетона, 0.02 г катализатора, 50 °C, 5 ч.

Различие в активностях хорошо согласуется с различием текстурных свойств данных систем. Активность каталитических систем возрастает с увеличением диаметра канала в материале (Таблица 3). В материалах с небольшим диаметром канала затруднена диффузия реагентов к активным центрам, а так же удаление продуктов реакции из пор.

Литература:

1. Schutz H. In benzodiazepines. Springer: Heidelberg, Germany, 1982
2. B. González, R. Trujillano, M. A. Vicente, A. Gil, V. N. Panchenko, E. A. Petrova, M. N. Timofeeva, Two synthesis approaches of Fe-containing intercalated montmorillonites: Differences as acid catalysts for the synthesis of 1,5-benzodeazepine from 1,2- phenylenediamine and acetone, Appl. Clay Sci., 146 (2017) 388-396
3. Timofeeva M.N., Prihod'ko S.A., Makarova K.O., Malyshev M.E., Panchenko V.N., Ayupov A.B., Jhung S. H. Iron-containing materials as catalysts for synthesis of 1,5-benzodiazepine from 1,2-phenylenediamine and acetone / M.N. Timofeeva, S.A. Prihod'ko, K O. Makarova, M.E. Malyshev, V.N. Panchenko, A.B. Ayupov, S. H. Jhung // React. Kinet., Mech. Catal.2017. N 121. P. 689–699

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНОЛА В ФОРМАЛЬДЕГИД В МИКРОКАНАЛЬНОМ РЕАКТОРЕ С ПРЯМОУГОЛЬНЫМИ КАНАЛАМИ

П.Г. Корчёмкина^{1,2}, Н.В. Верниковская^{1,2}, В.А. Чумаченко¹

¹ Институт катализа СО РАН, Новосибирск

² Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск,
polishka25@mail.ru

Скорости тепло- и массопереноса в микроканальных реакторах (МКР) на 1-2 порядка выше, чем в традиционных каталитических реакторах. Это обеспечивает эффективный отвод тепла, снимает ограничения, диктуемые условиям безопасности производства. Работа посвящена математическому моделированию процесса окисления метанола в формальдегид в МКР с прямоугольными каналами. Безопасное осуществление реакции в МКР при высоких концентрациях метанола позволяет значительно увеличить производительность единицы объема катализатора по формальдегиду. Исследовано влияние параметров на характер температурных и концентрационных полей в газовой и твердой фазах; показано, что увеличение линейной скорости газа приводит к росту коэффициентов межфазного тепло- и массопереноса вблизи входа в канал, а на выходе из канала коэффициенты практически не изменяются, и разница в значениях температуры и концентрации в твердой и газовой фазах не уменьшается. Смещение зоны максимальных температур к выходу из канала и увеличение концентрации метанола на выходе объясняется снижением времени контакта при увеличении линейной скорости. При значительном увеличении коэффициентов тепло- и массопереноса влияние внешнEDIффузионного торможения становится несущественным.

The rates of mass- and heat transfer in microchannel reactors (MCR) are 1-2 orders of magnitude higher than those in conventional catalytic reactors. This ensures effective heat removal, helps to avoid safety restrictions and permits to operate highly exothermal catalytic processes at the increased reactant concentration. This study is devoted to mathematical modeling of methanol to formaldehyde oxidation in MCR with rectangular channels. Safe processing of the reaction in MCR at high methanol concentration makes it possible to reach considerably high specific formaldehyde productivity per unit volume of the catalyst. The influence of parameters on both temperature and concentration distributions in gas and solid phases is investigated. It is shown that the increase of linear velocity leads to the growth of interphase heat- and mass transfer coefficients near the channel inlet, while these values remain unchanged near the channel outlet. The zone of maximum temperatures is shifted towards the channel outlet, and methanol conversion is decreased at the outlet, this may be explained by decrease of residence time with the velocity increase. When the heat- and mass transfer coefficients are substantially high, the influence of external diffusion may be neglected.

Формальдегид является важнейшим продуктом органического синтеза, благодаря высокой реакционной способности он широко применяется в производствах фенолоформальдегидных смол, карбамидоформальдегидных смол и концентратов, пентаэритрита, уротропина и многих других продуктов. В промышленности формальдегид получают путем окисления метанола на серебряных или на оксидных железомолибденовых катализаторах. В традиционных трубчатых реакторах процесс проводят при концентрации метанола в смеси 6.5–7 % об., что ниже нижнего предела взрываемости, однако ограничивает производительность катализатора. 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. Поэтому в МКР процесс может быть реализован при больших концентрациях метанола, это позволит увеличить производительность катализатора по формальдегиду.

Цель работы – исследование влияния линейной скорости реакционной среды на интенсивность межфазного тепло- и массопереноса в МКР, состоящем из пакета пластин с прямоугольными каналами, и связанные с этим различия температурных и концентрационных полей в газовой и твердой фазах.

Математическая модель, описывающая стационарный каталитический процесс окисления метанола в формальдегид в МКР, учитывает двухфазность системы (твердая фаза – пластины, в объем которых введен измельченный до порошкообразного состояния промышленный железо-молибденовый катализатор, газовая фаза – реакционная смесь в каналах между пластинами), конвективный тепло- и массоперенос в газовой фазе, тепло- и массообмен между газовой и твердой фазами, реакцию в твердой фазе, теплопроводность твердой фазы, теплообмен реактора с печью [1].

Предполагается, что все каналы находятся в идентичных условиях, поэтому рассматривается одна ячейка, состоящая из одного канала и окружающей его твердой фазы, равной полутолщине пластины с нижней и верхней стороны канала и полутолщине промежутка между каналами с боковых сторон. При моделировании учитывалось изменение коэффициентов тепло- и массообмена между газовой и твердой фазой по длине канала [2]. Кинетические уравнения скоростей реакций на промышленном железо-молибденовом катализаторе были взяты из работы [3].

Расчеты процесса проводились при следующих параметрах: входная температура 250 °С температура печи 320 °С, длина канала 0.04 м, входная концентрация метанола 0.065 мол. долей, линейная скорость (U) варьировалась.

На рис. 1 представлены профили изменения коэффициентов тепло- и массообмена по длине канала реактора. На входном участке канала значения коэффициентов значительно выше, чем в остальной части канала, что может быть объяснено изменением режима течения реакционной смеси с турбулентного на ламинарный.

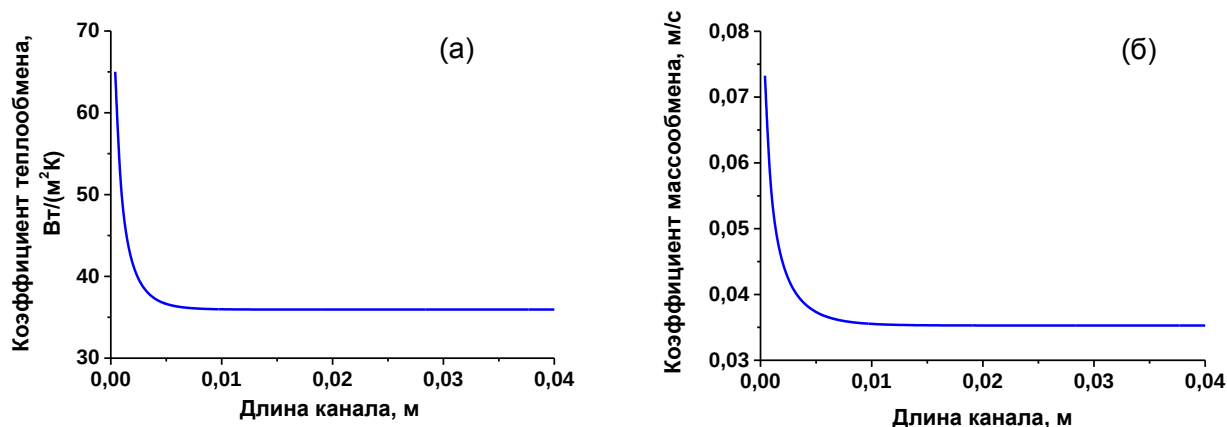


Рисунок 1 – Изменение коэффициента теплообмена (а) и массообмена (б) по длине канала при $U = 0,14$ м/с.

На рис. 2 приведены профили температуры и концентрации метанола по длине канала в газовой фазе и в твердой фазе. Реакция протекает в твердой фазе, поэтому температура

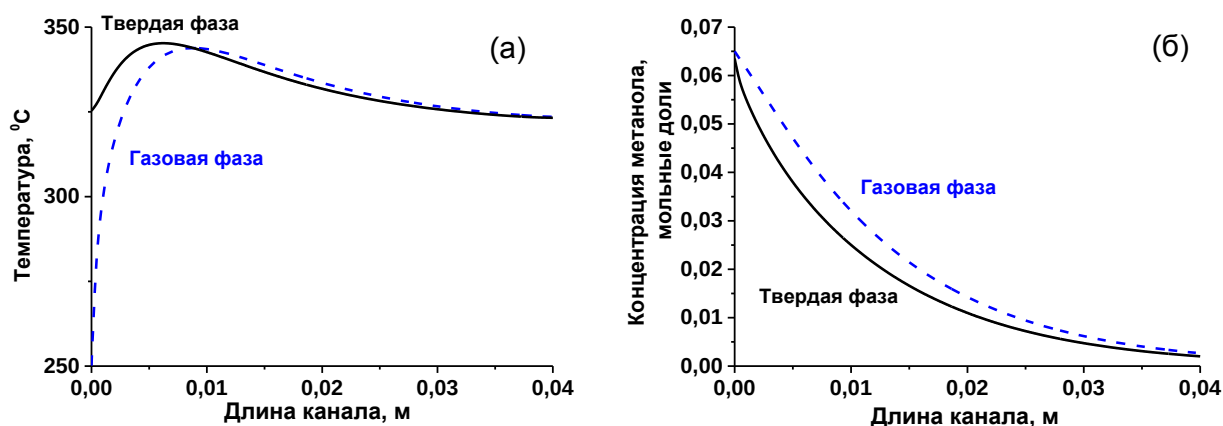


Рисунок 2 – Профили температуры (а) и концентрации (б) в газовой и твердой фазах по длине канала при $U = 0.14$ м/с.

этой фазы во входном участке канала выше, чем температура газовой фазы. Затем за счет теплообмена температуры обеих фаз становятся близкими, и в конце канала значение температуры выходит на установленную температуру печи. Концентрация метанола в твердой фазе снижается сильнее, чем в газовой фазе, так как реакция протекает на катализаторе.

При увеличении линейной скорости более, чем в 2 раза ($U=0.34$ м/с) коэффициенты тепло- и массообмена увеличиваются на входе примерно в 1.4 раза, оставаясь такими же на выходе из канала. Разница в значениях температуры и концентрации в твердой и газовой фазах не уменьшается, зона максимальных температур смещается к выходу из канала и концентрация метанола на выходе выше, чем при меньшей линейной скорости (Рисунок 3). Объясняется это тем, что при увеличении скорости газа время контакта становится меньше, что приводит к уменьшению степени превращения метанола. При проведении расчета с увеличенной линейной скоростью и с пропорционально увеличенной длиной канала профили температуры и концентрации в газовой и в твердой фазах практически совпадают с профилями, полученными при линейной скорости 0.14 м/с и длине канала 0.04 м. Это говорит о том, что увеличение скорости очень слабо влияет на интенсивность тепло- и массопереноса, а определяющим остается время контакта.

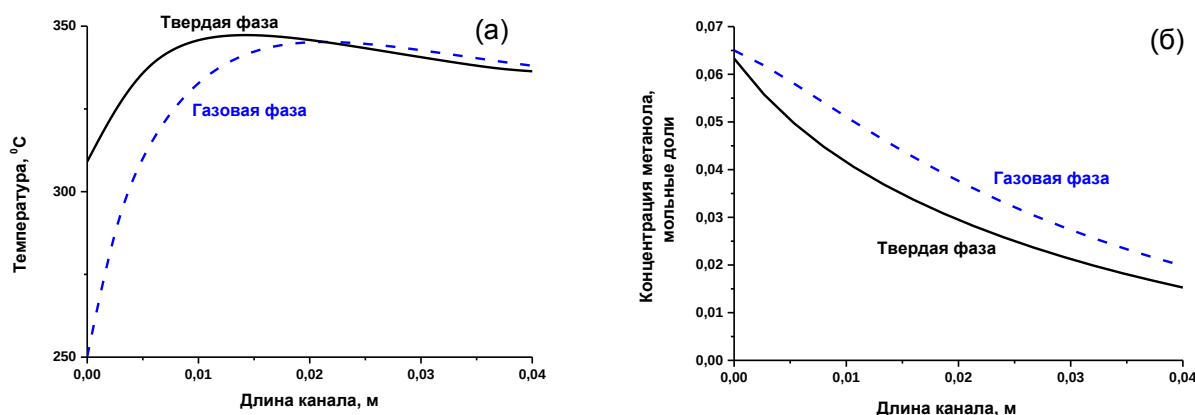


Рисунок 3 – Профили температуры (а) и концентрации (б) в газовой и твердой фазах по длине канала при $U=0.34$ м/с.

Отличия в значениях температуры и концентрации в твердой и газовой фазах сохраняются и при многократном (на три порядка) увеличении скорости одновременно с пропорциональным увеличением длины канала, хотя значение коэффициента теплопереноса на входе при этом увеличилось в 8 раз, а коэффициента массопереноса в 9 раз. Только при увеличении значений коэффициентов тепло- и массопереноса на три порядка, профили температуры и концентрации метанола в газовой фазе совпадают с профилями температуры и концентрации метанола в твердой фазе. При таком увеличении коэффициентов исчезает влияние внешнEDIффузионного торможения.

Проведенное теоретическое исследование влияния линейной скорости на коэффициенты межфазного тепло- и массопереноса и на различия в температурных и концентрационных профилях в газовой и твердой фазах в процессе окисления метанола в формальдегид в микрореакторе с прямоугольными каналами показало, что увеличение линейной скорости приводит к росту коэффициентов межфазного тепло- и массопереноса вблизи входа в канал, на выходе из канала значения коэффициентов практически не изменяются, и разница в значениях температуры и концентрации в твердой и газовой фазах не уменьшается. Увеличение концентрации метанола на выходе из канала при увеличении линейной скорости объясняется снижением времени контакта. Влияние внешнEDIффузионного торможения становится несущественным только при значительном увеличении коэффициентов тепло- и массопереноса.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект АААА-А17-117041710076-7)

Литература:

1. Сафронович Е.С. Математическое моделирование каталитических процессов в микроканальных и щелевых реакторах, обеспечивающих повышение экологической безопасности производства. Магистерская диссертация, ФЛА НГТУ, – 2017. – 65 с.
2. G. Groppi. A comparison of lumped and distributed models of monolith catalytic combustors // Chem. Eng. Sci., – 1995. – Vol. 50, No.17, P. 2705–2715.
3. Бибин В.Н., Попов Б.И. // Кинетика и катализ. – 1969. – № 10. – С. 1326–1335.

ПИРОЛИЗ УГЛЕВОДОРОДОВ НА НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРАХ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ

Р.В. Дервянко¹, А.С. Чичкань², В.В. Чесноков²

¹ Новосибирский государственный технический университет,

² Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,

rodion_pvl@mail.ru

Исследована реакция разложения гексадекана на никельсодержащих катализаторах. Процессы образования углерода и крекинга гексадекана взаимосвязаны. Скорость образования углерода из гексадекана при 500 °С значительно ниже, чем из ундекана. При повышении температуры до 700 °С резко увеличивается крекинг углеводорода. Скорости образования углерода из гексадекана и ундекана становятся одинаковыми.

The reaction of decomposition of hexadecane on nickel-containing catalysts was studied. The processes of carbon formation and cracking of hexadecane are interrelated. The rate of carbon formation from hexadecane at 500 °C is much lower than that of undecane. When the temperature is raised to 700 °C, the cracking of the hydrocarbon increases sharply. The rates of carbon formation from hexadecane and undecane become equal.

Введение

Коксование является одним из традиционных методов переработки тяжёлых нефтяных фракция. Производств нефтяного кокса в России в основном осуществляется на установках замедленного коксования. Сырьем служат тяжёлые фракции нефти (мазуты, гудроны, полугудроны), образованные в результате перегонки нефти. Использование каталитических добавок, которые могут существенно влиять на выход легких фракций, является одним из направлений усовершенствования технологии глубокой переработки тяжёлых нефтяных остатков. Как известно в процессах замедленного коксования помимо кокса образуется $C_1 - C_4$ углеводороды, бензиновая фракция и газойль. Ранее были разработаны никельсодержащие катализаторы [1], которые позволяют получать из $C_1 - C_4$ углеводородов до 300 грамм углеродных нановолокон на 1 грамм катализатора. Можно полагать, что введение таких катализаторов в сырьё приведёт к взаимодействию металлических наночастиц катализатора с высокомолекулярными углеводородами тяжёлых нефтяных остатков, что сделает возможным формирование высокоструктурированных углеродных наноматериалов. Структура и морфология углеродного наноматериала, образующегося в ходе каталитического процесса, должна влиять на последующую кристаллизацию и графитизацию получаемого кокса.

Цель работы: Синтез никельсодержащих катализаторов и исследование их в реакции разложения гексадекана.

Для приготовления катализаторов NiO/Сибунит использовали мезопористый углеродный носитель марки Сибунит-3 [2]. Удельная площадь поверхности носителя составляла 480 м²/г.

Методом пропитки были приготовлены катализаторы NiO/Сибунит с содержанием оксида никеля 5 и 10 % мас.%. Образцы готовили следующим образом: 5 г Сибунита и требуемое количество нитрата никеля $Ni(NO_3)_2 \cdot H_2O$, растворенного в 20 мл дистиллированной воды, помещали в стакан. После 10-минутной пропитки образец высушивали на магнитной мешалке с подогревом, затем прокаливали в муфеле при температуре 280 °С в течении получаса. Методом механохимической активации исходных порошков гидраргиллита и оксида никеля был синтезирован 85% Ni/Al₂O₃ катализатор.

Синтезированные катализаторы были изучены в реакции образования углерода в процессе пиролиза C_6 – C_{16} алканов.

Кинетику образования углеродных отложений из C_6 – C_{16} алканов на катализаторах исследовали по увеличению массы катализаторов непосредственно в ходе опыта в проточном кварцевом реакторе с весами Мак – Бена [3]. Точность измерения массы - $\pm 10^{-4}$ г. Вначале эксперимента образец нагревали в токе аргона до требуемой температуры, после чего вместо аргона подавали реакционную смесь.

На рис. 1 представлены экспериментальные данные по зауглероживанию катализатора 5% NiO/Сибунит в среде углеводородов, разбавленных аргоном при 500 °С. Видно, что скорость отложения углерода на катализаторе 5% NiO/Сибунит из гексадекана значительно ниже, чем из гексана или ундекана.

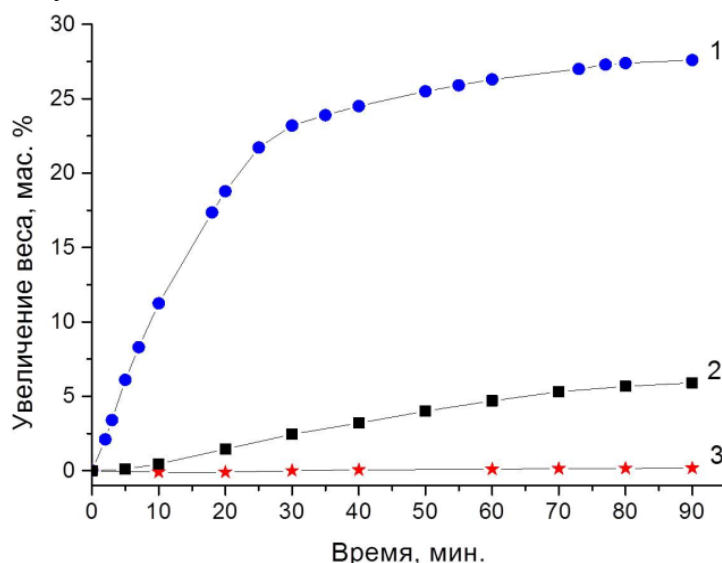


Рисунок 1 - Кинетические кривые образования углерода из гексана (1), ундекана (2) и гексадекана (3) на катализаторе 5%NiO/Сибунит при температуре 500 °С.
Концентрация углеводородов в аргоне – 0,6 моль %.

Проведенные нами эксперименты показали, что повышение температуры реакции приводит к значительному увеличению скорости образования углеродных нановолокон из ундекана и гексадекана (рис. 2).

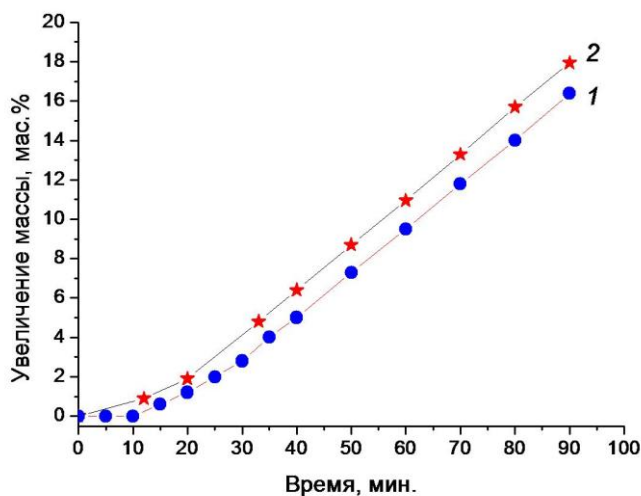


Рисунок 2 – Образование углеродных нанонитей из аргоно-углеводородных смесей на 85%Ni/Al₂O₃ катализаторе из ундекана (1) и гексадекана (2) при температуре 700°С
Концентрация ундекана или гексадекана - 0,6 об. %

Проведено исследование морфологии и структуры углеродных отложений, образовавшихся из гексадекана на катализаторе 10% NiO/Сибунит. На рис.3 представлена электронно - микроскопическая фотография углеродных отложений, образовавшихся при температуре 600 °С. Видно, что диаметр углеродных нановолокон, варьируется в диапазоне 15...40 нм.

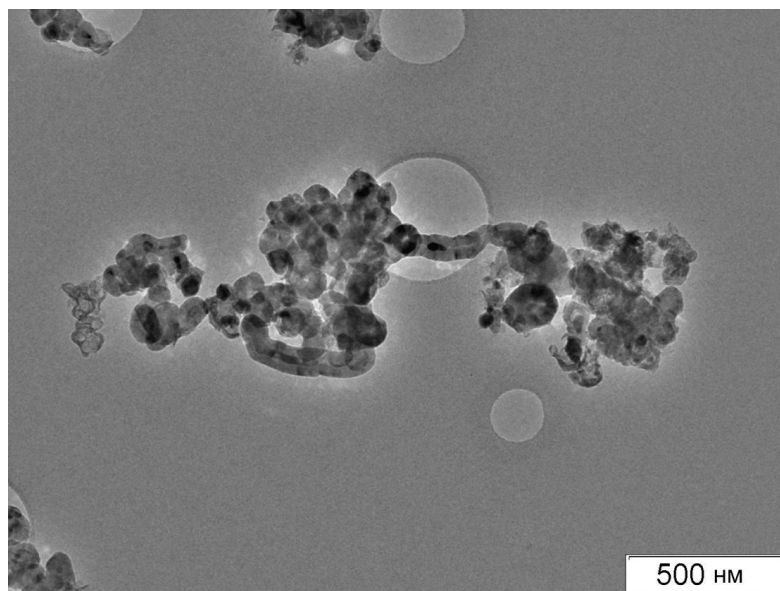


Рисунок 3 – Электронно-микроскопический снимок углеродных нановолокон, образовавшихся на катализаторе 10%NiO/Сибунит при пиролизе гексадекана при температуре 600 °С.

Выводы:

- Методом пропитки были приготовлены образцы катализаторов NiO/Сибунит, с содержанием нанесенных оксидов 5 и 10 мас.%. Методом механохимической активации синтезирован 85%Ni/Al₂O₃.
- Исследовано образование углерода на приготовленных образцах в реакции пиролиза высокомолекулярного парафинового углеводородов при температурах 500, 600 и 700 °С.
- Установлено, что отложение углерода из C₆-C₁₆ углеводородов происходит на металлическом никеле при температурах 500...700 °С.
- Показано, что с увеличением температуры реакции диаметр углеродных нановолокон растет от 15 до 70 нм.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда – проект № 17-73-30032.

Литература:

1. Буянов Р.А., Чесноков В.В. О механизме образования углеродных нанонитей при каталитическом разложении углеводородов на металлах подгруппы железа // Катализ в промышленности. 2006. № 2. С. 3-15.
2. Плаксин Г.Н. Пористые углеродные материалы типа сибунит // Химия в интересах устойчивого развития. 2001. Т. 9. С. 609-620.
3. Чесноков В.В., Чичкань А.С., Пармон В.Н. Образование углерода из высокомолекулярных углеводородов на металлах подгруппы железа, нанесенных на углеродный носитель Сибунит // Катализ в промышленности. 2018. т. 18. № 1. С. 67-73.

ГЛУБОКОЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ФЕНОЛА В ПРИСУТСТВИИ КАТАЛИЗАТОРОВ НАНОЧАСТИЦ РУТЕНИЯ, НАНЕСЕННЫХ НА МОДИФИЦИРОВАННЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ

О.А. Щепеткова¹, Т.Б. Медведева², А.Н. Субоч², Н.В. Громов^{1,2}

¹ Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

² Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск

Работа посвящена исследованию процесса жидкофазного глубокого окисления природных органических загрязнителей на примере модельного соединения фенола. Реакция проводилась в присутствии катализаторов, содержащих 3% наночастиц Ru, нанесенных на модифицированные азотом углеродные нанотрубки (3%Ru/МУНТ). Катализаторы и их носители исследованы рядом физико-химических методов анализа (низкотемпературная адсорбция N₂, ПЭМ, РФЭС, АЭС-ИСП) и испытаны в исследуемом процессе в гидротермальных условиях при 160 °С в атмосфере кислорода. Анализ методом ВЭЖХ реакционных смесей показал высокую активность катализаторов 3%Ru/МУНТ, а также умеренную активность носителей МУНТ. Наибольшую активность продемонстрировал катализатор 3%Ru/МУНТ, содержащий 6% азота, в присутствии которого 100% конверсия фенола достигается уже через 3 часа реакции.

The work is aimed at studying the process of liquid-phase deep wet air oxidation of phenol used as a model compound of natural organic pollutants. The reaction was carried out in the presence of catalysts based on 3% Ru nanoparticles supported on nitrogen-modified carbon nanotubes (3%Ru/MCNT). Catalysts and their carriers were studied by a number of physicochemical methods of analysis (low-temperature adsorption of N₂, TEM, XPS, ACP) and tested in the process under study under hydrothermal conditions at 160 °C under oxidative atmosphere. Analysis by HPLC of reaction mixtures showed a high activity of catalysts 3%Ru/MCNT, as well as moderate activity of MCNT carriers. The most activity was demonstrated by the catalyst of 3%Ru/MCNT containing 6% nitrogen, in the presence of which 100% phenol conversion is achieved after 3 hours of reaction.

Среди экологически опасных веществ, попадающих в водоемы в результате хозяйственной деятельности человека, особое место занимают фенол и его производные – трудноокисляемые органические вещества, применяемые в промышленности. Фенол и его производные не очищаются традиционными методами очистки сточных вод ввиду их высокой токсичности [1]. Альтернативный способ обезвреживания стоков от трудноокисляемых органических соединений, в том числе фенола, – жидкофазное окисление кислородом воздуха («Wet air oxidation»). В качестве катализаторов широко используются гомогенные и твердые катализаторы. Для достижения высокой активности и устойчивости к образованию углеродистых отложений катализаторы модифицируют небольшим количеством благородных металлов (Ru, Pt, Pd), нанесенных на углеродные носители. Причем Ru-содержащие катализаторы наиболее перспективны в данном процессе. При создании эффективных катализаторов Ru/C большое внимание уделяется путям их модификации с целью повышения активности. Допирование углеродных материалов азотом позволяет управлять электронными свойствами поверхности ряда

углеродных материалов [2], а использование модифицированных азотом углеродных материалов позволяет увеличить активность каталитических систем в реакциях окисления [3].

Целью настоящей работы является систематические исследования по созданию эффективных катализаторов окисления фенола, а именно приготовление, физико-химические исследования и испытания в исследуемом процессе катализаторов высокодисперсного рутения, нанесенного на модифицированные азотом углеродные нанотрубки (Ru/N-МУНТ).

Приготовление носителей МУНТ. Углеродные нанотрубки, допированные азотом, были синтезированы разложением этилен-аммиачной смеси на катализаторе 62Fe-8Ni- Al_2O_3 в проточном реакторе с виброожижением при 600...700 °С [4].

Приготовление катализаторов окисления фенола. Высокодисперсные катализаторы окисления фенола на основе 3 вес.% Ru, нанесенного на МУНТ, готовили методом пропитки носителей по влагоемкости водным раствором предшественника металла нитрозилнитрата рутения $\text{Ru}(\text{NO})(\text{NO}_3)_3$ с последующим восстановлением предшественника катализатора в токе водорода при 300 °С.

Физико-химические методы исследования катализаторов.

Физико-химические свойства катализаторов исследовали комплексом методов (низкотемпературной адсорбции азотом, РФЭС, атомно-эмиссионной спектроскопии, просвечивающей электронной микроскопией).

Испытание катализаторов проводили в автоклаве высокого давления (Autoclave Engineers, USA) при интенсивном перемешивании (1500 об/мин), температуре и в окислительной атмосфере воздушной смеси, содержащей 20% O_2 и 80% N_2 . В ходе реакции из автоклава периодически (0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5 и 6 ч) отбирали пробы реакционной смеси для анализа общего органического углерода (ООУ) (Analytik Jena Multi N/C 2100, Германия) и методом ВЭЖХ (хроматограф Милихром А02 (ООО «ЭкоНОВА», Новосибирск, Россия).

Для проведения исследований по жидкофазному окислению кислородом воздуха модельного органического загрязнителя фенола приготовлены четыре углеродных носителя, представляющих собой модифицированные азотом нанотрубки. Содержание азота в образцах составляло 0, 2, 3 и 6 вес.%. На поверхность носителей наносился высокодисперсный металлический рутений в количестве 3 вес.%.

Приготовленные носители N-МУНТ и катализаторы Ru/N-МУНТ были исследованы рядом физико-химических методов анализа (низкотемпературная адсорбция N_2 , ПЭМ, РФЭС, АЭС-ИСП).

Текстурные характеристики всех образцов были исследованы методом низкотемпературной адсорбции азота. Наблюдается обратная пропорциональность между содержанием азота в структуре носителя и величинами текстурных параметров. Нанесение наночастиц рутения на N-МУНТы не приводит к существенным изменениям удельной поверхности, в то время как величины среднего диаметра и объема пор меняется разнонаправлено.

Исследование N-МУНТов методом ПЭМ показало, что синтезированные носители представляют собой однородные по структуре бамбукоподобные трубки с диаметром 13-16 нм и длиной до 1-2 мм, в отличие от образца нанотрубок, немодифицированных азотом, средний диаметр которых составляет 8 нм.

Исследование носителей методом РФЭС показало, что спектры C1s полученных МУНТ и N-МУНТ имеют структуру, характерную для углеродных нанотрубок. Анализ данных РФЭС показал, что для Ru/МУНТ и Ru/N-МУНТ основным является состояние рутения с энергии связи порядка 462.6-462.9 эВ, что соответствует величинам энергий для высокоэнергетических наночастиц.

Методом РФЭС также подтверждено наличие в структуре МУНТов железа. Присутствие этого металла в составе углеродного материала объясняется тем, что синтез МУНТов проводился на катализаторе, в состав которого входит большое количество железа. Несмотря на то, что синтезированные МУНТ и N-МУНТ тщательно отмывались соляной кислотой на стадии подготовки к испытаниям, полностью удалить Fe из МУНТ не удалось.

Разработанные катализаторы и их носители испытаны в процессе жидкофазного окисления фенола кислородом воздуха.

В холостом эксперименте наблюдается очень медленное окисление фенола. За 6 часов реакции израсходовано ~15% субстрата. Глубина окисления фенола также оказалась невысокой.

Анализ методом ВЭЖХ реакционных смесей, полученных в присутствии как Ru/МУНТ, так и Ru/N-МУНТ катализаторов, выявил уменьшение концентрации фенола уже в нулевой точке (70-80 %), а в течение 30 минут концентрация фенола снижалась до 27-48%. Через 3 ч конверсия фенола составляет уже более 95 % и достигает практически 100% по окончании экспериментов (рис. 1). Вместе с тем баланс ООУ после 6 ч составляет 25-30%, свидетельствуя о неполном протекании глубокого окисления органического субстрата и интермедиатов реакции в диоксид углерода и воду. В целом следует отметить, что активности 3%Ru-содержащих катализаторов довольно близки друг другу, а каталитическая система 3%Ru/6%N-МУНТ оказалась несколько активнее других Ru-содержащих образцов.

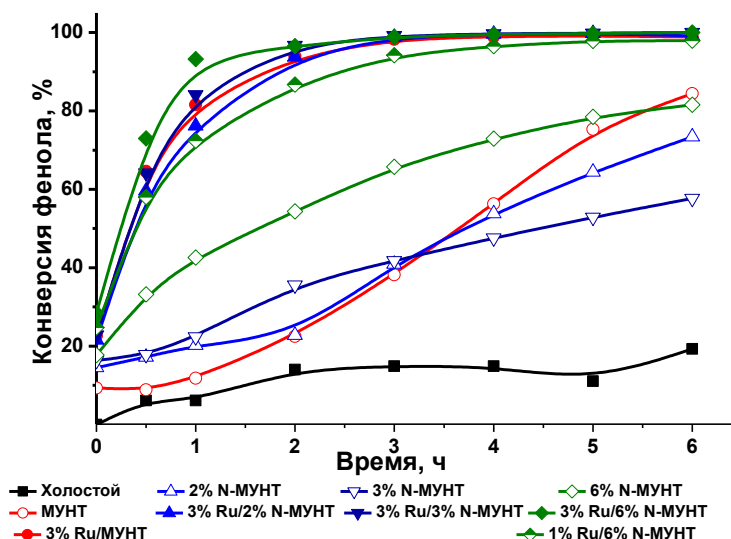


Рисунок 2 – Кинетические кривые окисления фенола кислородом воздуха в присутствии углеродных катализаторов

При разработке новой каталитической системы очень важным параметром является стабильность катализатора в реакционных условиях в нескольких циклах процесса. Цикловые испытания в данной работе были проведены в присутствии наиболее активного катализатора 3%Ru/6%N-МУНТ. Этот образец был повторно испытан в реакции окисления фенола. Оказалось, что активность 3%Ru/6%N-МУНТ снижается при повторном испытании. Так, через 1 ч концентрация фенола во II цикле в пять раз выше по сравнению с I циклом. Конверсия ООУ во II цикле ниже на 10-20 %, чем в I цикле.

Таким образом, в работе проведено исследование процесса жидкофазного окисления органических загрязнителей кислородом воздуха на примере загрязнителя фенола. Использовались катализаторы на основе 3% наночастиц Ru, нанесенного на модифицированные азотом углеродные нанотрубки (3%Ru/МУНТ), так же исследовались носители без содержания металла. Изучено 4 образца катализаторов, содержащих по 3 вес.% Ru и отличающихся содержанием азота в структуре нанотрубок (0, 2, 3 и 6 вес.%). В результате проведенных исследований удалось установить, что катализаторы 3%Ru/N-МУНТ высокоэффективны в окислении фенола. Несодержащие Ru носители проявили умеренную активность в исследуемом процессе. Среди всех испытанных катализаторов наибольшую активность проявил катализатор 3% Ru/N-МУНТ, содержащий азота 6 вес.%.

Литература:

1. Autenrieth, R. L., Bonner, J.S., Akgerman, A., Okaygun, M. Biodegradation of phenolic wastes. *J. Hazard. Mater* 1991. Vol. 28(1-2), P. 29-53.
2. Ismagilov, Z., Shalagina, A., Podyacheva, O., et al. Structure and electrical conductivity of nitrogen-doped carbon nanofibers. *Carbon* 47 (2009) 1922. 2009. Vol. 47(8), P. 1922.
3. Podyacheva, O., Ismagilov, Z., Boronin, A. , et al. Platinum nanoparticles supported on nitrogen-containing carbon nanofibers. *Catalysis Today* 2012. Vol. 186(1), P. 42-.
4. Субоч, А. Н., Кибис, Л. С., Стонкус, О. А. , et al. Синтез и исследование многостенных углеродных нанотрубок, допированных азотом. *Химия в интересах устойчивого развития* 2017. Vol. 1), P. 85-91.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНОГО ЭКРАНА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НЕФТЬЮ

Д.К. Кастина, Н.И. Ларичкина, В.В. Ларичкин

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск
tarasik59@gmail.com

В работе представлены результаты модельных экспериментальных исследований разных типов защитных экранов от загрязнения почвы нефтью, включающих природные материалы и твердые техногенные отходы. Установлено, что применение защитных экранов, состоящих на 60 % из техногенных отходов, позволяет удерживать в своем составе от 3 до 5 раз больше нефти, чем почва без экрана.

The paper presents the results of model experimental studies of different types of protective screens from oil pollution of the soil, including natural materials and solid man-made waste. It is established that the use of protective screens, consisting of 60% of man-made waste, can hold in its composition from 3 to 5 times more oil than the soil without the screen.

Наблюдаемые в мире нефтяные загрязнения являются одними из основных, а порой и доминирующих антропогенных факторов комплексного характера, которые отрицательно воздействуют на все компоненты биосферы. Примерно половина их попадает в почву и подземные воды, другая половина загрязняет поверхностный сток и акватории. По степени отрицательного влияния на экосистемы нефть, нефтепродукты и нефтесодержащие отходы занимают доминирующее положение среди других видов загрязнения. В России около 800 тыс. гектар нефтезагрязненных земель, нуждающихся в восстановлении. Попадая в почву, нефть оказывает существенное влияние на биологическую активность почв и как следствие, на рост и развитие растений [1].

Ранее в работе авторов [2] была определена скорость фильтрации нефти через почву, без экрана и защищенную экраном с использованием природных материалов и техногенных отходов. Показано, что скорость проникновения нефти в верхнюю часть экрана примерно в 2 раза больше, чем в почву без экрана. Это предполагает меньшее по площади растекание нефти, и значит, меньшее загрязнение.

Целью данной работы являлось определение эффективности защитных свойств различных типов экранов, отличающихся как структурой, так и составом техногенных отходов.

В качестве компонентов различных слоев защитных экранов были выбраны: природная глина - бентонит, твердые техногенные отходы = древесные опилки, средне- и высококальциевая зола-уноса, взятая с электрофильтров различных угольных тепловых электростанций. В работе исследовались 3-х и 4-х слойные экраны, схема которых показана на рис. 1.

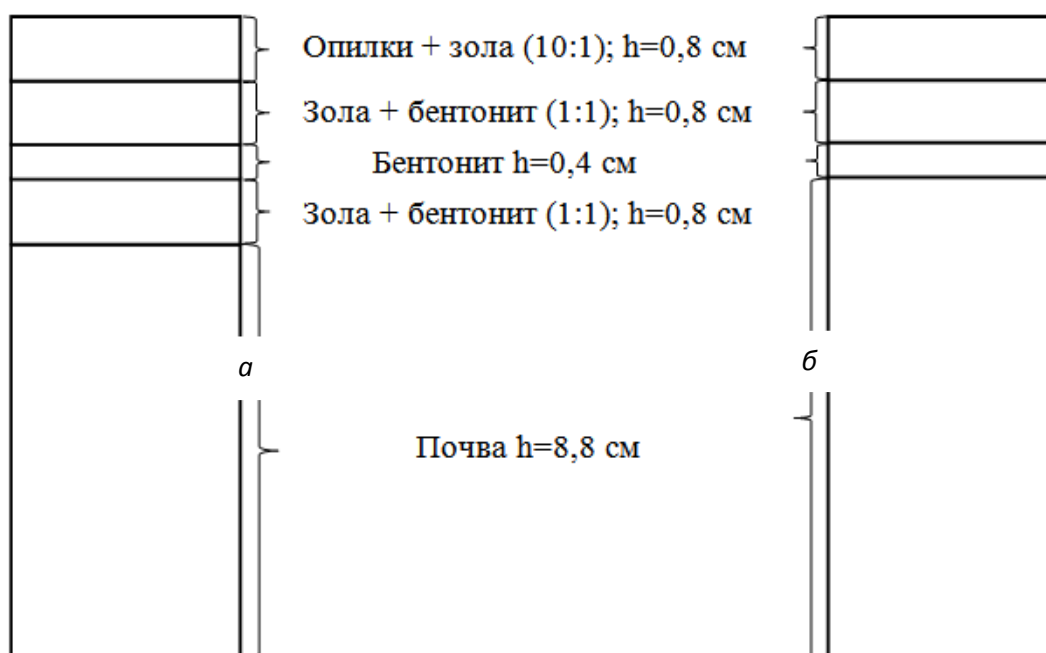


Рисунок 1 - Схема экрана для исследования эффективности проникновения нефти в почву:
а) 4-х слойная; б) 3-х слойная

Верхние слои исследованных экранов представляли собой смесь зол-уноса и древесных опилок и характеризовались высокой пористостью и проницаемостью. При создании 3-х слойных экранов вторым был слой, состоящий из смеси зол-уноса и бентонита, который вместе с третьим слоем из глины (бентонита) препятствует проникновению нефти в глубь и характеризуется низкой проницаемостью. В 4-х слойных экранах после слоя бентонита следовал добавочный слой из смеси золы-уноса и бентонита. Таким образом, предполагалось, что мощность слоя флюидоупора здесь будет больше. В таблице 1 представлены данные по составу разработанных экранов.

Объектом исследования являлась подзолистая воздушно-сухая почва и нефть низкой плотности ($\rho=0,8$ г/см³) Верх - Тарского месторождения. Эксперимент проводился как для почвы с защитным экраном (образцы № 2...5), так и без него (образец № 1) на установках, которые описаны в работе [2]. С целью определения максимальной нефтенасыщенности почвы и экрана, был проведен опыт, где фильтрация нефти отсутствовала (образец № 6).

Через каждый образец было пропущено одинаковое количество нефти (≈ 70 г). Полное насыщение нефтью определялось по достижении процесса её фильтрации через почву с экраном и без него. Количество отфильтрованной нефти, через опытные образцы показано на рис. 2.

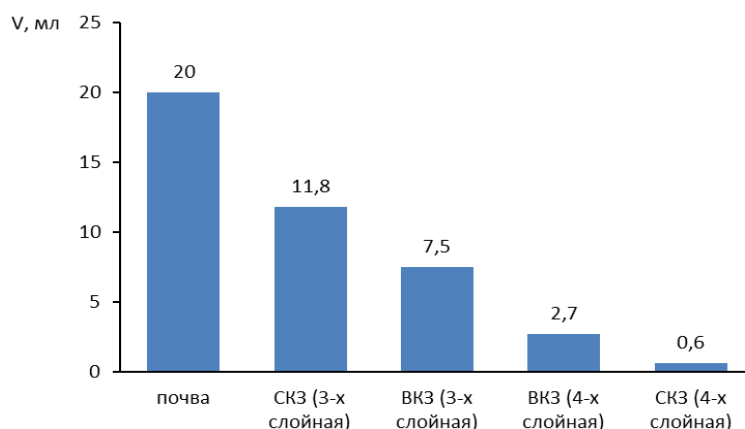


Рисунок 2 – Количество отфильтрованной нефти

Результаты исследования показывают, что максимальное количество отфильтрованной нефти отмечается в образце №1, представляющим собой почву, не защищенную экраном. Минимальное количество (0,6 г) нефти зафиксировано в образце почвы, защищенной 4-х слойным экраном с использованием среднекальциевой золы-уноса, образованной при сжигании на ТЭС каменных углей Кузнецкого бассейна. В образцах почвы, защищенных 3-х слойным экраном, количество фильтрата находится в диапазоне от 7,5 г (высококальциевая зола-уноса, образованная при сжигании на ТЭС канско-ачинских бурых углей) до 11,8 г (среднекальциевая зола-уноса). В таблице 1 результаты эксперимента приведены более подробно..

Таблица 1 – Результаты определения количества адсорбированной нефти почвой с экраном и без него

№ образца	Описание образца	Масса, г					Количество нефти (%), адсорбированной	
		почвы+экрана + нефти	почвы + экрана	нефти, адсорбированной образцом	экрана	нефти, адсорбированной экраном	образцом	экраном
1	Почва	184,1	159,3	24,8	-	-	13,5	
2	ВКЗ (3-х слойная)	220,6	183,1	37,5	26,3	14,4	17,0	48,2
3	ВКЗ (4-х слойная)	232,5	193,1	39,4	36,1	18,7	17,0	40,4
4	СКЗ (3-х слойная)	224,1	183,1	41,0	26,3	14,4	18,3	61,6
5	СКЗ (4-х слойная)	242,7	193,1	49,0	34,2	17,7	20,2	70,8

После насыщения нефтью, образцы взвешивались на тех же технических весах, что и компоненты слоев экранов и почвы.

Результаты исследований показывают, что почва при свободном просачивании может поглотить в течении 6 месяцев около 13,5 % нефти. Количество поглощенной нефти почвой с экранами другое: при использовании высококальциевой золы-уноса оно составило около

17 %, а среднекальциевой золы находится в диапазоне от 18,3 % до 20,2 %. В образце, где фильтрация нефти отсутствовала, максимальное значение нефтенасыщенности составила 18,5%. Очевидно, что использование высококальциевых зол-уноса для создания защитных экранов менее эффективно, чем среднекальциевых. Вероятно, это связано с тем, что чем выше рН, тем процесс деструкции углеводородов усиливается, особенно на поверхности защитного экрана. Поэтому в образцах с высококальциевой золой-уноса относительное содержание поглощённости нефти в 1,2 раза ниже, чем в образцах, где в качестве компонента защитного экрана использовалась среднекальциевая зола. На то, что в основном работает механизм деструкции углеводородных флюидов указывает тот факт, что разница в строении защитных экранов практически не отразилась на количестве адсорбционной нефти. Напротив, в образцах, где в состав защитных экранов входила среднекальциевая зола, количество адсорбционной нефти было выше примерно на 1,5...3 %, и оно возрастает с увеличением мощности слоя флюида.

Следует отметить, что, несмотря на достаточно длительный период (определение количества адсорбированной нефти было проведено спустя 6 месяцев после полного насыщения нефтью образцов), защитный экран способен удерживать в своем составе от 50 до 78 % (4-х слойный экран) нефти, адсорбированной почвой.

Таким образом, установлено, что существенную роль на удержании нефти защитным экраном оказывает состав золы-уноса. Экраны с использованием высококальциевой золы уноса способны удерживать около 44% нефти от их массы, что в 3,2 раза больше, чем может адсорбировать почва. При использовании среднекальциевой золы количество адсорбированной нефти составляет от 61,6 % от их массы (3-х слойный экран) до 70,8 % от их массы (4-х слойный экран), что от 4,6 до 5,2 раза больше по сравнению с тем, что может адсорбировать почва без экрана.

По результатам проведённых экспериментов можно сделать важный практический вывод: применение защитных экранов, состоящих на 60 % из техногенных отходов, позволяет удерживать в своем составе от 3 до 5 раз больше нефти, чем почвы без экрана. Поэтому комбинированные экраны из природного и техногенного сырья могут быть эффективным средством для борьбы с загрязнением почвы нефтью.

Литература:

1. Бекузарова С.А., Дулаев Т.А. Фиторемедиация нефтезагрязненных почв, [Электронный ресурс] // Library.ru: информ.-справочный портал. URL : <http://elibrary.ru/item.asp?id=29731807> (дата обращения: 10.03.2018)
2. Кастина Д. К. Разработка экрана для защиты почвы от разливов нефти / Д. К. Кастина, Н. И. Ларичкина // Наука. Технологии. Инновации: сб. науч. тр. : в 10 ч., Новосибирск, 4–8 дек. 2017 г. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. – Ч. 10. – С. 133-136.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО СОСТАВА НЕФТЕЙ ПРИ МИГРАЦИИ ИХ ЧЕРЕЗ ПОЧВУ

А.И. Циберкина, Д.С. Чупанов, В.В. Ширяева, Н.И. Ларичкина

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск,
tsiberkina@bk.ru

В работе проведена экстракция образцов почвы, загрязненных нефтью низкой плотности, подобраны условия проведения анализа на жидкостном (Agilent 1200) и газовом (Agilent 7890) хроматографах Экоаналитической лаборатории НГТУ. Изучен углеводородный состав насыщенных и полиароматических углеводородов. Показано, что при наличии защитного экрана, нефть концентрируется главным образом в нижней части экрана, состоящем из слоя низкокальцевой золы-уноса и бентонита, и выполняющей роль флюидоупора, а также в слое почвы, примыкающему к этому экрану. Напротив, в почве незащищенной экраном, нефть проникает практически на всю глубину. Установлено, что насыщенные углеводороды (метановые) мигрируют на большую глубину, чем полиароматические, миграционная способность которых во многом определяется их строением.

In this paper we present an extraction of soil samples contaminated with crude oil low density, matched the conditions of the analysis liquid (Agilent 1200) and a gas (Agilent 7890) chromatographs ecological and analytical laboratory of Novosibirsk state technical University, studied the hydrocarbon composition of saturated and polyaromatic hydrocarbons. It is shown that in the presence of a protective screen, oil is concentrated mainly in the lower part of the screen, consisting of a layer of low-calcium fly ash and bentonite, and serves as a fluidoupor, as well as in the soil layer adjacent to this screen. On the contrary, in the soil of the unprotected screen, oil penetrates almost to the full depth. It is established that saturated hydrocarbons (methane) migrate to a greater depth than polyaromatic, the migration ability of which is largely determined by their structure.

Известно [1], что нефть представляет собой сложную многокомпонентную систему, состав и свойства которой изменяются в широком диапазоне. Это насыщенные (метановые) и ненасыщенные (ароматические) углеводороды, циклического (нафтены, ароматичесие) и ациклического (метановые) типов строения, а также гетероциклические соединения, в состав которых входят атомы, серы, азота и кислорода. Проникая в почву, они по-разному взаимодействуют с ней. При этом нарушают её структуру, состав, водо- и воздухопроницаемость и резко, а порой и вовсе, снижают её плодородие [2]. В связи с этим целью данной работы являлось изучение углеводородного состава нефти, проникающей в почву, и выявление особенностей в распределение углеводородов различного состава при их миграции с глубиной.

Объектом исследования в данной работе явились экстракты углеводородов (УВ) нефти, которая использовалась для загрязнения почвы, защищенной экраном и без него [3]. Образцы почвы, загрязненные метанонафтенной нефтью Верх-Тарского месторождения, были извлечены из двух колонн. Глубина почвенного слоя в каждой колонне составляла 50 см. В одной колонне почвенный слой был защищен экраном, состоящим из природных материалов (бентонит) и техногенных отходов, а в другой такой экран отсутствовал. Отбор образцов загрязненной земли проводился через каждые 10 см. Нумерация образцов выполнялась вниз по разрезу колонн. Следует отметить, что образцы почвы, защищенной

экраном, нумеровались арабскими цифрами (1-5). В колонне, где защитный экран отсутствовал, нумерация образцов проводилась римскими цифрами (I-V). Защитный экран был поделен на две части: верхнюю и нижнюю. Верхняя часть экрана (Э-1) представляла собой слой золы-уноса смешанной с древесными опилками в соотношении 10:1. Она характеризовалась высокой пористостью и проницаемостью, выполняя роль пласта коллектора, способного адсорбировать нефть и тем самым сократить площадь разлива нефти по земле. Нижняя часть экрана (Э-2) состояла из двух слоев, а именно: слоя бентонита и слоя золы-уноса и бентонита, взятых в равных количествах. Эта часть экрана имела очень низкую проницаемость, свойственную породам флюидоупорам, которые препятствуют миграции флюидов вниз по разрезу.

Для проведения исследования по изучению изменения УВ состава нефти при миграции её через слой почвы было отобрано 6 образцов. По два образца из каждой колонны с почвой и два образца из защитного экрана (верхний экран, нижний экран). В колоннах с почвой образцы были отобраны от нулевой отметки до глубины 10 см. В колонне без экрана был отобран образец на глубине от 20 до 30 см. В колонне с защитным экраном - на глубине 40-50 см.

Из каждого образца методом квартования было взято по две пробы, масса каждой из них составляла 10 г. Экстракция метановых УВ проводилась гексаном, а полиароматических углеводородов (ПАУ) - ацетонитрилом. Объем экстрагента составил по 20 мл каждого. Экстракты отбирали в вайлы по 1 мл для проведения хроматографического анализа.

Анализ полициклических ароматических углеводородов проводился на жидкостном хроматографе «Agilent 1200», снабженным многоволновым детектором, позволяющим одновременно проводить запись хроматограмм при длинах волн в диапазоне от 190 до 950 нм. Разделение ПАУ проходило на микронасодочной колонке с полярной неподвижной фазой в течение 15 минут. Анализ проводился в изотермическом режиме, температура термостата колонки равнялась 30 °С. В качестве элюента использовалась смесь ацетонитрила и воды в соотношении 4:1. Давление элюента в системе составляло 400 psi, скорость элюента – 1 мл/мин. Объем пробы для анализа – 20 мкл. Управление работой хроматографа, запись и обработка хроматограмм осуществлялась с компьютера. Калибровка хроматографа при данных параметрах проводилась по нафталину, флюорену и рутену.

Результаты исследований представлены на рис. 1.

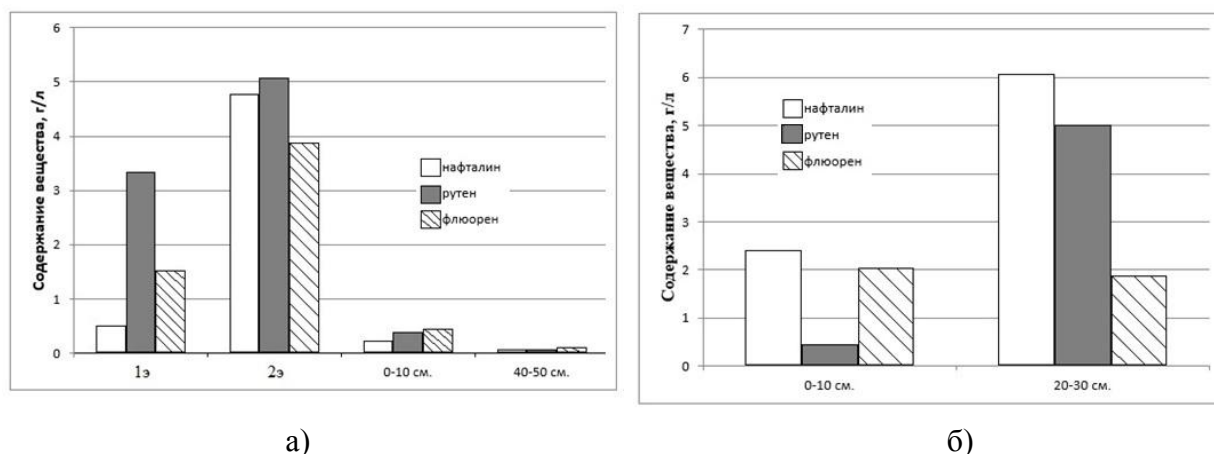


Рисунок 1 - Распределение ароматических углеводородов в почве в колонке:
а) с экраном, б) без экрана

Как видно из рисунка 1, максимальная концентрация нафталина, рутена и флюорена отмечается в нижнем слое защитного экрана. В слое почвы, примыкающей к экрану, концентрация этих компонентов снижается в 8 (флюорен) и 20 (нафталин) раз, свидетельствуя о том, что основная часть ПАУ задерживается защитным экраном. В верхнем слое почвы концентрации флюорена и рутена очень близки между собой и составляют 0,46 г/л и 0,40 г/л, соответственно. Содержание нафталина в 2 раза ниже. При распределении ПАУ по глубине содержание их резко падает в 10 и более раз, и на глубине 40...50 см эти загрязнители присутствуют в следовых количествах (менее 0,1 г/л).

В колонке без экрана результаты выглядят иначе. Здесь с глубиной содержание нафталина (в 2,5 раза) и флюорена (в 11 раз) увеличивается, что указывает на высокую миграционную способность ПАУ по разрезу почвы. Это значит, что загрязнение почвы ПАУ может происходить на всю её глубину. В результате чего частицы почвы, покрываясь нефтяной пленкой, теряют свою гигроскопичность и становятся гидрофобными. Это приводит к нарушению питания растений необходимыми для их роста веществами, и они гибнут.

При сравнении концентрации ПАУ в верхнем слое почвы, защищенной экраном, и при отсутствии его было установлено, что содержание ПАУ в почве защищённой экраном от 5 до 10 раз ниже по сравнению с почвой без экрана. Это ещё раз показывает, что экран способен защитить почву от проникновения в неё полиароматических углеводородов.

Исследование метановых углеводородов осуществлялось на газовом хроматографе Agilent 7890A с пламенно-ионизационным детектором при следующих условиях. Колонка капиллярная с неподвижной неполярной фазой HP-5; газ-носитель - азот; давление газа-носителя на входе - 5 атм, деление потока - 1:100; расход газа-носителя на колонку - 1 мл/мин., температура термостатов испарителя и детектора соответственно составляла 320 °C и 300 °C; соотношение газ-носителя, водорода и воздуха, подаваемое на детектор - 1:1:10. Анализ проб проводился при изменении температуры термостата колонки в программном режиме: начальная температура - 80 °C, конечная - 300 °C, температурный градиент - 10⁰C/мин., время изотермического участка - 30 минут. Объем пробы для исследования составлял 0,2 мкл. Общее время анализа пробы - 40 минут. Результаты исследований представлены на рисунках 2 и 3.

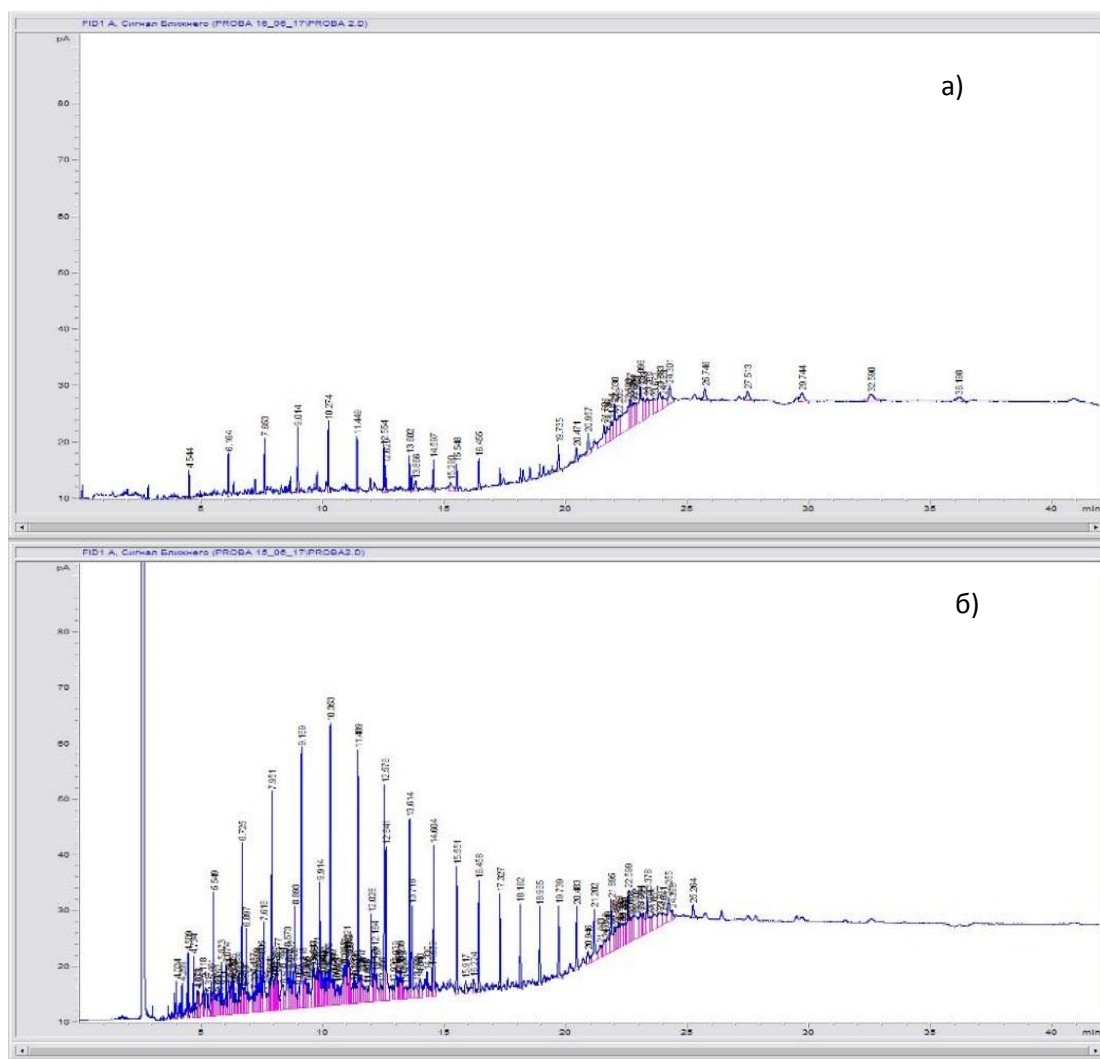


Рисунок 2 – Хроматограмма экстракта метановых углеводородов из образца почвы, отобранной из колонки без защитного экрана:
а) на глубине 10 см от поверхности почвы;
б) на глубине 20...30 см

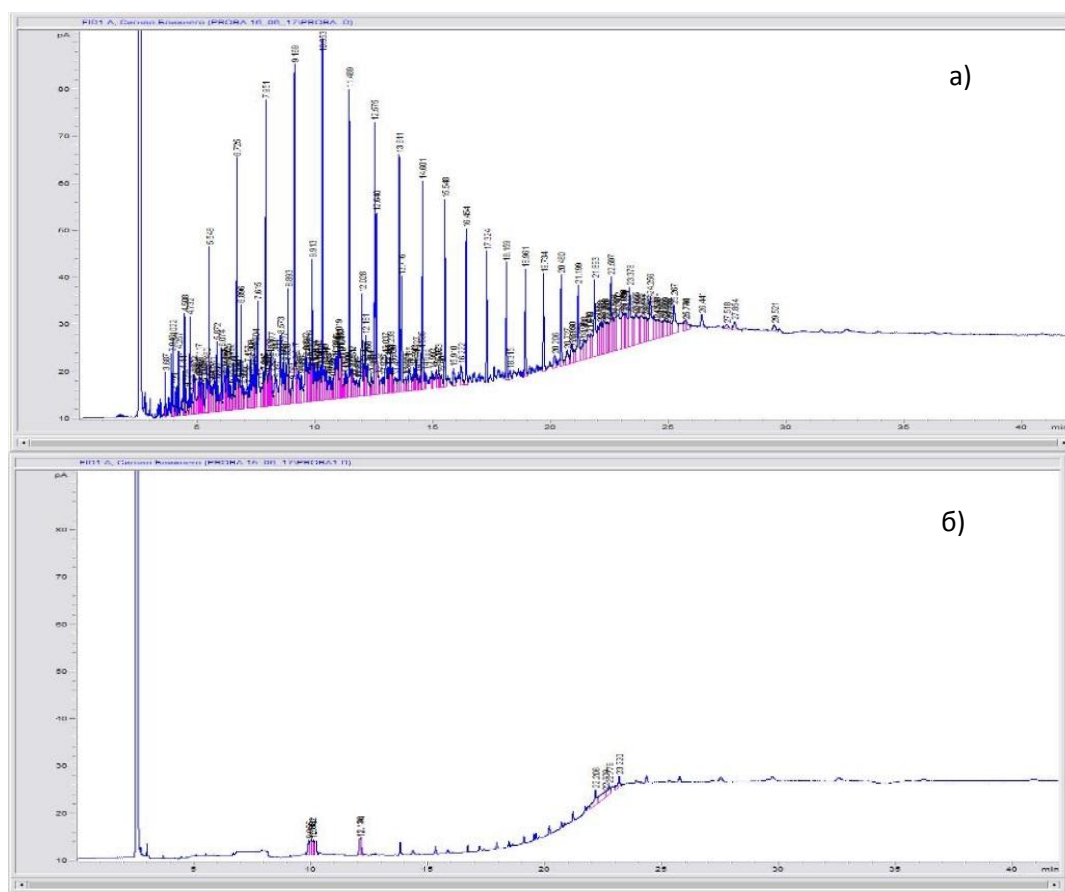


Рисунок 3 – Хроматограмма экстракта метановых углеводородов из образца почвы в гексане, отобранной из колонки с защитным экраном:

а) на глубине 10 см от поверхности почвы;

б) на глубине 40...50 см

При сравнении хроматограмм, приведенных к интенсивности (90 pA), видно, что распределение метановых углеводородов неодинаковое в слоях почвы различных колонок. Так в почве, незащищенной экраном, с увеличением глубины концентрация насыщенных углеводородов возрастает, что свидетельствует о том, что миграционная способность этих УВ высокая, и они могут мигрировать в почву на значительную глубину (рис. 2). Напротив, в колонке, где почва была защищена экраном, основная часть метановых углеводородов сконцентрировалась в слое, примыкающем к экрану (рис. 3). На глубине 40...50 см эти углеводороды присутствуют в следовых количествах.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что при наличии защитного экрана, углеводороды нефти концентрируются компонентами защитного экрана, которые, хорошо адсорбируют как метановые углеводороды, так и ПАУ, и препятствуют их проникновению в почву.

Литература:

1. Петров Ал.А. Углеводороды нефти М.: Наука, 1984. – 264 с.
2. Ковалева Е. И., Яковлев А. С., Нарышкина М. А. Анализ экосистемных функций почв и экосистемных услуг на территории объекта размещения отходов // Экология и промышленность России. — 2015. — Т. 19, № 6. — С. 24–28.
3. Кочегарова К.В., Ларичкина Н.И., Ларичкин В.В. Использование техногенных отходов для создания экранов по защите почв от разливов нефти / Наука. Промышленность. Оборона: труды XVIII Всероссийской научно-технической конференции: в 4 т. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. - С. 225 – 230.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЗОЛОШЛАКОВЫМИ ОТХОДАМИ

А.С. Песоцкий, К.П. Гусев
Научный руководитель: В.В. Ларичкин

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск
ttic9@ya.ru

В работе исследованы свойства гипсовых вяжущих, модифицированных золошлаковыми отходами. Исследуемые составы гипсовых вяжущих включали в себя гипс марки Г-5, золу уноса от сжигания канско-ачинских бурых углей в количестве от 5 до 30% по массе сухой смеси, известковое молоко. Приведены результаты испытаний стандартных образцов изделий на водопоглощение, прочность на изгиб и сжатие.

The properties of gypsum binders modified with ash and slag was investigated. The investigated compositions of gypsum binders included G-5 gypsum, fly ash from the burning of Kansk-Achinsk brown coals in an amount of 5 to 30% by weight of dry mix, lime milk. The results of tests of standard samples of products on water absorption, flexural and compression strength are given.

К отходам топливно-энергетической промышленности относятся продукты, получаемые в виде отходов при добыче, обогащении и сжигании твердого топлива. При сжигании твердых видов топлива, например, угля на ТЭС образуется зола в виде пыли и кусковый шлак. Наиболее эффективными золоуловителями являются электрофилтры, КПД которых составляет более 97 %. При этом количество улавливаемой золы-уноса превышает более 10 млн. т в год, из которых в РФ утилизируется не более 7 %.

Традиционно золошлакоудаление на российских электростанциях осуществляется посредством гидрозолоудаления (ГЗУ). При этом зола и шлак в виде водозольной пульпы насосами направляется на золоотвалы для последующего складирования [2]. На сегодняшний день на территории России накоплено огромное количество золошлаковых отходов (ЗШО) угольных электростанций, около 1,5 млрд. т [1]. Золоотвалы представляют собой серьёзную экологическую проблему для городских территорий. Они занимают большие площади, пылят, путём фильтрации вредные вещества попадают в грунтовые воды и др. В то же время ЗШО могут использоваться как один из сырьевых компонентов для строительных материалов.

Таким образом, низкий уровень утилизации ЗШО – это серьёзный барьер на пути развития угольной теплоэнергетики России. При решении комплексной задачи повышения экологичности угольных электростанций может быть выполнен переход к сухой системе отбора и транспорта шлака и золы с организацией возможности максимального отпуска товарных золошлаковых материалов потребителю [2].

В настоящее время существуют различные методики использования ЗШО. Например, их применяют в качестве сырьевых компонентов портландцементного клинкера и активных минеральных добавок при производстве портландцемента, а также композиционных зольных и шлаковых цементов. При использовании золы в качестве активной минеральной добавки большое значение имеет её гранулометрический состав. Наиболее предпочтительным является использование золы с повышенной дисперсностью, так как они содержат меньше невыгоревших частиц.

В работе ставилась задача разработки рецептуры получения вяжущего материала на основе гипсовых порошков, модифицированного добавками ЗШО и исследование механических свойств изделий из него.

Результаты экспериментальных исследований.

Эксперимент проводился в соответствии с ГОСТ 23789-79.

Стандартная консистенция (нормальная густота) характеризуется диаметром распыла гипсового теста (180 ± 5 мм), вытекающего из цилиндра при его поднятии.

Первоначальным образцом марки Г-5-0 являлся классический состав гипсового теста с пропорцией воды к вяжущему материалу 1:1,5. Остальные рецептуры (марка Г-5-Х, где Х – процентное содержание ЗШО по массе сухой смеси) были рассчитаны путем уменьшения содержания в образцах гипсового вяжущего, воды и повышения содержания золошлаковых отходов.

Образцы, в состав которых вводилась известковая вода (марка Ги-5-Х), проектировались из тех же соображений, что 10% необходимой воды заменялось на известковую. Эксперимент проводился с корректировкой объемов требуемой воды до получения необходимого диаметра распыла. Результаты разработанных составов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты подбора составов гипсового теста, отвечающего требованиям стандартной консистенции

№ п/п	Серия образцов	МАССА ЗШО, г	МАССА ГИПСА, г	МАССА ВОДЫ ЧИСТОЙ, г	МАССА ИЗВЕСТКОВОЙ ВОДЫ, г	МАССА СМЕСИ, ОБЩАЯ
1	Г-5-0	0,0	249,7	130,4	0,0	380,1
2	Г-5-5	12,6	239,7	135	0,0	387,2
3	Г-5-10	25,5	229,7	133	0,0	388,2
4	Г-5-15	38,8	219,3	132	0,0	390,0
5	Г-5-20	52,1	209,0	130	0,0	391,1
6	Г-5-25	65,8	197,4	129	0,0	392,2
7	Г-5-30	79,8	186,2	128	0,0	394
8	Ги10-5-0	0,0	249,7	92,4	38,0	380,1
9	Ги10-5-5	12,6	239,7	89,9	38,0	380,2
10	Ги10-5-10	25,5	229,7	86,9	38,0	380,1
11	Ги10-5-15	38,8	219,3	83,9	38,0	380,0
12	Ги10-5-20	52,1	209,0	81,0	38,0	380,1
13	Ги10-5-25	65,8	197,4	79,1	38,0	380,3
14	Ги10-5-30	79,8	186,2	76,0	38,0	380,0

Для проведения механических испытаний изделий из составов, приведённых в табл.1. были изготовлены образцы в виде балочек, размером 40x40x160 мм по ГОСТ 30744-2001 п.8 в количестве 10 штук каждой серии (рис. 1).



Рисунок 1 – Форма для изготовления образцов-балочек и получаемые образцы

Перед проведением испытаний образец подвергался двухчасовой сушке на свободном воздухе. Затем он устанавливался на опоры прибора для испытания на изгиб по ГОСТ 310.4-81 п.2.2 так, чтобы те грани его, которые были горизонтальными при изготовлении, находились в вертикальном положении. Предел прочности при изгибе вычислялся как среднее арифметическое результатов трех испытаний.

Полученные после испытания на изгиб шесть половинок образцов-балочек сразу же подвергались испытанию на сжатие. Половинку образца-балочки помещали между двумя пластинками таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к стенкам формы, находились на плоскостях пластинок, а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой гладкой плоскости образца. Результаты представлены на рис. 2, 3.

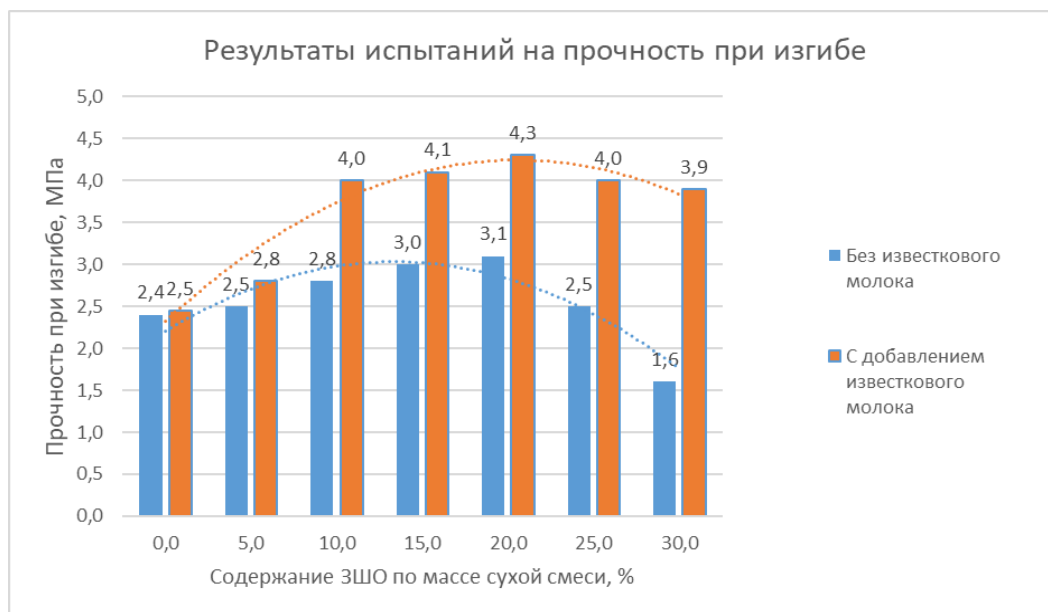


Рисунок 2 – Результаты испытаний образцов на прочность при изгибе

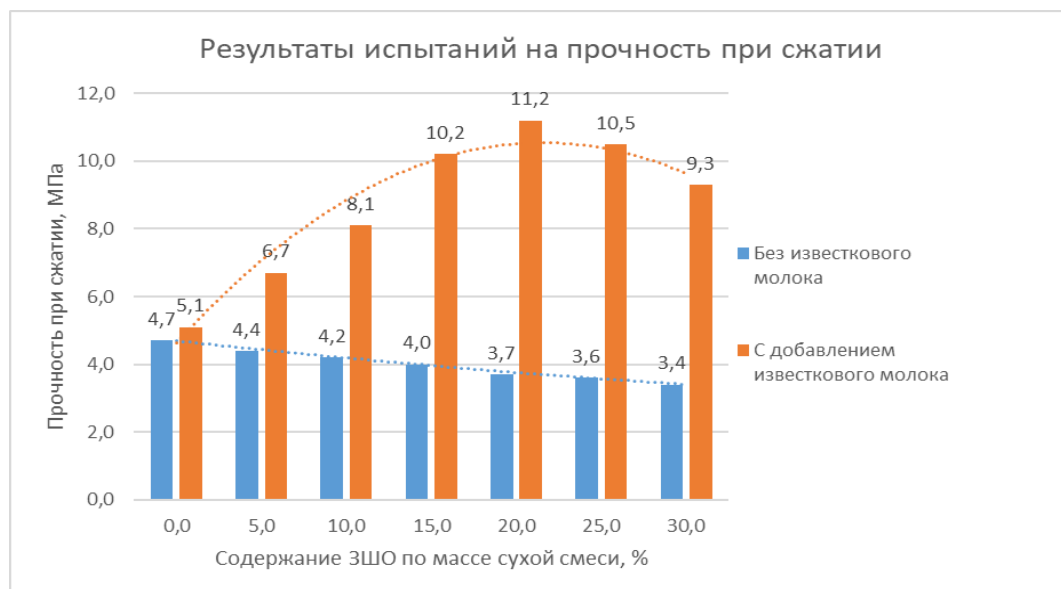


Рисунок 3 – Результаты испытаний образцов на прочность при сжатии

Водопоглощение определялось по трём образцам половинок-балочек, предварительно высушенных до постоянной массы при температуре 45...55 °С. Перед экспериментом образцы взвешивались, затем помещались в горизонтальном положении в ванну и заливались до ½ высоты водой. Через 2 часа в ванну доливали воду до полного погружения образцов и затем выдерживали их в течение 2 часов. После этого образцы извлекались из воды, обтирались влажной тканью и взвешивались. Величина водопоглощения определялась как среднее арифметическое результатов трех испытаний. Результаты представлены на рис. 4.

Установлено, что при введении ЗШО в состав гипсового теста в оптимальном количестве 20 % от массы сухой смеси в сочетании с известковым молоком происходит улучшение физико-механических характеристик готовых изделий:

- возрастает прочность на растяжение при изгибе на 23%;
- увеличивается прочность на сжатие на 58%;
- снижается водопоглощение образцов на 9,1%.

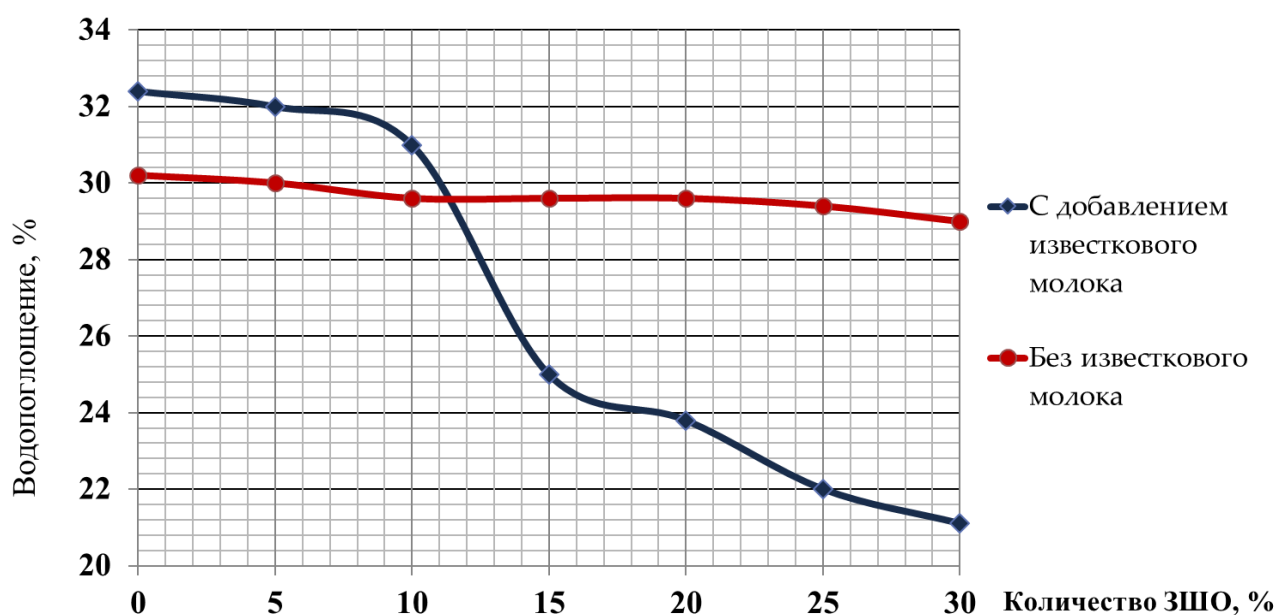


Рисунок 4 – Результаты испытаний образцов на водопоглощение

Таким образом, разработанная рецептура гипсозолошлакового вяжущего, позволяет изготавливать изделия с повышенными физико-механическими характеристиками. При этом решается экологическая проблема уменьшения объёмов накопления золошлаковых отходов.

Литература:

1. Кожуховский, И.С. Перспективы развития угольной энергетики России/ И.С. Кожуховский// Энергетик.- 2013.- № 1.- С. 2 – 11.
2. Экологические решения для российских угольных ТЭС: в Сибири внедряется крупнейшая система сухого шлакоудаления/ А.Г. Кузьмин, Д. Коппола, Г.В. Половинчиков, М.Д. Серант // Электрические станции. - 2013. - № 9. – С. 38 – 39.
3. ГОСТ 23789-79 «Вяжущие гипсовые. Методы испытаний».
4. ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии».

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРХЛЕГКИХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА

В.Е. Русаков, Д.А. Малахов, Н.А. Машкин

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск
mashkin@corp.nstu.ru

Приведены свойства неавтоклавного пенобетона с использованием экологичного наполнителя - перлитовых микросфер. Показано снижение средней плотности пенобетона, улучшение его теплофизических свойств.

Shows the properties of the non-foam concrete using eco perlite filler microspheres. Shows the decrease in average density foam, improving its Thermophysical properties.

Актуальность применения в производстве неавтоклавного пенобетона сверхлегких наполнителей, например, зольных и перлитовых микросфер связана с необходимостью максимального улучшения теплофизических свойств пенобетонных стеновых изделий при соблюдении вопросов экологической безопасности компонентов пенобетона [1].

С последнее время в литературе появилась информация о производстве перлитовых микросфер [2], которые представляют собой сферические, поликамерные, замкнутые, полые, заполненные разреженным газом микрочастицы, со средним размером 130 мкм (рис. 1). По химическому составу в основном они состоят из оксида кремния и оксида алюминия. Это экологичный, пожаробезопасный, нетоксичный, радиационно безопасный материал. Они обладают большей прочностью по сравнению с перлитовым песком, который может разрушаться даже в процессе его смешивания с растворной или бетонной смесью.

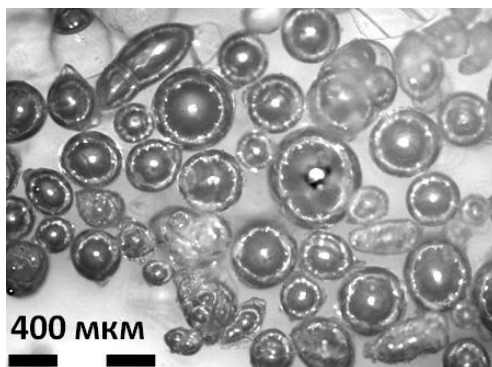


Рисунок 1 – Микросферы вспученного перлита

Цель работы: улучшение теплофизических характеристик неавтоклавного пенобетона.

Для получения пенобетона использовался портландцемент класса ЦЕМ I 42,5 (г. Искитим) со следующим минералогическим составом, мас. %: C_3S – 69, C_2S – 11; C_3A – 7; C_4AF – 13. Истинная плотность портландцемента – $3,060 \text{ г/см}^3$, насыпная плотность – $1,083 \text{ г/см}^3$. В качестве кремнеземистого заполнителя применяли кислую золу-уноса, полученную на ТЭЦ-5 г. Новосибирска от сжигания Кузнецких каменных углей. Для исследования влияния микросфер на свойства пенобетона производилось их введение взамен зольного заполнителя в количестве от 0 до 100%. Для приготовления пены использовали белковый пенообразователь «FoamСem» (Италия).

Пенобетон готовился по классической технологии [1, 3] (рис. 2) и твердел в естественных условиях в течение 28 суток. После 28 суток твердения у образцов кубиков $10 \times 10 \times 10 \text{ см}$ определялась средняя плотность, и проводилось испытание на прочность при сжатии (таблица 1).

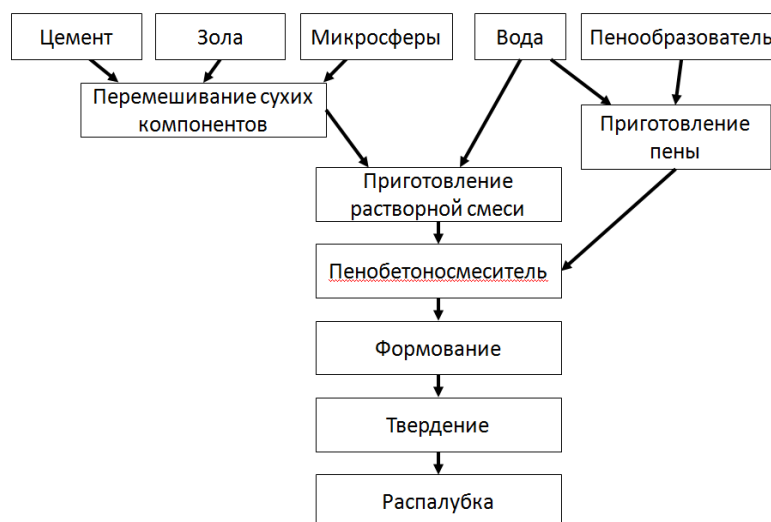


Рисунок 2 –Технологическая схема приготовления пенобетона

При введении микросфер плотность материала снижается до марки D350 (что составляет 53%). При полном замещении золы микросферами плотность достигает марки D250, при этом наблюдается достаточно равномерная пористость. Наибольшая плотность и прочность образцов наблюдается при соотношении перлита к золе 50 : 50 %.

Таблица 1 - Зависимость прочности при сжатии образцов и их плотности от количества содержания в пенобетоне микросфер перлита

№	<u>Перлит</u> Зола %	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м×°С)
1	0/100	547	1,22	0,122
2	25/75	347	0,68	0,074
3	50/50	383	1,04	0,079
4	75/25	313	0,70	0,069
5	100/0	258	0,56	0,062

Введение перлитовых микросфер в пенобетон позволяет снизить плотность материала до марки D350. При полном замещении золы микросферами плотность достигает марки D250.

Впервые установлено, что при полной замене золы на перлитовые микросферы в пенобетоне его коэффициент теплопроводности понижается до 0,062 Вт/(м×°С).

Использование микросфер перлита позволяет получать эффективный теплоизоляционный неавтоклавный пенобетон со средней плотностью 258-347 кг/м³, прочностью при сжатии 0,56...1,04 МПа и коэффициентом теплопроводности 0,062...0,079 Вт/(м×°С).

Литература:

1. Бартеньева Е.А., Использование золы - уноса в производстве пенобетона / Бартеньева Е.А., Машкин Н.А., Шоева Т.Е. / Естественные и технические науки. 2015. № 11. С. 600-603.
2. Способ изготовления гидрофобной легковесной микросферы на основе перлита / М.С. Полухин, В.Г. Пейчев. // Патент РФ № 2531970 (приоритет от 21.05.2013).
3. Малахов Д.А., Совершенствование технологии неавтоклавного пенобетона / Д.А. Малахов, Н.А. Машкин / Актуальные направления научных исследований: от теории к практике. 2016. № 1 (7). С. 210-212.

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АЛЮМИНИЯ ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ УГОЛЬНЫХ электростанций

Д.А. Немущенко, В.В. Ларичкин, В.Ю. Александров, Н.И. Ларичкина

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск
viktoral48@yandex.ru

Золошлаковые отходы угольных электростанций складываются на золоотвалах, что создает экологические проблемы с загрязнением вод и отчуждением земель. Вовлечение золошлаковых отходов (ЗШО) во вторичное обращение ограничивается применением их незначительной доли в строительных материалах и использованием в качестве инерта при планировках территории. В настоящей работе предпринята попытка разработки методов получения целевых продуктов из этих отходов. Решение задачи осложняется стадией растворения ЗШО, которые представляют собой окристаллизованные, термодинамически устойчивые оксиды с низкой удельной поверхностью.

Ashes and slag of coal power plants are stored on ash-disposal area that creates environmental problems with pollution of waters and alienation of land resources. Waste is applied by production of construction materials and at arrangement of the territory. In the real work an attempt of development of methods of receiving useful products from this waste is made. The solution of a task is complicated by a stage of dissolution of waste which represent crystalline aggregate, thermodynamic steady oxides with a low specific surface.

Ежегодно от сжигания кузнецких и канско-ачинских углей на ТЭЦ АО «СИБЭКО» (г. Новосибирск) образуется более 800 тыс. тонн золошлаковых отходов (ЗШО) [1]. Размещение этих отходов осуществляется на специально подготовленных для этого полигонах - золоотвалах, расположенных на удалении до 10 км от производственной площадки электростанций [2, 3]. Площадь территорий, занятых под них АО «СИБЭКО», составляет более 1000 га. К настоящему времени на этих полигонах накоплено 27,6 млн. тонн ЗШО. При этом возникают серьезные экологические проблемы, связанные с отчуждением значительных территорий пригородных и городских земель, растворением части отходов осадками, которые загрязняют поверхностные воды и подземные водоносные горизонты. Это определяет актуальность разработки способов утилизации ЗШО.

Анализ материалов, представленных в работах [4-13], показал высокий интерес исследователей к проблеме разделения ЗШО на компоненты. Основная часть работ [4...9] посвящена выделению из них редкоземельных элементов и благородных металлов (золото, платиноиды).

В работе [4] представлен детальный анализ ЗШО электростанций г. Хабаровска и г. Биробиджана на содержание редких и благородных металлов, прежде всего золота и металлов платиновой группы, а также проведены подробные лабораторные (в том числе с использованием промышленных концентраторов) исследования ЗШО с 4-х золоотвалов, описаны концентрации и формы нахождения золота (Au) и платины (Pt) в пробах. Кроме этого, в статье представлены результаты технологических исследований по повышению выхода драгоценных металлов за счет использования концентраторов различных конструкций и показано, что среднее содержание золота колеблется в диапазоне $0,56 \div 1,15$ г/т, и может достигать 25 (!) г/т.

С целью экономически эффективного выделения редкоземельных элементов (Ga, Ge, Rb, Sr, Y, Zr, Ag, Eu, Ru, Ir), авторами работы [7] выполнен обзор способов обогащения золошлакового сырья ТЭЦ Хабаровского края. Установлены закономерности

распределения редкоземельных элементов в различных фракциях ЗШО и сделан вывод о целесообразности извлечения редкоземельных элементов из ЗШО.

В работах [8, 9] предлагаются комплексные технологии переработки ЗШО с выделением ценных продуктов (топливо, железосодержащий концентрат, редкоземельные металлы) и использованием остатка в производстве строительных материалов. Авторы этих статей приводят результаты лабораторных исследований и применения расчетных методов для разделения золошлаковых материалов и обогащения фракций, содержащих редкоземельные и благородные металлы.

Исследованиями, проведенными К.В. Прохоровым, обозначена общая проблема выделения из ЗШО полезных компонентов: «Сырье представлено труднообогатимым или некондиционным материалом, извлечение полезных компонентов, из которых обычными методами обогащения затруднено. Вследствие высокотемпературных процессов, происходящих с минеральной частью угля при его сжигании, утрачены минеральные формы веществ ... Полезные компоненты спаяны между собой, включены в силикатную матрицу, что снижает содержание полезного компонента в получаемом концентрате» [10]. С целью интенсификации процессов извлечения полезных компонентов из ЗШО автором работы предлагаются способы энергетического воздействия на сырье (табл. 1).

Таблица 1 – Энергетические методы дезинтеграции минеральных комплексов [10]

Вид воздействия; технологический эффект	Ограничения (побочный эффект)	Расход электроэнергии, кВт×ч/т	Внедрение
Электрохимическая обработка			
Процессы выщелачивания; повышение извлечения Au и Ag	Повышенный расход электроэнергии, пассивация электродных систем	50-60 (водная среда) 20-30 (щелочная или кислая)	Лабораторные и опытно-промыш- ленные испытания
СВЧ-обработка			
Разупрочнение минеральных комплексов; сокращение продолжительности измельчения на 20-25 %, повышение извлечения продуктов	Сложность реализации в промышленных условиях, нагрев образца, оплавление, изменение свойств минерала	5-7	Лабораторные исследования
Магнитно-импульсная обработка			
Образование трещин	Применяется только для минералов- ферромагнетиков, малый прирост извлечения	Уменьшение суммарных затрат на 3-5 кВт×ч/т	Лабораторные и опытно- промышленные испытания

В работе [10] дальнейшее извлечение из хвостов предварительной магнитной сепарации соединений, содержащих алюминий, проводилось серной кислотой (56,7 % -й раствор) при температуре 120 °С в течение 3 часов, предварительно сырье прокаливалось при 700...800 °С в течение часа. Дальнейшие исследования позволили предложить двухстадийную экстракцию соединений алюминия [11]. Сначала экстрагировали ортофосфорной (60...85 % раствор) кислотой, а затем серной при условиях, описанных выше. Исследования показали, что извлечение оксида алюминия (Al_2O_3) из ЗШО составило около 99 %. Данный метод экстракции запатентован [13].

Из-за высокого содержания в золе SiO_2 (58...62 %), а также вредных для глиноземного производства примесей (Mn, Ti, V, Cr, P, Zn, Fe) авторы работы [12] на

примере золошлаковых отходов, полученных от сжигания Экибастузских углей, указали на невозможность получения глинозема. В связи с этим ими предлагается проводить предварительное обогащение ЗШО с выделением глиноземного и магнетитового концентратов. Далее глиноземный концентрат должен проходить химическую обработку в щелочном растворе силиката натрия. Подготовленный таким образом концентрат предлагается перерабатывать в глинозем по спекательной технологии.

Постановка задачи.

В работе ставилась задача провести экспериментальное исследование получения концентрата алюминия и железа из низкокальциевой золы, имеющей в преобладающем количестве стекло и аморфизованное глинистое вещество.

Результаты экспериментальных исследований и их обсуждение.

Исходным материалом ЗШО являлась зола уноса (ЗУ) Новосибирской ТЭЦ-5, сжигающей кузнецкие угли (шифр образца «0») химический состав которой представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Данные по химическому составу золы уноса ТЭЦ-5 г. Новосибирска

Оксид элемента	Содержание компонентов в золе уноса, вес. %	
	Данные АО «СИБЭКО» (усредненные показатели для ЗУ ТЭЦ-5) ²	Образец «0» ¹ (пересчет на оксидную форму из элементного содержания)
Al ₂ O ₃	15,5-32,5	19,5
Fe ₂ O ₃ / FeO	2,0-10,0 / -	31,4 / 28
CaO	1,0-10,0	59,4
MnO / Mn ₃ O ₄	0,01-1,0 / -	- / 1,33
TiO ₂	0,7-0,9	0,89
SiO ₂	55,5-65,5	-
MgO	0,8-5,0	-
K ₂ O	2,0-5,0	-
Na ₂ O	1,0-3,0	-
SO ₃	0,7-5,0	-
P ₂ O ₅	0,1-3,0	-

Примечания:

1. По данным Центра лабораторного анализа и технических измерений по СФО – ЦЛАТИ по СФО.
2. Согласно Паспорту на золу уноса ТЭЦ-5 АО «СИБЭКО».
3. «-» - не определялось.

Сравнение усредненных показателей и состава исследованной золы уноса показывает близость значений по оксиду алюминия. При этом содержание соединений кальция и железа в выбранном для исследования материале многократно превышает усредненные показатели. Содержание Al₂O₃ близко к диапазону значений для руд алунитов 20...22 %, которые используются для промышленного получения алюминия.

Рентгенофазовым анализом установлено наличие в образце «0» фаз оксида (CaO) и карбоната кальция (CaCO₃), оксида (SiO₂) и силицида (SiC) кремния, величина удельной поверхности которых составляет около 0,06 м²/г (исследования проведены в Институте химии твердого тела и механохимии СО РАН, г. Новосибирск). Наличие в золе уноса окристаллизованных, термодинамически устойчивых оксидов с низкой удельной поверхностью определили выбор жестких условий обработки материалов для извлечения растворимых форм алюминия. Как известно, интенсифицировать процесс растворения инертных материалов возможно путем оптимального сочетания физических и химических воздействий, к которым можно отнести:

- проведение механической активации, приводящей к накоплению структурных дефектов и ускорению процессов растворения активированного материала [14];

- повышение реакционной способности материала введением добавок, создающих высоко щелочную среду, с последующей обработкой сильными кислотами.

Для извлечения из образца «0» растворимых форм проводилась предварительная обработка, которая заключалась в следующем:

1) смешивание образца «0» с безводным карбонатом натрия в соотношение 2 : 3 по массе;

2) механоактивация в лабораторной шаровой мельнице Fritsch (300 об/мин, 5 мин., с шарами мощность 10 Вт/г [14]);

3) прокалка образца при 900 °С в течение 1 часа.

В результате прокалики был получен «плав» зеленого цвета. Материальный баланс исходных компонентов и «плава» показал, что за счет термического разложения карбонатов произошла потеря суммарного веса.

Растворение отдельных навесок «плава» осуществлялось путем обработки различными жидкими компонентами: H₂O - дистиллированная вода (образцы серии C1), 10 % - й раствор серной кислоты (образцы серии C2), «царская водка» – смесь HCl и HNO₃ в соотношении 3:1 по массе (образцы серии C3).

В экстрактах при помощи индикаторной бумаги определяли pH растворов. Величины pH составили: для C1ж – 14, для C2ж – 5, для C3ж - 6. Для проведения химических анализов экстракты выпаривали до сухих кристаллов под ИК-лампой, а нерастворимую часть образцов «плава» дополнительно прокачивали при 500 °С в течении 1 часа (образцы с индексом «т»). Полученные образцы шифровались (табл. 3).

Таблица 3 – Шифры образцов

Исходный материал	Жидкость обработки Материала	Шифры образцов
«плав» (зола уноса + Na ₂ CO ₃), механоактивация, прокалка	H ₂ O	C1ж; C1т
	H ₂ SO ₄	C2ж; C2т
	3HCl + HNO ₃	C3ж; C3т

Сравнение эффективности растворителей

Для выявления наиболее эффективного растворителя авторами данной работы были рассчитаны весовые отношения части навески, перешедшей в жидкую фазу ($P_{ж}$), к части, оставшейся нерастворенной ($P_{т}$). Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Весовой баланс растворения золы уноса ТЭЦ-5 в растворителях

Массы навесок	Химический состав растворителя				
	H ₂ O	H ₂ SO ₄	3HCl + HNO ₃		
Исходная смесь, $P_{исх}$, г	10,0	10,0	11,0	11,0	10,0
$P_{ж}$, г	2,6	7,7	10,9	10,6	8,7
$P_{т}$, г	7,6	6,7	4,5	3,1	2,6
Отношение $P_{ж} / P_{т}$	0,4	1,1	2,4	3,4	3,3
Среднее значение	-	-	3,0		

Сравнение величин отношений $P_{ж}/P_{т}$ для разных растворителей показывает, что самым эффективным является «царская водка».

Сравнение эффективности извлечения целевых продуктов

Сравнение эффективности извлечения названных выше металлов из золы уноса в жидкую фазу представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Эффективность извлечения алюминия и железа из золы уноса

Образец (растворитель)	Содержание элемента (вес. %) *	
	Алюминий	Железо
С1ж (H ₂ O)	0,5	0,02
С2ж (H ₂ SO ₄)	1,0	2,1
С3ж (3HCl + HNO ₃)	1,2	1,2

Примечание:

*Анализ проводился в аккредитованной лаборатории Института неорганической химии СО РАН, г. Новосибирск

В таблице 6 приведен анализ перехода химических элементов из исходного образца в твердую и жидкую фазы для растворителя «царская водка» (данные ЦЛАТИ по СФО).

Таблица 6 – Химический состав образцов «0», СЗт, СЗж

Определяемый элемент	Ед. измер.	Обр. «0»	Обр. СЗт	Обр. СЗж	НД на МИ, средства измерения
Алюминий	%	10,35	6,056	1,207	ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98, спектрометр эмиссионный с индуктивно связанной плазмой Optima 2100 DV
Железо	%	22,00	21,59	1,154	
Марганец	%	0,951	0,781	0,061	
Титан	%	0,558	0,702	0,016	
Калий	%	0,463	0,133	0,163	
Магний	%	4,869	2,022	0,612	
Кальций	%	42,42	17,03	4,877	

Данные, представленные в таблице 6, показывают, что, несмотря на большое различие в химической активности растворителей в ряду: вода – серная кислота - «царская водка», извлечение алюминия и железа в раствор из «Плава» не превышает 2 %. При этом даже для наиболее активного растворителя «царская водка» основная масса металлов остается в нерастворенном осадке.

Вероятной причиной низкой растворимости является недостаточная механохимическая активация исходного материала, что не создало достаточных условий для разрушения термодинамически устойчивых соединений, сформированных при высоких температурах процесса сжигания угля. Используемая в работе лабораторная шаровая мельница Fritsch обеспечивает вводимую шарами мощность на уровне 10 Вт/г, тогда как эффективные аппараты, например, АПФ, способны достигать этих величин на уровне 100 Вт/г [14]. Однако применение подобных аппаратов с более высоким (до 10 раз) потреблением электрической энергии приведет к такому увеличению стоимости полученного алюминия, которое может нивелировать экономические преимущества использования фактически бесплатного сырья – золошлаковых отходов.

Литература:

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2011 году». – Новосибирск, 2012. – 148 с.
2. Бернацкий А.Ф. Использование золошлаковых отходов при производстве строительных материалов и изделий // Наука на службе экологической безопасности человека и природы. – Новосибирск, 2008. – С. 60-65.
3. Бернацкий А.Ф. Перспективы использования золошлаковых отходов // Наука на службе экологической безопасности человека и природы. – Новосибирск, 2003. – С. 205-215.
4. Черепанов А.А., Кардаш В.Т. Комплексная переработка золошлаковых отходов ТЭЦ (результаты лабораторных и полупромышленных испытаний) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2009. – №2. – С. 98-115.
5. Черепанов А.А. Благородные металлы в золошлаковых отходах Дальневосточных ТЭЦ. // Тихоокеанская геология. – 2008. – Т. 27, № 2. – С. 16-28.
6. Опытнo-промышленные исследования технологии переработки золошлаковых отходов Приморской ГРЭС. / Н.А. Лаврик, Г.П. Пономарчук, Т.С. Банщикова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – Т. 4, № 12. – С. 367-376.
7. Прохоров К.В., Александрова Т.Н. Особенность распределения редкоземельных элементов в продуктах переработки тонкодисперсного материала техногенного характера. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – С 200-208.
8. Исследование возможностей комплексной переработки отходов предприятий энергетики Приморского края. / Е.И. Шамрай, А.В. Таскин, С.И. Иванников, А.А. Юдаков // Современные наукоемкие технологии. – 2017. – № 3. – С. 68-75.
9. Прохоров К.В., Александрова Т.Н. Разработка методов комплексной переработки золошлакового материала // Проблемы недропользования. – 2017. – №1. – С. 154-163.
10. Прохоров К.В. Золошлаковые отходы как сырье для получения товарной продукции (магнетит, коагулянты) // Минералогия техногенеза. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2011. – С. 186-191.
11. Прохоров К.В. Разработка технологии извлечения ценных компонентов из золошлакового материала (на примере зол ТЭЦ Хабаровскэнерго): автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Хабаровск, 2015. – 21 с.
12. Новая обогатительная технология переработки золы угольных электростанций с получением глиноземной и другой товарной продукции. / Л.М. Делицын, Ю.В. Рябов, А.С. Власов // Экология промышленного производства. – 2012. – № 1. – С. 74-79.
13. Патент № 2436855 РФ, МПК C22B21/00, C22B3/06, C22B7/00, C01F7/74, C01G49/00. Способ извлечения алюминия и железа из золошлаковых отходов. / К.В. Прохоров, Т. Н. Александрова. // Заявка 2010144752/02, 01.11.2010, опубл. 20.12.2011.
14. Влияние механических воздействий на физико-химические процессы в твердых телах: монография / В.А. Полубояров, О.В. Андрюшкова, И.А. Паули, З.А. Коротаева. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011, – 604 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.К. Тлеулесов^{1,2}, В.В. Ларичкин¹, К.Ш. Агынгазин²

¹ Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

² Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова,
Республика Казахстан, г. Павлодар
askaralek66@mail.ru

В работе сделан аналитический обзор научных исследований и практический опыт использования в производстве строительных материалов золошлаковых отходов, получаемых при сжигании на тепловых электростанциях бурых и каменных углей разных месторождений. Разработаны рекомендации по использованию золошлаковых отходов тепловых электростанций Павлодарской области, как сырья для промышленности строительных материалов.

The paper makes an analytical review of scientific research and practical experience in the use of ash and slag wastes in the production of building materials obtained by burning brown and bituminous coal from various fields in thermal power plants. The recommendations on the use of ash and slag wastes of thermal power stations in the Pavlodar region as raw materials for the building materials industry were developed.

Введение

При сжигании твердых видов топлива в топках тепловых электростанций образуются: 1 - зола уноса в виде пылевидных частиц, улавливаемая из дымовых газов с помощью электрофильтров (сухая зола) или мокрых скрубберов, 2 - кусковой шлак, 3 – золошлаковые смеси. Все вместе при наличии на ТЭС системы гидрозолоудаления на золошлакоотвалы они называются золошлаковыми отходами (ЗШО). В производстве строительных материалов обычно используются золы сухого удаления и золошлаковая смесь из отвалов. Их применяют в дорожном строительстве, производстве вяжущих, тяжёлых и ячеистых бетонов, лёгких заполнителей, стеновых материалов и др.

Одной из основных причин ограниченного использования ЗШО ТЭС Павлодарской области является недостаточная изученность их как сырья для промышленности строительных материалов.

Важным этапом на пути использования зольного и шлакового сырья является разработка его классификации, в основу которой должны быть положены наиболее характерные критерии качества материала. Для этого надо знать химическую природу и физико-механические свойства ЗШО.

1 Основные направления использования золы и шлака ТЭС

Использование золы и шлака ТЭС для производства строительных материалов может быть местной дешевой сырьевой базой. Использование дешевого сырья, являющегося побочными отходами ТЭС, позволяет расширить объем производства, повысить эффективность капитальных вложений. Кроме этого, уменьшение объёмов золошлаковых отходов или вообще отказ от золошлакоотвалов даёт ощутимый вклад в борьбу с загрязнением окружающей среды.

Применение золы и шлака ТЭС в качестве сырья для производства строительных материалов и в строительстве подтвердилось результатами опытов, проведенных в лабораториях экологических кафедр ПГУ им. С. Торайгырова и НГТУ. Были определены рациональные области использования золы и шлака ТЭС, сжигающих угли разных

месторождений, разработаны рецептуры и прогрессивные технологические процессы производства строительных материалов с использованием ЗШО (тротуарная плитка, бордюрный камень, зольный кирпич, золокерамика и др.).

Пригодность золы и шлака в качестве основного сырья при производстве строительных материалов и в бетонах различного назначения в качестве заполнителя или взамен части вяжущего материала, определяется, прежде всего отсутствием или ограниченным содержанием в золе и шлаке вредных компонентов, ухудшающих физико-механические характеристики строительных материалов или бетона, снижающих их эксплуатационно-технические свойства или ухудшающих технологические процессы их производства или приготовления.

К числу нежелательных компонентов, содержащихся в ЗШО, относятся соединения серы, несгоревшие частицы твердого топлива (уголь, кокс, полукокс), свободный оксид кальция и магния, особенно в крупнокристаллическом или пережженном состоянии, оксиды щелочных материалов. Кроме этого, отрицательное действие оказывает наличие в минералогическом составе золы и шлака неустойчивых фаз, приводящих к разрушению частичек золы или гранул шлака в результате объемных изменений необожженного глинистого вещества, присутствующего в шлаках низкотемпературного сжигания. Глинозем другой разновидности (дегидратированный) способен к регидратации и вызывает объемные изменения частиц шлака. Вредное влияние на деформационные свойства строительных материалов на основе золы и шлака оказывают сульфиды железа, окисляющиеся при совместном воздействии воздуха и воды [2].

Но в то же время, практический интерес представляют собой соединения, обладающие самостоятельными вяжущими свойствами, т.е. не требующие активизации (трехкальциевые алюминат и силикат, алюмоферриты кальция, двухкальциевый силикат, гипс). В состав всех перечисленных соединений, обеспечивающих вяжущие свойства материала, входит кальций.

Применение золы и шлака в производстве цемента может идти по двум основным направлениям – в качестве активной добавки к цементу или в качестве алюмо-силикатного компонента цементной сырьевой шихты.

Исследованиями установлено, что пылевидные золы, получаемые при сжигании каменных углей крупных угольных бассейнов (Экибастузского, Кузнецкого) и имеющие явно выраженный кислый состав, практически не содержат свободного оксида кальция и могут быть использованы в качестве активной добавки при производстве обычного портландцемента (добавка золы до 15%) и при производстве пуццоланового портландцемента (добавка золы 25–40%).

Отечественная и зарубежная практика утилизации золы в бетонах отдает предпочтение использованию низкокальциевых (CaO до 10 %) зол, образующихся при сжигании на ТЭС каменного угля. Эти золы менее гидравлически активны, чем высококальциевые, но имеют относительно более стабильный и однородный химический и зерновой состав, и не оказывают отрицательного влияния на равномерность изменения объема смешанного вяжущего вещества.

С другой стороны, высококальциевые золы, имеющие более высокую гидравлическую активность, а в отдельных случаях и обладающие самостоятельными вяжущими свойствами (прочность до 10,0...15,0 МПа в 28-суточном возрасте), считаются менее пригодными в качестве добавок в бетоны. Основными противопоказаниями к применению высококальциевых зол являются их неоднородный химический состав и повышенное количество свободного оксида кальция, как правило, в пережженном состоянии.

Считается, что высококальциевые золы могут применяться после предварительной переработки, устраняющей вышеперечисленные недостатки. Обработка такой золы сводится к гашению свободного оксида кальция или к механоактивации путем размола золы.

Дополнительная переработка золы усложняет технологию получения строительных материалов и удорожает стоимость их получения. В то же время обработка золы заслуживает внимания, так как высококальциевые золы наряду с указанными недостатками обладают бесспорными преимуществами: низкая водопотребность (на уровне или ниже водопотребности цементов); малое содержание частиц несгоревшего топлива (обычно до 3%); более высокая морозостойкость бетона с добавками высококальциевой золы, по сравнению с использованием низкокальциевой золы.

Частичная замена цемента в тяжелом бетоне (растворе) золой ТЭС позволяет при надлежащем качестве золы получить бетон (раствор), обладающий необходимыми свойствами при меньшем расходе портландцемента (шлакопортландцемента). Количество золы, заменяющей портландцемент, зависит в основном, от гидравлической активности золы, марки цемента, состава и назначения бетона. Предельно допустимое количество золы, вводимой в бетон взамен цемента, составляет 25...30% от массы смешанного вяжущего вещества (смесь цемента и золы).

Наиболее эффективным является введение золы в состав «тощих» (малоцементных) смесей и при использовании высокоактивных цементов для низкомарочных бетонов (растворов) или мелкозернистых песков [5].

Если удастся несколько увеличить суммарный объем цементно-золяного вяжущего вещества в 1 м³ бетона, то наряду с уменьшением количества клинкерного цемента можно частично уменьшить и содержание песка, что улучшит основные строительно-технические свойства бетонной смеси (связность, удобообрабатываемость, водоудерживающую способность, прокачиваемость по трубам), а также повысит качество самого бетона, особенно в позднем возрасте (более 180 сут.).

Зола ТЭС обладает пластифицирующей способностью, которая может быть объяснена наличием сфероидальных частиц с гладкой, оплавленной поверхностью. Бетоны естественного твердения с добавками золы имеют замедленную кинетику твердения в ранние сроки и более быструю в поздние [2, 5...7]. Этот факт объясняется невысокой гидравлической активностью золы, которая по активности занимает промежуточное положение между инертными (микронаполнителями) и активными минеральными добавками.

Преимущество невысокой активности золы при использовании ее в качестве добавки к бетону массивных сооружений, состоит в том, что в начальный период твердения бетона тепловыделение смешанного цемента в бетоне снижается в значительно большей мере, чем при введении активных добавок. Это обстоятельство при малой усадке бетона с золой и его повышенной деформативностью (способность к ползучести) уменьшает опасность образования трещин бетонных конструкций в строительный период.

Невысокая гидравлическая активность золы приводит также к замедленному, несколько ускоряющемуся во времени связыванию свободного оксида кальция, выделяющегося в бетоне при гидратации цемента и соответственно к дополнительному нарастанию прочности и плотности (водонепроницаемости) бетона за счет структурных новообразований, что, в свою очередь, благоприятно сказывается на коррозионной стойкости бетона с золой к действию мягких и сульфатных вод [5]. Наибольшую стойкость бетону придают золы, имеющие в своем составе суммарное содержание кремнезема и глинозема более 80 % [8].

Замедленное твердение бетона с золой в начальный период времени является недостатком для монолитного бетона естественного твердения, для которого достижение требуемых свойств предусматривается в 28-суточном возрасте. Однако этот недостаток может устранен, если добавлять ускорители твердения [9, 10], совместно размалывать золу с цементом или применять высокоактивные цементы. Для сборных бетонных и железобетонных конструкций это обстоятельство не имеет значения потому, что они подвергаются гидротермальной обработке (пропаривание, электропрогрев бетона,

электроразогрев бетонной смеси, автоклавирование), резко интенсифицирующей скорость гидратации смешанного вяжущего вещества (цемента и золы). Опыт показывает, что активность золных цементов при пропаривании (с температурой бетона 90...95 °С) возрастает в 2-3 раза, а автоклавная обработка (под давлением 0,8...1,5 МПа) повышает эту активность в 3-4 раза.

Введение в бетон добавок каменноугольной золы в той или иной степени снижает морозостойкость бетона и тем больше, чем выше дозировка добавляемой золы.

При оценке качества золы первостепенное значение приобретают стабильность и однородность ее состава. Известно, что зола большинства электростанций, в особенности, работающих в переменном режиме или сжигающих топливо непостоянного состава (нескольких видов), а также имеющих малоэффективные золоулавливающие устройства, весьма неоднородна по составу, в основном, по таким показателям, как удельная поверхность, потери массы при прокаливании и по содержанию некоторых компонентов (СаО, MgO, SO₃, щелочные оксиды).

Неоднородность состава и свойств золы приводит к значительному разбросу основных физико-механических характеристик бетона с золой и, в частности, активности смешанного вяжущего вещества.

В таблице 1 представлены результаты исследования активности смешанного вяжущего вещества (70 % портландцемента, 30 % золы) некоторых тепловых электростанций РК и РФ. Наибольшую активность проявляют золы с электрофильтров, причем с повышением удельной поверхности золы активность смешанного вяжущего вещества повышается. При неблагоприятном сочетании этих показателей зола может оказывать отрицательное воздействие на бетон, ухудшая его технические свойства. Это необходимо учитывать при внедрении золы определенного вида на конкретном объекте строительства. От стабильности и однородности состава золы в конечном счете зависит применимость ее без предварительной обработки (рассев, помол) и технико-экономическая целесообразность использования.

Таблица 1 - Активность смешанного вяжущего вещества (70 % цемента и 30 % золы)

Сжигаемый уголь, ТЭС	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте		
	7 сут	28 сут	180 сут
Куу-Чекинский каменный, Алма-Атинская ГРЭС	19,8	30,5	48,4
Кузнецкий каменный, Новосибирская ТЭЦ-3	16,9	32,3	48,5
Экибастузский каменный, Павлодарская ТЭЦ-1	18,5	28,6	41,9

Данные, приведенные в таблице 1, свидетельствуют о значительных колебаниях, удельной поверхности золы даже в пределах одной ТЭС в зависимости от места улавливания золы. Как правило, по ходу дымовых газов, т. е. с увеличением номера электрофильтров, удельная поверхность частиц золы увеличивается.

Добавка 20-30% золы к цементу может успешно решить проблему борьбы с неблагоприятным воздействием на массивную бетонную кладку теплоты гидратации цемента. Следует отметить также, что добавка золы в бетонные сооружения, возводимые в условиях жаркого сухого климата, положительно влияет на сроки схватывания цементного теста, увеличивая их в 2...3 раза.

2. Зола ТЭС в легком и ячеистом бетонах

При производстве строительных материалов получение облегченного керамзитового песка для производства плотных легкобетонных изделий основано на дроблении керамзитового гравия. Это усложняет и удорожает технологию производства. Применение в конструктивно-теплоизоляционном бетоне тяжелого кварцевого песка ухудшает эксплуатационно-технические характеристики легкого бетона. В ряде случаев предприятия вынуждены выпускать легкий бетон крупнопористой структуры без мелкого заполнителя, что требует повышенного расхода цемента ввиду защиты арматуры от возможной коррозии или приводит к необходимости защиты арматуры путем покрытия антикоррозийными составами.

В связи с этим большое значение приобретает использование золы ТЭС в качестве мелкого заполнителя (взамен керамзитового песка) для легких бетонов ограждающих конструкций зданий. Применение золы ТЭС или золы из отвалов в легких бетонах приводит к сокращению расхода: керамзитового гравия на 15...20%, цемента на 10...15%.

На прочность и морозостойкость керамзитобетона с золой из отвалов, образовавшейся после сжигания экибастузских углей, оказывают влияние дисперсность и фазовый состав золы. Зола с удельной поверхностью до 3500 см²/г (проход через сито 0,14 мм до 90%) позволяет получить морозостойкий керамзитобетон с повышенной структурной прочностью [11], а зола с удельной поверхностью до 2200 см²/г – бетон марки «100». Для обоснованного выбора каменноугольных, бурогоугольных и торфяных зол из отвалов ГЗУ в качестве мелкого заполнителя легких бетонов необходимо составлять карты обследования золоотвалов на основе отбора представительных проб из шурфов с дальнейшим установлением их соответствия требованиям ТУ.

Ячеистые бетоны являются весьма эффективными материалами, так как, во-первых, для их производства в большей мере могут быть использованы местные дешевые материалы, их малая объемная масса определяет сравнительно небольшой расход сырьевых материалов, способствует уменьшению транспортных расходов и упрощению монтажных работ, а также значительному снижению массы зданий; во-вторых, капиталовложения в строительство заводов по производству ячеистых бетонов ниже, чем в строительство заводов других материалов, из которых тоже можно изготовить крупногабаритные конструкции.

Применение конструкций и материалов из зольного ячеистого бетона обуславливает их низкую стоимость, небольшую плотность, хорошую теплоизоляцию, достаточную долговечность и эксплуатационную надежность.

Для снижения усадки и ползучести безавтоклавного золобетона предложено проводить дополнительный помол портландцемента с золой, а затем это зольное вяжущее вещество смешивать с немолотым кварцевым песком.

Для снижения деформаций ячеистых бетонов предлагается вводить в их состав пористые заполнители. Усадка и ползучесть снижаются в два раза при введении в пенозолобетонную массу зольного аглопорита, в газозолобетон – гранулированного шлака и шлаковой пемзы. Газозолобетон с добавками песка может быть рекомендован для производства ограждающих стеновых панелей плотностью 500-700 кг/м³, что позволит значительно снизить массу здания повышенной этажности.

Для регулирования сроков схватывания в состав ячеистой смеси вводится 1-2 % молотого двухводного гипса, 3-5 % – для замедления гашения извести.

Повышенное содержание в высококальциевых золах SO₃ не позволяет рекомендовать их без дополнительных исследований для использования в производстве армированных изделий из-за усиленной коррозии арматуры [2].

Для интенсификации процесса вспучивания газообменной массы и ускорения твердения целесообразно использовать химические добавки, и в первую очередь, поташ в количестве 3-5 кг (в пересчете на сухое вещество) на 1 м³.

Технология получения ячеистых бетонов обусловлена одним из способов твердения: безавтоклавным, двухстадийным, автоклавным.

К безавтоклавному способу твердения относятся электропрогрев, влажностная обработка на тепловых стендах и в пропарочных камерах.

При двухстадийном способе газобетонные изделия в формах выдерживают в пропарочной камере, а затем по достижении распалубочной прочности их без форм подают в автоклав.

Автоклавный процесс твердения ячеистых бетонов происходит при давлении до 1,0...1,2 МПа и температуре до 200°C.

Автоклавный и безавтоклавный способы твердения существенно отличаются по интенсивности набора прочности. Свойства полученных этими способами продуктов также различны (усадка, ползучесть, модуль упругости). Деформация усадки у безавтоклавных бетонов значительно выше, чем у автоклавных.

Заключение

Анализ научных исследований и практический опыт использования золы и шлака тепловых электростанций в разных странах подтверждают технико-экономическую целесообразность более широкого использования в Павлодарской области золошлаковых отходов ТЭС как в строительной индустрии, так и в строительстве.

Использование золошлаковых отходов взамен традиционно используемых строительных материалов несколько усложняет технологию, требует дополнительных затрат (окупаемых в течение 1...3 лет) на научно-исследовательские, проектно-конструкторские работы, на монтаж и строительство устройств по отбору и введению золы, грануляции шлака.

Наиболее перспективным является использование золошлаковых отходов ТЭС в производстве ячеистого бетона; в строительстве автодорог, площадок, полов промышленных зданий; при укреплении грунтовых оснований, производстве дешевых местных низкомарочных вяжущих веществ на основе золы, извести или цемента, строительных растворов; при замене части цемента и мелкого заполнителя (песка) золой в тяжелых и легких бетонах, в особенности в бетонах, подвергающихся тепловой обработке, для промышленно-гражданского строительства.

Следует отметить, что научно-исследовательские и проектные работы по установлению возможности и технико-экономической целесообразности использования золы должны производиться заранее, на стадии предпроектных разработок строительства объектов.

Многообразие химических, физических и гранулометрических составов золы ТЭС и их непостоянство во времени выдвигают необходимость проведения исследований в ближайшей перспективе по следующим направлениям:

а) исследование влияния вида, состава и свойств топлива, режимов сжигания, вида и эффективности улавливания золы на ТЭС на основные физико-химические свойства золы;

б) методы переработки золы ТЭС с целью стабилизации и усреднения ее состава и свойств;

в) разработка ускоренных методов и оборудования для ведения автоматического контроля за качеством золы с целью ее выборочного отбора;

г) разработка оборудования для переработки золы (воздушной, магнитной, электрической и механической сепарации, домола и обезвоживания и т. п.);

д) исследование абразивности золы и шлака, способов и материалов для защиты оборудования и транспортных трактов и др.

К этой работе должны быть подключены соответствующего профиля научно-исследовательские коллективы университетов, отраслевых и академических институтов, коллективы энергетических предприятий, строительные компании, Утилизация и переработка золошлаковых отходов важнейшая задача, которая позволит решить экономические и экологические проблемы.

Литература:

- 1 Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества (технология и свойства). – 3-е изд.– М., Стройиздат, 1989– 475 с.
- 2 Бетоны и изделия из шлаковых и зольных материалов (при твердении в пропарочных камерах и автоклавах)/А.В. Волженский, Ю.С. Буров, Б.Н. Виноградов и др.– М.: Стройиздат, 1989– 390 с.
- 3 Книгина Г.И., Балахнин М.В. Микрокалориметрическая классификация зол ТЭС– Известия вузов. Строительство и архитектура, 2003, № 4, с. 90– 94.
- 4 Галибина Е.А. Классификация пылевидных зол в зависимости от вещественного состава, обеспечивающего их рациональное направление использования для производства строительных материалов– В кн.: Исследования по строительству. Строительная теплофизика. Долговечность конструкций НИИ строительства Госстроя ЭССР– Таллин: Валгус, 1981, с. 75—82.
- 5 Стольников В.В. Использование золы уноса от сжигания пылевидного топлива на тепловых электрических станциях– Л.:Энергия, 1999– 49 с.
- 6 Галибина Е. А. Роль шлакового стекла в гидравлической активности сланцевых зол– В кн.: Шестой международный конгресс по химии цемента– М.: 1986, с. 115– 117.
- 7 Мокрушин А. Р., Логунов А. А., Самерсова А. В. Использование золошлаковых отходов в энергетическом строительстве– Л., Энергия, 1995– 93 с.
- 8 Шарловская М. С. О распределении компонентов минеральной части топлива между шлаком и летучей золой в современных топках– В кн.: Горение твердого топлива, 1999, т. II– с. 212-221.
- 9 Сергеев А. М., Дибров Г. Д. Использование золошлаковых отходов в бетонах– Обзорная информ. Сер. II, Использование отходов и попутных продуктов в производстве строительных материалов и изделий. Охрана окружающей среды, вып. 3, ВНИИЭСМ, 1982, 47 с.
- 10 Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества (технология и свойства). – 3-е изд. – М., Стройиздат, 1992– 207 с.
- 11 Иванов И.А. Легкие бетоны на основе зол электростанций– М.: Стройиздат. 1992– 127 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АРМИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ В ВИДЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОВОЛОКОН НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛОБЕТОНА

Д.А. Строганов¹, В.В. Ларичкин¹, И.В. Мишаков²

¹Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

²Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск

distrog@gmail.com

В работе экспериментально исследовано влияние армирующей добавки в виде углеродных нановолокон (УНВ) на физико-механические свойства золобетона. Установлено, что введение УНВ марки ДБР-163 в состав золобетонов приводит к возрастанию предела прочности на сжатие примерно на 15 %. Даны рекомендации по технологии введения УНВ в раствор.

The effect of a reinforcing additive in the form of carbon nanofibres (CNF) on the physical and mechanical properties of ash concrete has been experimentally investigated. It has been established that the introduction of DGB-163 brand UNB into the composition of the aerocrete leads to an increase in the compressive strength by about 15%. Recommendations on the technology of introduction of CNF into solution are given.

В настоящее время проблема утилизации твердых техногенных отходов является актуальной экономической и экологической задачей. Экономической - потому что, они могут быть вторичными материалами, а значит, приносить доход. Экологической - потому что, они загрязняют окружающую среду. Так, например, в народном хозяйстве страны используется не более 7% золошлаковых отходов (ЗШО) всех угольных тепловых электростанций, остальные 93%, а это млн. тонн, складываются на золоотвалах, занимающих большие территории дорогих городских земель. К тому же золоотвалы пылят, загрязняют грунтовые воды. Наиболее рационально использование ЗШО как наполнителя, а в отдельных случаях и как вяжущего в процессе изготовления строительных материалов, например, золобетонов [1].

В работе ставилась задача изучения влияния на физико-механические характеристики строительных материалов, использующих в рецептуре ЗШО, наномодифицирующих добавок в виде углеродных нановолокон (УНВ) [2] и углеродных нанотрубок (УНТ) [3], синтезируемых путем каталитического разложения углеводородов и их смесей.

Первоначально была изучена способность образцов УНВ, синтезированных при различных условиях, образовывать водные суспензии (УНВ/Н₂О). В таблице 1 приведены параметры приготовления суспензий и результаты расчёта суспендируемости различных типов УНВ, а также концентраций полученных суспензий УНВ/Н₂О. При этом мощность ультразвукового диспергатора была равной 400 Вт, время обработки 12 мин, объем приготовленных суспензий составлял - 250 мл.

Таблица 1 - Характеристики полученных суспензий УНВ/Н₂О

Тип УНВ	ΔT, °C	M _{осад} , мг	Δm, мг	Суспендируемость, %	C*, мг/мл
ДБР-163 (время синтеза 6 часов)	75	56	194	77,6	1,94
ДБР-181 (время синтеза 1,5 часа)	71	21	229	91,6	2,29

*C – концентрация УНВ в суспензии

Для определения прочностных характеристик в соответствии с ГОСТ 10180-90 [5] были изготовлены несколько серий образцов. Оптимальный процент добавления ЗШО в бетоны 20 % от массы сухих компонентов был установлен в ранее проведенных экспериментах. Образцы золобетонов включали в себя следующие компонентный состав: 20 % цемента марки ЦЕМ II/В-Ш32,5 Б ГОСТ 31108-2003, производитель «Искитимцемент»; 60% песка сеянного и просушенного; 20% золошлаковых отходов Новосибирской ТЭЦ-3, сжигающей бурые канско-ачинские угли. Образцы для испытаний золобетона изготавливались в форме кубов объемом 343 см³.

Первоначально были изготовлены контрольные образцы золобетона без добавления водной суспензии (УНВ/Н₂О), затем с добавлением УНВ в качестве армирующей добавки в разных пропорциях. В качестве воды затворения использовались приготовленные водные суспензии УНВ/Н₂О с одинаковой концентрацией 0,44 г/л. Содержание УНВ во всех образцах составляло 0,02 мас. %.

Прочностные испытания образцов проводились в соответствии с ГОСТ 10180-90 [5] с помощью гидравлического пресса марки П-10. Для испытаний из серий изготовленных образцов выбирались образцы наиболее правильной формы.

Результаты испытаний образцов золобетона, модифицированных углеродными нановолокнами, на прочность приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследования прочностных характеристик образцов золобетона, модифицированных углеродными нановолокнами

Марка образца	Прочность, МПа
Стандартный образец (цемент+песок)	14,7
Образец сравнения (цемент+песок+ЗШО)	26,79
Образец сравнения (цемент+песок+ЗШО + 0.02% ДБР-163)	30,69
Образец сравнения (цемент+песок+ЗШО + 0.02% ДБР-181)	26,64

Таким образом, установлено, что введение УНВ марки ДБР-163 в состав золобетонов приводит к возрастанию предела прочности на сжатие на 14,5%. Показано, что вовлечение золы уноса в производство золобетонов может успешно применяться в качестве способа утилизации золошлаковых отходов совместно с введением УНВ в качестве упрочняющей добавки.

Литература:

1. Способ изготовления золобетонов: пат. РФ N 2107052, C04B40/00/ Игнатова О.А., Хрулев В.М., Балахнин М.В., Заявитель и патентообладатель: Новосибирская государственная академия строительства - №94000519/03, заявл. 05.01.1994, опубл. 20.03.1998.
2. Yakovlev, G., Keriene, J., Gailius, A., Girniene, I. Cement based foam concrete reinforced by carbon nanotubes // Materials science. – 2006. – N 2. – P. 147-151.
3. Al-Rub, R.K.A., Tyson, B.M., Yazdanbakhsh, A., Grasley, Z. Mechanical properties of nanocomposite cement incorporating surface-treated and untreated carbon nanotubes and carbon nanofibers // Journal of Nanomechanics and Micromechanics. – 2012. – Vol. 2. – N 1. – P. 1-6.
4. ГОСТ 10180—90. Методы определения прочности по контрольным образцам. — Взамен ГОСТ 10180-78; введ. 1991—01—01. — М. : Изд-во стандартов, 1991. - 27 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Р.С. Яровой, Т.О. Кунаев, А.В. Дицель
Научный руководитель: д.т.н., профессор Н.А. Машкин

Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск
mashkin@corp.nstu.ru

Представлены результаты исследований уплотняющих растворов на основе техногенного сырья. Разработаны составы сухих смесей уплотняющих растворов с применением добавок ультрадисперсного кремнезема.

The results Research of sealing solutions based on man-made materials. Developed formulations of dry mixes sealing solutions with application of ultrafine silica supplements.

Контроль состояния оснований фундаментов зданий и сооружений – актуальные задачи строительного и дорожного комплексов. Это, прежде всего, – укрепление грунтов с низкой несущей способностью (большинство грунтов на территории Новосибирска и области) для оснований фундаментов зданий и сооружений жилого фонда, автомобильных и железных дорог, взлетно-посадочных полос и многих других объектов. Сущностью укрепления и уплотнения грунтов методом высоконапорного инъецирования является нагнетание активных растворов в грунты под давлением через специальные устройства – инъекторы (рис. 1). В процессе инъецирования раствора происходит разрыв сплошности грунта с заполнением этих зон уплотняющим раствором с одновременным уплотнением грунта, прилегающего к раствору [1].



Рисунок 1 - Нагнетание уплотняющего раствора в грунт

В Западносибирском регионе нередко наблюдаются факты резкого повышения уровня грунтовых вод, сопровождаемые переувлажнением лессовых почв, и непредсказуемыми просадками и провалами грунтов вблизи и непосредственно под жилыми и промышленными зданиями в черте городов и поселений. По данным детальных геолого-минералогических исследований [2]), вышеупомянутый геологический фактор заключается в следующем. Структурно-химически связанная в минеральном веществе (в виде аква-комплексов) вода высвобождается и становится видимой, если минеральная система попадает в неравновесное состояние. В результате аргиллитовые (глинистые) породы разлагаются на песок, карбонаты, силикаты и воду. Высвобождаемая вода насыщает

грунты, ее избыток может выходить на поверхность. При этом резко снижается прочность и несущая способность грунтов.

Среди промышленных отходов одно из первых мест по объемам занимают золошлаковые отходы (ЗШО) от сжигания твердых видов топлива (уголь разных видов, горючие сланцы, торф) на тепловых электрических станциях. Ежегодно, в целом по России, образуется более 60 млн. т ЗШО, по Омским ТЭЦ-2, ТЭЦ-4, ТЭЦ-5 – около 2,5 млн. т ЗШО, по Новосибирским ТЭЦ-5, ТЭЦ-3, ТЭЦ-2 – 800 тыс. т. В среднем, по этим городам, мелкими потребителями утилизируется не более 5...6% ЗШО. В то время как использование ЗШО в развитых странах мира составляет более 60 %. Широко распространена практика строительства заводов при ТЭЦ по полной переработке ЗШО в различные строительные материалы. В среднем по России объем перерабатываемых ЗШО составляет около 7 %.

Причина этого кроется в значительной изменчивости химического состава ЗШО, отсутствии проверенных регламентированных составов строительных смесей с использованием ЗШО, отсутствии налаженного золоотбора, а также адаптированных для различных эксплуатационных условий технологий переработки ЗШО в строительные материалы. Среди которых наиболее перспективным является использование ЗШО при строительстве местных автомобильных дорог [3].

В современных строительных условиях более предпочтительным и экономически и технологически оправданным является, не приготовление уплотняющих растворов на строительной площадке, в частности, путем перемешивания глины, песка и цемента, а приготовление их из специальных сухих смесей. Поэтому был разработан и реализован метод создания инъекционных уплотняющих растворов на основе сухих смесей вяжущих, песка, золы, ультрадисперсных порошков и других минеральных модифицирующих добавок. Важной особенностью данных сухих смесей является замена глины промышленными отходами - золой ТЭЦ [4].

Регламентированные свойства сухих строительных смесей для уплотняющих растворов: марка по прочности, не менее - М25; подвижность, мм, не менее -160; водоудерживающая способность, %, не менее – 99; технологическая жизнеспособность, ч, не менее – 2.

В результате проведенной серии экспериментов был разработан оптимальный состав строительной смеси: цемент ПЦ 400 Д20 – 10% (от массы смеси), зола ТЭЦ-5 – 27%, песок 0,63 мм – 63%, химические добавки: эфир крахмала – 0,01% и ПАВ Esapon – 0,01%, минеральная добавка ультрадисперсного кремнезема («Таркосил») – 0,01% (Таблица 1).

Таблица 1 - Результаты испытаний сухой смеси уплотняющего раствора

Состав, % по массе					Вода, % от СС	Подвижность, см	Водоудержание, %	Расслоение, %	Прочность при сжатии, МПа		
Цемент	Зола	Песок 0,63	«Таркосил»	Хим. добавка					3 сут	7 сут	28 сут
10	27	63	0,01	0,01	29	11	98	3,5	1,0	2,3	4,2

Установлена принципиальная возможность и эффективность использования для уплотнения грунтовых оснований в гражданском и дорожном строительстве сухих смесей с добавками ультрадисперсного кремнезема.

Литература:

1. Машкин Н.А., Молчанов В.С. Материалы и технологии закрепления грунтовых массивов, оснований и откосов. Учеб. пособие; Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск НГАСУ (Сибстрин), 2016. – 120 с.
2. Стенина Н.Г. Строительная индустрия в свете решения проблемы связывания воды в силикатном веществе. Монография. Новосибирск: НГАСУ, 2014.– 54 с.
3. Применение зол уноса и золошлаковых отходов при строительстве автомобильных дорог. Обзорная информация /Е.И. Путилин, В.С. Цветков М: ФГУП «СоюздорНИИ», 2003. – 31 с.
4. Бердов Г.И., Перспективные направления совершенствования составов и технологии строительных материалов на основе минеральных вяжущих веществ / Бердов Г.И., Машкин Н.А. // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2015. № 4 (676). С. 45-57.

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО МОНИТОРИНГУ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА «ГРОСС», РАСПУБЛИКА САХА (ЯКУТИЯ)

О.А. Черныш

Научный руководитель: д.т.н., профессор В.В. Ларичкин

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск.
chernysh.lesya09@gmail.com

В работе приведены полевые исследования почвенного покрова на территории горно-обогатительного комбината «Гросс», Республика Саха (Якутия) с целью изучения современного экологического состояния компонентов природной среды. Разработаны рекомендации и предложения по предотвращению и снижению неблагоприятных последствий от строительства и эксплуатации месторождения.

Field studies of soil cover on the territory of the mining and processing plant "Gross", the Republic of Sakha (Yakutia) with the purpose of studying the modern ecological state of the components of the natural environment are presented. Recommendations and proposals have been developed to prevent and reduce the adverse effects from the construction and operation of the field.

Согласно требованиям законодательных актов и нормативно-методических документов [1...3], почвенный покров подлежит оценке на этапе фонового мониторинга и контролю на этапах строительного мониторинга и мониторинга во время эксплуатации объектов.

Почвенный мониторинг складывается из двух частей. Первая часть – наблюдения за содержанием и составом почвенного органического вещества (гумуса и/или трансформированной растительной массы, торфа). При этом исследуются такие показатели, как динамика легкорастворимых органических соединений, содержание гумуса.

Вторая часть - наблюдения за содержанием и составом типоморфных элементов, кислотностью почв, содержанием тяжелых металлов (железа, марганца, никеля, кобальта, кадмия, меди, цинка, свинца, хрома, олова, ртути), мышьяка, органических загрязняющих соединений (нефтяные углеводороды, полициклические ароматические углеводороды, летучие ароматические углеводороды, хлорорганические соединения) и изменением физического состояния (потеря плодородного слоя при механических нарушениях за счет развития ускоренной эрозии).

Для оценки уровня загрязнения почвы и грунта на территории горно-обогатительного комбината (ГОК) «Гросс» аккредитованной лабораторией было проведено определение концентрации тяжелых металлов, мышьяка, нефтепродуктов, бенз(а)пирена, а также величины pH. Установлено, что основное поступление загрязняющих веществ (ЗВ) в почвенный покров исследуемого района происходит при их воздушном переносе от источников выбросов.

Существует два подхода оценки загрязнения почвенного покрова. В первом подходе оценка производится по санитарно-эпидемиологическим показателям, таким как ПДК и ОДК загрязняющих веществ в почвенном покрове. Второй подход основан на оценке уровня химического загрязнения почвы как индикатора неблагоприятного воздействия на

здоровье людей по показателям, разработанным при совместных геохимических и гигиенических исследованиях.

Категории загрязнения почв на площадках объекта ГОК «Гросс» определялись по значению суммарного показателя загрязнения Z_c согласно СанПиН 2.1.7.1287-03 и МУ 2.1.7.730-99. В качестве фоновых концентраций загрязняющих веществ в почвенном покрове территории изысканий были приняты значения результатов испытаний пробы почв №5 (фоновая), вне сферы локального антропогенного воздействия.

Для оценки агрохимических свойств почвы в пределах обследованного земельного участка было отобрано 60 проб на различных глубинах на такие показатели, как: гранулометрический состав, содержание органического вещества, рН водный, рН солевой.

Оценка пригодности плодородного и потенциально-плодородного слоев почвы для целей рекультивации была произведена в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.02-84, ГОСТ 17.5.3.06-85.

На основе анализа полученных данных в качестве основной рекомендации проведения почвенного мониторинга предлагается создание наблюдательной сети. При наличии источников загрязнения наблюдательная сеть представляет собой систему профилей, по которой точки отбора проб располагаются в направлении движения поверхностного стока от источника до места конечной аккумуляции. Расположение точек отбора проб зависит от сложности ландшафта.

Площадки для взятия проб почвы рекомендуется располагать по периметру территории объектов на расстоянии 100...500 м в зависимости от ландшафтных особенностей. Площадки для отбора проб почв должны располагаться на ненарушенных участках территории с учетом возможных направлений стока.

Методика отбора проб почвы.

Почвы отбираются в соответствии с РД 52.18.156-99 [4]. Отбор проб осуществляется методом «конверта». Размер пробной площадки («конверта») варьируется от 0,02 га (~15×15 м) до 0,04 га (~20×20 м). Пробная площадка в обязательном порядке отмечается на карте фактического материала. Координаты центральной (опорной) точки площадки определяются GPS-навигатором. Производится фотографирование местности.

В полевых условиях определяется предварительное название почвы, развивающейся на пробной площадке. Особенности строения почвенного профиля заносятся в акт полевой документации, и делается фотоснимок почвенной «прикопки». При фотографировании изготавливается табличка, на которой маркируется номер «прикопки» и название площадки опробования. Объединенная проба «конверта» составляется из единичных проб условных углов и центра пробной площадки. Масса пробы почвы для определения химических веществ и контрольной пробы составляет не менее 1 кг. В процессе отбора объединенной почвенной пробы материал пробы максимально очищается от различных включений: корней, камней, мусора и др. Почвенные пробы, предназначенные для определения содержаний неорганических загрязнителей, упаковываются, а затем транспортируются в емкостях из химически нейтрального материала (полиэтиленовые или тряпичные мешки из плотной материи). Пробы, предназначенные для анализа на содержание органических загрязняющих веществ, упаковываются в отожженную (при 400°C) алюминиевую фольгу.

Перед получением аналитических данных почвенные пробы высушиваются в проветриваемом помещении до воздушно-сухого состояния, размельчаются в фарфоровой ступке и просеиваются через сито с размером ячейки 2 мм.

Почвенные пробы, предназначенные для бактериологического анализа, состоят из трех точечных проб массой от 200 до 250 г каждая, отобранных послойно с глубины 0...5 и 5...20 см. В целях предотвращения их вторичного загрязнения, пробы отбираются с соблюдением условий асептики с применением стерильного инструмента, затем перемешиваются на стерильной поверхности и помещаются в стерильную тару.

Химико-аналитические исследования отобранных проб почвы включают определение агрохимических, физико-химических параметров и содержания показателей загрязнения: тяжелых металлов, мышьяка, хлорорганических соединений, нефтяных углеводородов, летучих ароматических углеводородов (бензол). При оценке изменений химического состава почв должно быть обращено внимание на особо вредные (с высоким классом опасности) загрязняющие вещества: бенз(а)пирен и тяжелые металлы.

Анализ отобранных проб почво-грунтов показал, что концентрации загрязняющих веществ в них в подавляющем большинстве не превышают допустимых значений, за исключением некоторых проб с глубины отбора 0,0...0,2 м. При этом превышения наблюдаются только по мышьяку, цинку и никелю. По величине суммарного показателя загрязнения Z_c , на территории изысканий установлены следующие категории загрязнения почв: «чистая» и «допустимая».

Рекомендации по использованию почв категории «чистая» - использование без ограничений. Рекомендации по использованию почв категории «допустимая» - использование без ограничений, исключая объекты повышенного риска.

Литература:

1. Федеральный закон ФЗ от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
2. Федеральный закон ФЗ от 27.12.2002 №184-ФЗ «О техническом регулировании».
3. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ.
4. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.01 № 136-ФЗ
5. ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализов». – Утвержден Государственным комитетом СССР по стандартам. - Введен в действие с 19.12.1984 г.
6. ГН 2.1.7.2511-09 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве»
7. ООО «ФРЭКОМ» инженерно-экологические изыскания в рамках «Проведения оценки воздействия на окружающую среду проекта развития месторождения Гросс», 2012 г.
8. Олекминский район [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://old.sakha.gov.ru/olekminsky>

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЭКОЛОГИЮ АЛТАЙСКОГО КРАЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ИСПЫТАНИЙ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ПОЛИГОНЕ

А.Е. Кожевникова, Н.И. Ларичкина

Новосибирский государственный технологический университет, г. Новосибирск
ann_kozhevnikova@mail.ru

В работе проанализировано воздействие на экологию Алтайского края хозяйственной деятельности человека и состояние радиоактивного загрязнения, вызванного испытаниями ядерного оружия на Семипалатинском полигоне в Казахстане. Выявлено, что основной вклад в выбросы в атмосферу региона вносят: электроэнергетика, металлургия, машиностроение, химические производства и автотранспорт. Показано, что на отдельных территориях края источниками радиоактивного загрязнения являются очаги от испытаний ядерного оружия на Семипалатинском полигоне, также опасными для населения являются захоронение бериллиевого концентрата, загрязнение компонентами ракетного топлива и отделяющимися частями ракет. Представлены подходы к решению экологических проблем, в том числе региональных органов власти Алтайского края.

In work impact on ecology of Altai Krai of economic activity of the person and a condition of the radioactive pollution caused by nuclear weapons tests at Semipalatinsk Test Site in Kazakhstan is analysed. It is revealed that the main contribution to emissions in the atmosphere is made: power industry, metallurgy, mechanical engineering, chemical productions and motor transport. It is shown that in certain territories of the region sources of radioactive pollution are the centers from nuclear weapons tests at Semipalatinsk Test Site, dangerous burial of a beryllium concentrate, pollution by components of rocket fuel and parts of steps of rockets. Approaches of regional authorities of Altai Krai to the solution of environmental problems are presented.

Современная экологическая обстановка в Алтайском крае в целом благоприятна для жизни и здоровья населения, однако очаги с высокой экологической напряженностью все-таки есть. Загрязнение здесь связано с многими отраслями промышленности: химической, металлургической, машиностроительной, горно-обогатительной и предприятиями сельского хозяйства. По данным Госкомгидромета, ежегодно в атмосферу края выбрасывается более 200 тыс. тонн загрязняющих веществ, а очистка воздуха проводится лишь на 70%.

Задачей работы является выяснение всех основных проблем загрязнения территории Алтайского края и обсуждение возможных способов решения этих проблем.

Одним из видов загрязнения является промышленность и сельское хозяйство [1]. На рис.1 представлен основной вклад в выбросы в атмосферу различных отраслей:

Основной вклад в выбросы в атмосферу (без учета транспорта) вносят:

- ▶ • электроэнергетика - 35.5%;
- ▶ • непроеизводственные отрасли - 7%;
- ▶ • металлургия - 6.7%;
- ▶ • машиностроение и металлообработка - 6.7%

Основной вклад выброса в атмосферу

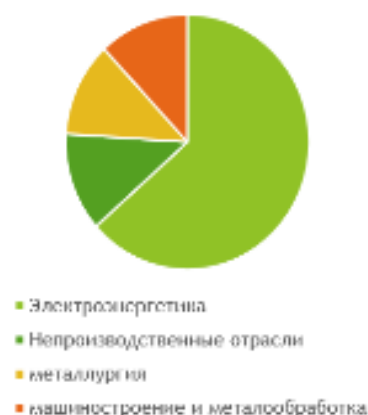


Рисунок 3 – Основной вклад в выбросы в атмосферу различных отраслей промышленности Алтайского края

На рис.2 представлены валовые выбросы загрязняющих веществ крупных предприятий Алтайского края:



Рисунок 4 – Валовые выбросы загрязняющих веществ

Большая экологическая проблема состоит в том, что большинство предприятий г. Барнаула не имеет своих очистных сооружений, и почти все сточные воды попадают в канализацию. Немалый вред окружающей среде Алтайского края несёт радиоактивное загрязнение, вызванное испытаниями ядерного оружия на Семипалатинском полигоне. Алтайский край признан проблемным по радиоактивному газу радону, что связано с региональными геологическими и геохимическими условиями.

Вносимые в почву минеральные удобрения являются источником химического загрязнения почвы.

Так же можно выделить большие объёмы и площади загрязнения от сжигания органического топлива в котельных и на ТЭС.

Проблемным остается вопрос захоронения 3500 тонн бериллиевого концентрата, хранящегося на складах комбината «Аврора» в г. Новоалтайске. Особую опасность для населения этот концентрат представляет в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

Кроме этого, территория края подвергается эпизодическому воздействию ракет - носителей, запускаемых с космодрома «Байконур». Из-за этого территория загрязняется компонентами токсичного ракетного топлива (гептила) и фрагментами отделяющихся ступеней ракет.

Предложения по решению экологических проблем Алтайского края:

1) Для того, чтобы решить какую-либо экологическую проблему, прежде всего, нужна законодательная база. Нужно принять такие законы, чтобы предприятие было заинтересовано строить очистные сооружения, а не платить штрафы за загрязнение природной среды.

2) Нужно повсеместно заниматься экологическим образованием.

В Алтайском крае уже много сделано в этом направлении [2]:

– в АлтГТУ им. Ползунова создана международная кафедра ЮНЕСКО «Экологическое образование в Сибири»;

– в городах и селах работают станции юннатов, экологические центры;

– образованы летние экологические лагеря, экспедиции и др.

Таким образом, экологические проблемы любого региона можно решить, если есть добрая воля властей, промышленников и желание населения жить в экологически чистом месте.

Литература:

1. Алексеева-Бескина Т.И. Город в ситуации глобального кризиса // Экология и жизнь. - 2008. - № 3. - С.3-9.

2. Михайлов А.В. Экологические проблемы Алтайского края и пути их решения. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет, 2008.

ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ ОАО «НОВОСИБИРСКЭНЕРГОСБЫТ»

В.Е.Молчанова, В.Ю. Александров

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

violetta.m1996@mail.ru

В работе рассмотрены основные негативные факторы влияния на окружающую среду энергетических предприятий, на примере ОАО «Новосибирскэнергосбыт» и меры, направленные на их устранение.

The paper considers the main negative factors affecting the environment of energy enterprises, using the example of Novosibirskenergosbyt and measures aimed at their elimination.

На сегодняшний день существует множество веществ и видов деятельности, наносящих вред окружающей среде, и это порождает необходимость их правового регулирования, так как бесконтрольное и безграничное загрязнение окружающей среды делает Землю непригодной для жизни. На сегодняшний день при всем многообразии существующих механизмов наиболее полной и всесторонней процедурой, способствующей свести экологический вред к минимуму, является оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС). По данным А. Оста, начало этого мероприятия было положено в 1969 году, когда ОВОС существовала в качестве требования федерального законодательства США, а в дальнейшем это нашло отражение в законодательстве многих других государств, в том числе и в России [3]. Целью этой процедуры является выяснение на ранней стадии, может ли предполагаемая деятельность какого-либо производства оказать отрицательное воздействие на окружающую среду и если да, то необходимо ли разрешать такую деятельность. В основе ОВОС лежит простая идея о том, что решения, затрагивающие окружающую среду, должны приниматься в свете всестороннего понимания их последствий [3].

Энергетика является важнейшей отраслью, без которой в современных условиях не представляется деятельность людей [1]. Постоянное развитие электроэнергетики приводит к росту количества электростанций, мощности энергоблоков и всё большему загрязнению окружающей среды.

В работе обсуждаются подходы к решению экологических проблем электроэнергетических предприятий на примере ОАО «Новосибирскэнергосбыт».

Основными направлениями совершенствования нормативно-правовой базы с целью управления воздействием электроэнергетики на окружающую среду являются:

- оптимизация и приведение в соответствие с международно-правовыми нормами экологических стандартов качества окружающей среды;
- установление и внедрение на электростанциях технических нормативов по выбросам в атмосферу и сбросам сточных вод;
- определение путей поэтапного доведения экологических показателей ТЭС до уровня, обеспечивающего выполнение международных обязательств, таким как Конвенция ООН «О трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния», Рамочной Конвенции ООН по изменению климата и др.;

- разработка процедуры Стратегической экологической оценки политики, планов и программ развития электроэнергетики.

ОАО «Новосибирскэнергосбыт» с 01.01.2015 является единственным Гарантирующим поставщиком электроэнергии на территории г. Новосибирска и Новосибирской области.

Основным направлением развития компании является создание экологических технологий и техники, под которыми понимают такие технологические процессы, технические средства и агрегаты, которые в процессе своего функционирования исключают затраты общественного труда на устранение, компенсацию или предотвращение ущерба, наносимого обществу в результате непроизводительного использования природных ресурсов и загрязнения окружающей среды [2].

Система экологического менеджмента (СЭМ) в «Новосибирскэнергосбыт» на основе международного стандарта серии ISO14000 служит учету приоритетов охраны окружающей среды при планировании и осуществлении деятельности энергокомпании.

Внедрение СЭМ позволяет энергокомпании достичь следующих эффектов:

- развитие системы стратегического и тактического управления (повышение устойчивости компании, эффективности управления);
- повышение прозрачности управления окружающей средой;
- улучшение взаимодействия с крупными международными компаниями;
- уменьшение вероятности возникновения нештатных и аварийных ситуаций;
- предупреждение негативного воздействия на окружающую среду и снижение экологических платежей.

Цель экологической политики в «Новосибирскэнергосбыт» – повышение уровня экологической безопасности, рост капитализации энергокомпании за счет обеспечения надежного и экологически безопасного производства, транспорта и распределения энергии, комплексного подхода к использованию природных энергетических ресурсов.

Предприятием, в рамках реализации экологической политики РАО "ЕЭС России", были разработаны, утверждены и реализуются 114 собственных экологических программ. Эти программы учитывают основные параметры экологической концепции и индикаторы, установленные основными направлениями, в том числе:

- предельные нормативы удельных выбросов в атмосферу NO_x , SO_2 , твердых зольных частиц на 1 куб.м. отходящих газов для вводимого оборудования;
- снижение удельных объемов использования свежей воды, сбросов загрязненных сточных вод в водные объекты общего пользования на 1 МВт/ч;
- увеличение доли использования золошлаковых отходов ТЭС;
- проведение экологического аудита;
- внедрение системы экологического менеджмента;
- сертификация на соответствие международному стандарту ИСО 14001;
- повышение экологического рейтинга и имиджа энергокомпании [4].

Развитие энергетики оказывает воздействие на различные компоненты природной среды: на атмосферу, на гидросферу, на литосферу. Выходом для общества из этой ситуации должны стать: внедрение новых технологий по очистке выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, по очистке сточных вод, по переработке и утилизации твердых отходов, распространение альтернативной энергетики и использование возобновляемых источников энергии.

В заключение можно сделать вывод, что современный уровень знаний, а также имеющиеся и находящиеся в стадии разработок технологии дают основание для

оптимистических прогнозов: человечеству не грозит тупиковая ситуация ни в отношении истощения энергетических ресурсов, ни в плане порождаемых энергетикой экологических проблем. Есть реальные возможности для перехода на неисчерпаемые и экологически чистые источники энергии. С этих позиций современные методы получения энергии можно рассматривать как своего рода переходные. Вопрос заключается в том, какова продолжительность этого переходного периода и какие имеются возможности для его сокращения.

Литература:

1. Васильев С.А. Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду: Учебно-методическое пособие / С.А. Васильев, С.А. Фомин. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2003.
2. Голубева С.Г. Механизмы управления охраной окружающей среды / С.Г. Голубева // Экология производства. 2014. – № 3. С.58.
3. Голубева С.Г. Оценка воздействия на окружающую среду: материалы или раздел / С.Г. Голубева // Экология производства. 2016. – № 8.
4. Замятина З.Н., Комарова Л.Ф. Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду (экологическая оценка). – Барнаул: Изд-во «Азбука», 2013. – 178 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ДОБЫЧЕ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА В АЛДАНСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

М.Ю. Букарев, Н.И. Ларичкина

Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск
matveika.99@mail.ru

В работе рассмотрены экологические проблемы Алданского района Республики Саха (Якутия), связанные с промышленной добычей золота. Проанализированы возможные природоохранные мероприятия по рекультивации нарушенных земель, очистке водных акваторий. Обсуждаются вопросы ускорения (оптимизации) самовосстановительного процесса.

In work ecological problems of Aldansky area of Republic Sakha (Yakutia) connected with industrial extraction of gold are considered. Possible environmental measures for reclamation of disturbed lands, cleaning of water areas were analyzed. The problems of acceleration (optimization) of the self-healing process are discussed.

В Программе развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации и в Программе социально-экономического развития Республики Саха (Якутия) Южная Якутия представлена как одна из основных материально-сырьевых баз не только республики, но и Российской Федерации. Одним из крупных золотодобывающих предприятий Южной Якутии является АК «Алданзолото» ГРК, основная деятельность которой развивается в Якокит-Селигдарском междуречье. Добыча золота ведется с 1920-х годов открытым способом, в результате чего окружающая природная среда претерпевает значительные изменения.

При разработке месторождений происходит практически полное уничтожение почв, нарушение их морфологии и фракционного состава. Наиболее значима эта проблема на участках отработок и отвалов. Отсутствие мелких фракций, которые являются минеральной основой почвы, влечет за собой отсутствие зарастания растительностью отвалов десятки лет.

Проблема 1. При разработке россыпных месторождений до 90-х годов XX века извлечение золота из черновых концентратов осуществляли амальгамацией, то есть с использованием ртути. В результате в техногенных отвалах фиксируется повышенное содержание этого вещества 1-го класса опасности. Из некультивированных отвалов ртуть вымывается водой или разносится в результате эрозии лишенных травяного покрова почв. В настоящее время ртуть не используется при разработках, но она может накапливаться ниже по течению реки при повторной разработке старых отвалов. Кроме ртути при добыче россыпного золота возможно загрязнение почв тяжелыми металлами, такими как свинец, цинк, медь, мышьяк и другими [3].

Проблема 2. Технология разработки месторождений россыпного золота гидравлическим способом связана со значительным водопотреблением. Использованная вода уходит в технологический сброс. Поэтому на старых разработках наблюдалось загрязнение природных вод взвешенным материалом.

Проблема 3. Эрозия почв нарушенных участков ведет к перемещению больших масс мелких частиц ила и песка вниз по течению, оказывая влияние, как на светопроницаемость вод, так и на формирование русловых экосистем. Наличие нарушенных участков изменяет температурный режим вод реки.

Предлагаемые природоохранные мероприятия:

Мероприятие 1. Необходимо предусмотреть систему оборотного водоснабжения,

временный отвод русла рек за пределы площади горных работ, строительство отстойников оборотной воды, проходка нагорных канав, строительство русло-отводных дамб и плотин [2].

Мероприятие 2. Требуются практические действия, связанные с сохранением ареалов видов и сообществ, так как воздействие добычи россыпного золота на локальные участки речных долин состоит в полном уничтожении биотической части биоценозов и геоморфологической трансформации русел, днищ и склонов долин.

Мероприятие 3. На территории предприятия требуется восстановление растительного покрова [1].

Реализация этих мероприятий требует больших экономических затрат. Более дешёвый подход связан с необходимостью принятия ускорительных мер самовосстановительного процесса. При добыче золота на Алдане селективная отсыпка не производилась, и без того тонкий слой рыхлых осадочных пород оказался под крупнообломочными материнскими породами. Это лишает возможности их использования при биологической рекультивации. В связи с этим наиболее остро стоит вопрос выработки приемов ускорения самовосстановительной сукцессии и способов ее управления для достижения значительной экономии средств. Эффективную роль играет оптимизация техногенной растительности, т.е. выбор набора условий среды, обеспечивающих максимальную биологическую продуктивность и восстановление на нарушенных территориях [4]. Оптимизация проводится в направлении повышения устойчивости растений к неблагоприятным условиям и повышения их конкурентоспособности.

Вопросы ускорения (оптимизации) самовосстановительного процесса актуальны еще тем, что техногенные ландшафты оказывают негативное влияние на близлежащие урбанизированные территории региона (город Алдан, пос. Нижний Курахан и др.). Поэтому оптимизация техногенных ландшафтов является основой для разработки системы рационального природопользования и охраны биосферы. В условиях бассейна р. Алдан, где нет развитого животноводства, рекультивация в первую очередь проводится с целью восстановления естественного почвенно-растительного покрова. На дражных отвалах пойменные леса входят в водоохранную зону и имеют защищающее и очищающее значение [4].

Литература:

1. Бурдин В.Н., Гребенникова В.В., Лебедев В.И., Бурдин Н.В. Экологические проблемы старых техногенных отвалов золотодобычи // Современные наукоемкие технологии. - Иваново, 2010. - № 9. - С. 57-65.
2. Золотые реки. Выпуск 1. Амурский бассейн / под ред. Е. А. Симонова. - Владивосток: Издательство «Апельсин», 2012. - 120 с.
3. Сорокина О. А., Киселев В. И. Загрязнение почв в зоне освоения Джалиндинского россыпного и рудного месторождений золота в Приамурье // Экология и промышленность России. - М., 2005. - № 7. - С. 24-28.
4. Васильев Н.Ф. Влияние открытой добычи золота на растительность Якокит-Селигдарского междуречья: Южная Якутия : диссертация ... кандидата биологических наук : 03.00.05, 03.00.16.- Якутск, 2006.- 143 с.: ил. РГБ ОД, 61 07-3/178.

ЭКОЛОГИЯ ГОРОДА УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЛУЧШЕНИЮ

Д.Д. Сегеда

Научный руководитель: В.В. Ларичкин

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

segedadimasik@gmail.com

В работе рассмотрены экологические проблемы города Усть-Каменогорска. Проанализированы воздействия на окружающую среду промышленных и энергетических предприятий. Разработаны рекомендации по улучшению экологического состояния города

In work ecological problems of the city of Ust-Kamenogorsk are considered. The environmental impact of industrial and energy enterprises has been analyzed. Recommendations for improving the ecological state of the city are developed

Усть-Каменогорск — город в восточном Казахстане, административный центр Восточно-Казахстанской области. Расположен в устье каменных гор на месте слияния рек Иртыш и Ульба. Отсюда и название — Усть — Каменогорск. Основные направления экономики города: цветная металлургия, машиностроение и металлообработка, энергетика, легкая промышленность, лесная промышленность, пищевая промышленность. Современный Усть-Каменогорск — центр цветной металлургии Казахстана. Отсюда и экологическая беда этого города. Усть-Каменогорск занесён в Книгу рекордов Гиннесса как населённый пункт, в котором образовалось самое большое в мире токсичное облако [1].

В настоящее время в Усть-Каменогорске работают 3 крупных завода тяжёлой промышленности - титано-магниевый комбинат (ТМК), Казцинк, Ульбинский металлургический завод (УМЗ) и две ТЭЦ - Усть-Каменогорская и Согринская.

Усть-Каменогорский титано - магниевый комбинат является одним из крупнейших в мире производителей губчатого титана, магния в виде слитков и порошков, пятиоксида ванадия и магния марки Mg-90 для использования в авиационной промышленности и других отраслях. Ведущий сертифицированный поставщик этого металла для мировой авиакосмической промышленности. Основными источниками загрязнения на предприятии являются пылегазовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, содержащие хлор, хлористый водород, пыль, оксид углерода, диоксиды азота и серы; сбросы сточных вод в естественные водоёмы; твердые отходы производства [3].

ОАО «Казцинк» - казахстанская горно-рудная компания-холдинг, дочерняя швейцарского концерна Glencore International, представленная в Усть-Каменогорске - Усть-Каменогорским свинцово-цинковым комбинатом, которая занимается выплавкой цветных металлов. По составу и количеству веществ, выбрасываемых в атмосферу, комбинат отнесен к предприятиям первой категории опасности. Всего на комбинате имеется 206 источников загрязнения атмосферы и 73 пылеулавливающих установок. На технологические нужды используется примерно 100 млн. м³ воды в год. При этом сброс сточных вод в р. Ульбу составляет примерно 2% от количества потребляемой воды. Остальные 98% замкнуты в систему оборотного и повторного водоснабжения [5].

Основная деятельность АО «Ульбинский металлургический завод» - производство бериллия, топлива для атомных электростанций, производство тантала и др. АО «УМЗ» является источником, кроме традиционных загрязнителей, радиоактивного загрязнения окружающей среды. Здесь определено 61 загрязняющее вещество, из них 1-го класса опасности: бериллий, бенз(а)пирен, свинец и его неорганические соединения, 2-го класса опасности: марганец и его соединения, хлор, сероводород и др., 3-го класса опасности: оксид железа, сажа, сернистый ангидрид, 4 класса: оксид углерода, аммиак. Под влиянием производства также сильно загрязнена водная среда города [6]. Аппаратурное оформление основных технологических процессов позволяет максимально извлекать основные компоненты: уран, бериллий, тантал, ниобий и максимально ограничивать их попадание в природную среду. Высокая степень утилизации вредных веществ в процессе производства - одно из достижений конструкторов и технологов предприятия. На территории завода нет ни одной дымящейся трубы. Используются вентиляционные трубы, через них любой воздух проходит многостадийную очистку, там стоят специальные улавливающие установки с использованием фильтров из тканей Петрянова и скрубберы.

Усть-Каменогорская и Согринская ТЭЦ также являются основными виновниками плохой экологии в городе. По данным мониторинга атмосферного воздуха города концентрация диоксида азота постоянно превышает ПДК примерно в 3 и более раз. Этому способствует сжигание большого количества органического топлива на ТЭЦ. В приземном слое диоксид азота становится отравляющим веществом первого класса опасности, губительно действующим на здоровье людей и животных. При соединении с водой он образует азотную кислоту, которая в составе кислотных дождей отравляет растения, загрязняет почву, переводит свинец, кадмий, другие металлы в растворимую форму, легко усваиваемую растениями, в том числе овощами, ягодниками, фруктовыми деревьями. В дни с неблагоприятными метеоусловиями (при штиле и слабом ветре) в результате выбросов предприятий образуется смог, который особенно опасен зимой, когда ТЭЦ работает на полную мощность [4].

Наряду с промышленными предприятиями на экологию города сильное влияние оказывают загрязнения от автотранспорта. Валовые выбросы от автотранспорта в атмосферный воздух составляют более 25% [4].

Рекомендации:

1. Чтобы улучшить экологию города нужно применение на предприятиях современных природоохранных технологий. Например, снижение выбросов объектами теплоэнергетики можно достичь не только очисткой дымовых газов на стадии охлаждения продуктов сгорания, что делается с недостаточной эффективностью, но и на стадиях подготовки топлива и его сжигания. Основными методами снижения вредных выбросов на стадии подготовки топлива в мировой практике являются – газификация, десульфуризация и предварительная термическая обработка угольной пыли. Для снижения вредных выбросов на стадии сжигания топлива применяют режимные и конструктивные мероприятия. К режимным мероприятиям относятся: сжигание топлив с малыми избытками воздуха, рециркуляция продуктов сгорания, впрыск влаги в зону горения, снижение температуры горячего воздуха, подача пыли высокой концентрации под давлением и др. К конструктивным относятся: двухступенчатое и трёхступенчатое сжигание топлива и др. Применение этих технологий на ТЭС позволяет снизить, например, концентрацию оксидов азота в дымовых газах до 20 %. Для снижения выбросов твёрдых частиц на всех котлах

станций могут быть установлены электрофильтры или золоулавливающие установки типа эмульгатор. Эмульгаторы – это современные установки очистки, которые входят в перечень наилучших доступных технологий Республики Казахстан [3]. Для снижения воздействия угольной пыли на качество атмосферного воздуха должна быть внедрена программа по монтажу рукавных фильтров для очистки воздуха от систем аспирации топливоподачи.

2. Для достижения положительных результатов в природоохранной деятельности необходим регулярный контроль выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сравнение их с нормами ПДК и предание гласности в режиме on-line этих сведений горожанам.

3. Нужно законодательно увеличить в разы штрафы за несоблюдение норм выбросов загрязняющих веществ в атмосферу [7]. Это вынудит предприятия устанавливать более совершенные и эффективные установки и аппараты для очистки отходящих газов, сточных вод, переработки отходов.

4. Законодательно требуется установить норму - обязательно иметь на автомобилях фильтры для очистки выхлопных газов.

5. Городской транспорт нужно переводить на экологически чистые виды топлива или более широко внедрять электрический транспорт.

Улучшение экологии города Усть-Каменогорска является актуальной на сегодняшний день задачей, которую можно решить только совместными усилиями городских властей, законодателей, промышленников и населения

Литература:

1. Самакова А.Б, Белонг А.А, Якупов В.С и др. Комплексная оценка экологии и здоровья населения промышленного города. – Усть-Каменогорск: Багира ЛТД, 2005. – 372 с.
2. Исаева М.Г., Двоскин В.Я. Промышленные комплексы Казахстана. – Казахстан, 1978. – 120 с.
3. Хоружая Т.А. Методы оценки экологической опасности – М.: Контур, 1998. – 224 с.
4. Мутанов Г.М. Некоторые проблемы перехода к устойчивому развитию. Региональный аспект /Г.М. Мутанов, Н.П. Белецкая, Н.П. Ляхова// Экология и экономика: региональные проблемы перехода к устойчивому развитию. Взгляд в XXI век. – Кемерово, 1997. – Т. 2. –С. 30-33
5. Казахстан. Национальная энциклопедия / Б. Аяган. – Алматы: «Қазақ энциклопедиясы», 2004. – Т. 1. А-В. – С.515, 518 с.
6. Рекомендации по системе ведению сельского хозяйства. Восточно-Казахстанская область. – Алма-Ата, 1968 – 335 с.
7. <http://www.vseznaika.org/priroda/chto-takoe-ekologiya-i-dlya-chego-ona-nuzhna/>

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА (БАВ) В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Ю.С. Аликин^{1,2}, С.Г. Губин¹, Г.А. Ноздрин²

¹ Институт медицинской биотехнологии ГНЦ ВБ «Вектор», г. Бердск

² Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск

alikiny@mail.ru

Разработаны препараты биологически активных веществ (БАВ) на основе РНК, белков-цитокинов (интерферонов) и ферментов для медицины и ветеринарии, способные подавлять широкий спектр инфекционных заболеваний человека и животных, а также получать экологически чистые продукты питания АПК (органическая продукция). Исходно в СССР эти препараты создавались в рамках государственных программ защиты человека от бактериального оружия. Наша «идеология» состояла в глубоком исследовании эндогенной индукции интерферонов самим организмом с использованием эволюционно сформированных механизмов. За основу были взяты интерферон индуцирующие механизмы действия вирусов.

Preparations of biologically active substances (BAS) based on RNA, protein-cytokines (interferons) and enzymes for medical and veterinary use, capable of suppressing a wide range of infectious diseases of human and animals, as well as obtaining ecologically pure food products (organic food) in agro-industry have been developed. Initially these preparations were developed in the frames of state federal programs on protection a human from bio-weapons. Our “ideology” was to undertake a deep examination of endogenous interferon induction by the organism itself through evolutionally developed mechanisms. Virus interferon inducing mechanisms were used as a basis.

В настоящее время в РФ разработаны технологии получения препаратов двуспиральных и одонитевых РНК из дрожжей и фагов, пробиотиков, белков-цитокинов и ферментов [1]. Такие препараты при введении в организм человека и животных способны выступать в роли вирусов, индуцируя в организме образование (синтез) интерферонов и других цитокинов, но в отличие от вирусов они не производят разрушительных эффектов. Активация эндогенной цитокиновой сети в этом случае на системном уровне может формировать состояние неспецифической резистентности против вирусов, бактерий и их токсинов. Были разработаны инъекционные и мазевые формы этих препаратов на основе РНК, испытаны и утверждены МЗ РФ и Департаментом Ветеринарии РФ.

Область применения препаратов на основе РНК – во-первых, военная и гражданская эпидемиология, защита от очаговых вирусных инфекций, использование их в качестве иммуномодуляторов для повышения иммуногенности вакцин, во-вторых, коррекции иммунодефицитных состояний у раненых, больных и пораженных при оксигенобаротерапии, разработанной в Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург) [2]. Такие средства перспективны для обеспечения безопасности работы персонала в пневмокостюмах, изолирующих исследователя от воздействия неблагоприятной окружающей среды. Применение этих препаратов возможно в виде ингаляционных форм, а также дозирующих устройств, как постоянного действия, так и в заданных временных режимах. Кроме применения монопрепаратов перспективна разработка и применение комплексных форм этих средств, обеспечивающих широкий противои инфекционный спектр защиты персонала (например, пробиотиков широкого антибактериального спектра). В этом случае возможна защита не только от бактериальных, вирусных агентов и токсинов, но и химических агентов. Таким образом, применение

пневмокостюмов в комплексе с ингаляционным внесением средств биологической защиты расширяет возможности управления рисками для здоровья и увеличивает безопасность персонала.

В условиях увеличения вероятности воздействия аномальных концентраций кислорода во вдыхаемом воздухе на человека (подводные работы, гипербарическая оксигенация, гипокситерапия и др.), а также иммунодефицитных состояний раненых, больных и пораженных остается не изученным влияние препаратов-иммуномодуляторов на организм в этих условиях.

Созданный комплекс препаратов включает: препарат профезим – для лечения раневых инфекций и ожоговых поражений; пробиотики с введенной плазмидой, обеспечивающей синтез в организме альфа-2 интерферона человека, а также новые формы указанных ранее препаратов-иммуномодуляторов на основе одонитевых и двуспиральных РНК. Такие комплексы с РНК включают пролонгаторы на основе кровезаминителей: декстранов (полиглюкина и реополиглюкина) а также поливинил пирролидона. Для усиления противовирусных свойств изучается возможность введения в комплекс с РНК ингибитора протеазы – апротинина и хитозанов, перспективных для создания пероральных форм [3, 4].

Препараты Профезим и Профезим-мазь, созданные на основе иммобилизованных протеолитических ферментов, предназначены для военно-полевой и гражданской терапии и хирургии в качестве лечения гнойно-некротических раневых инфекций. При испытании во время гражданской войны в Югославии препарат был признан самым перспективным для полевой терапии и хирургии.

Препараты Альнорин и Нейтростим, генномодифицированные препараты на основе цитокинов, соответственно Фактора некроза опухолей – альфа (альфа-ФНО) и Гранулоцит-колониестимулирующего фактора (ГКСФ) – противоопухолевые средства нового поколения.

Заслуживает особого внимания применение указанных выше препаратов для подразделений силовых структур гражданского населения, частей специального назначения, арктических подразделений. Можно предполагать, что указанные выше лекарственные средства позволят повышать устойчивость к нагрузкам и увеличат работоспособность личного состава перечисленных подразделений.

Острые респираторные вирусные заболевания человека (в том числе грипп и герпетические инфекции) имеют широкое распространение в мире. Как правило, под определение "грипп" принимаются заболевания, вызываемые почти 200 видами вирусов, со схожими клиническими симптомами. Это является причиной низкой эффективности вакцинации против "гриппа", так как нельзя сделать вакцину для всех этих вирусов вместе.

Разрабатываемые в последнее время противовирусные лекарственные средства на основе индукторов интерферона обладают способностью подавлять широкий спектр вирусов. В число разработанных препаратов этого класса входит медицинский препарат *ридостин* и его ветеринарный аналог - *вестин*.

Основное действие этих препаратов обусловлено их способностью после инъекции в организм человека и животных вызывать синтез эндогенных (собственных) интерферонов: α -, β - и γ - в очень высоких концентрациях (титрах). Как известно α -, β -интерфероны - мощные противовирусные средства, а γ -интерферон - активный иммуномодулятор. Их совместное действие позволяет подготовить организм за короткий промежуток времени (1-5 час) к эффективной противовирусной защите. Кроме того, индукторы интерферона способны активизировать фагоцитоз нейтрофилов и макрофагов, натуральные киллеры, действуют на Т- и В-клеточные звенья иммунитета.

Препараты в эксперименте показали высокую степень защиты от гриппа (сем. *Orthomyxoviridae*) у мышей - 23-83%, птиц - 65-72%. Это и их способность также подавлять другие вирусы разных семейств послужило основанием для их рекомендации в качестве

противовирусных средств у людей. Клинические испытания инъекционной формы препарата *ридостин* при гриппе и ОРВИ показали её высокую эффективность. Через сутки после однократной инъекции температура нормализуется у 20% пациентов, а у 60% снижается до уровня 37-38⁰С, необходимого для оптимального развития противовирусного процесса. Средняя продолжительность болезни после применения ридостина составляет: у лиц, обратившихся в первый день заболевания и получивших инъекцию препарата *ридостин*, - 4,8 дня; обратившихся на 2-ой день болезни - 6,5 дней; обратившихся на 3-4 день заболевания - 7,0 дней, по сравнению с контрольной группой пациентов, получавших общепринятое лечение - 10,8 дней. Таким образом, применение *ридостина* на ранних стадиях лечения гриппа и ОРВИ наиболее эффективно.

Для профилактики и лечения гриппа и ОРВИ также эффективна *мазь ридостина*. Так интраназальное (ворота инфекции) 7-кратное применение мази в период эпидсезона оказало выраженный защитный эффект у представителей группы риска (медицинский персонал поликлиник и больниц; лица, находящиеся в контакте по гриппу и ОРВИ в домашних условиях, в том числе дети; пациенты с пониженной резистентностью, находящиеся в условиях стационара; студенты медицинского вуза в период практики). ОРВИ развилось лишь у 3,6%. Защитный эффект сохранялся в течение 3-х месячного наблюдения за испытуемыми. Особенностью применения *мази ридостина* является благоприятное влияние на уменьшение симптомов интоксикации и респираторного синдрома - облегчается течение заболевания верхних дыхательных путей. В контрольной группе, где для профилактики использовали препарат курантил, обладающий также способностью к индукции интерферона, заболеваемость составила 10%. Заболеваемость в группе медперсонала, не проходившего профилактику, составила 24,7%. Таким образом, применение *мази ридостина* позволило сократить сроки заболевания, длительность и интенсивность интоксикационного синдрома по сравнению с контрольной группой, принимавшей традиционную схему лечения.

Современные тенденции в мире в области производства кормов для сельскохозяйственных животных и птиц, а также их профилактики и лечения, направлены на ограничение или полный запрет использования антибиотиков. Повышенное содержание антибиотиков в продуктах приводит к снижению иммунитета человека. В качестве альтернативы антибиотикам могут рассматриваться пробиотики, препараты РНК, повышающие иммунологическую реактивность организма, маннанные олигосахариды (МОС), биологически активные пептиды и другие биологически активные вещества (БАВ), являющиеся продуктами микробиологического синтеза [5].

В связи с этим в НИКТИ БАВ (в настоящее время ИМБТ) разработан комплекс ветеринарных препаратов БАВ, включающий противоинфекционные лекарственные средства на основе индукторов интерферона (Вестин, Ридостин, Провест), цитокинов (ФНО-альфа), пробиотиков (Субалин), ферментов (Эндоглокин, Профезим) и иммуномодулятор на основе РНК (Полирибонат). Экспериментальные исследования показали, что индукторы интерферона и белки-цитокينات обладают способностью подавлять широкий спектр вирусов и бактериальных инфицирующих агентов и повышать эффективность вакцинации против бактериальных и вирусных инфекций у сельскохозяйственных животных и птиц. Ферментные препараты: протеазы (Профезим) - подавляют бактериальную раневую инфекцию, а нуклеазы (Эндоглокин) – размножение вирусов, проникших в клетки организма пчел, птицы, телят.

Применение комплекса противоинфекционных препаратов БАВ, разработанных в ИМБТ, и испытанных совместно с ИЭВСиДВ и НГАУ, позволяет получать экологически чистые продукты питания по ценам ниже мировых для продуктов подобного класса,

снижать нагрузку антибиотиков, стимуляторов обмена у животных.

Последующая организация высоко наукоемкого биотехнологического производства перечисленных средств неизбежно приведет к созданию новых конкурентно способных технологий ветеринарного обслуживания в стране (за счет снижения применения антибиотиков и гормонов), получению экологически чистых продуктов питания (органическая продукция), оздоровлению населения, созданию новых рабочих мест. Эти составляющие являются важным условием работы агропромышленного комплекса (АПК) в условиях санкционного давления на РФ.

Литература:

1. Аликин Ю.С., Даниленко Е.Д., Лебедев Л.Р., Масычева В.И., Ставский Е.А. Комплекс лечебно-профилактических препаратов БАВ для проотивоэпидемической защиты населения и войск/ Достижения науки и практики в обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия Вооружённых Сил Российской Федерации: 3-й съезд военных врачей медико-профилакт. профиля Вооружённых Сил РФ, 8-10 дек. 2010г.: Труды съезда. - Санкт-Петербург, 2010. - С. 153.

2. Аликин Ю.С. Комплекс препаратов на основе РНК (иммуномодуляторов) для обеспечения устойчивости организма при баротерапии//Баротерапия в комплексном лечении раненых, больных и пораженных. Мат-лы VIII Всеармейской научно-практ. Конф., 15-16 марта 2012 г. – Спб.: ВМедА, 2012. - С.116-117.

3. Аликин Ю.С., Телегина Ю.В., Лебедев Л.Р., Гамалей С.Г., Батенёва А.В. Изучение возможности создания композиционных противоиных инфекционных препаратов на основе двуспиральных РНК и полипептидов/Отечественная эпидемиология в 21 веке: приоритетные направления развития и новые технологии в диагностике и профилактике болезней человека: Труды Юбилейной Всерос. науч. конф. ВМА им. С.М.Кирова, 19-20 апр. 2012 г.: Тр. конф. – СПб.: 2012. - С.215-216.

4. Аликин Ю.С., Даниленко Е.Д., Лебедев Л.Р., Подгорный В.Ф. Комплекс препаратов биологически активных веществ (нуклеиновых кислот, цитокинов, ферментов и пробиотиков) для обеспечения противоиных инфекционной устойчивости персонала МЧС/Мат-лы научно-практической конференции «Пути и направления совершенствования гражданской обороны, повышения безопасности населения и территорий муниципальных образований субъектов Российской Федерации Сибирского федерального округа». – Новосибирск, 2014. – С. 66-71.

5. Аликин Ю.С., Лебедев Л.Р., Морози И.В., Подгорный В.Ф., Понюхов В.А., Ноздрин Г.А., Клименко В.П., Телегина Ю.В., Ермолаев В.В. Препараты БАВ (пробиотиков, РНК, цитокинов, ферментов) для обеспечения противоиных инфекционной устойчивости животных и получения экологически чистых продуктов в АПК// Биотехнология и общество в XXI веке: Сборник статей: Материалы докладов Междунар. Научно-практич. Конф. «Биотехнология и общество в XXI веке» в рамках Междунар. Биотехнологич. Симпозиума «Bio-Asia-2015» (Барнаул, 15-18 сентября 2015 г.). – Барнаул: Изд-во Алт. Ун-та, 2015. – С. 320-323.

ВНЕДРЕНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Б.Р. Ахметов

Научный руководитель: к.б.н., доцент М.В. Леган

Новосибирский государственный технический университет

bog1995@mail.ru

В работе приведён сравнительный анализ системы EMAS и стандарта ISO 14001. Рассмотрена целесообразность внедрения на предприятиях системы экологического менеджмента с целью повышения его экономической эффективности.

The article uses the comparative analysis of EMAS system and ISO 14001 standard. The expediency of introduction of the system of ecological management at the enterprise for the purpose of increase of its economic efficiency is considered.

Актуальность внедрения и совершенствования системы экологического менеджмента на предприятии заключается в снижении негативного воздействия промышленных предприятий на окружающую среду. Одним из решений данной проблемы является внедрение на предприятиях системы экологического менеджмента (СЭМ) на основе разработанных экологических стандартов. СЭМ помогает обеспечить равновесие между сохранением рентабельности и уменьшением негативного воздействия на окружающую среду.

В настоящее время достаточно большое количество предприятий в мире имеют международные сертификаты по экологическим стандартам. Главным образом, к ним относятся стандарты серии ISO 14000 и системы EMAS [1]. Требования стандарта ISO серии 14000 являются неотъемлемой частью схемы экологического менеджмента и аудита Европейского союза (EMAS). Однако требования EMAS являются более жесткими в вопросах повышения экологической эффективности деятельности организации, а также соблюдения экологического законодательства, отчетности и вовлечения в процесс сотрудников.

В работе проведён сравнительный анализ системы EMAS и стандарта ISO 14001 (табл. 1).

Таблица 1 - Сравнительный анализ системы EMAS и стандарта ISO 14001

<i>Название системы стандартизации</i>	<i>стандарт ISO 14001:2004 (ГОСТ Р ИСО 14001-2007)</i>	<i>система EMAS III (версия 2009 года)</i>
Обязательность внедрения на предприятия	добровольный характер применения	
Международность системы стандартизации	международный стандарт	система применима только для стран ЕС
Организации, применяющие данные системы стандартизации	организации, относящиеся к любой отрасли	
Стадии разработки и внедрения	1.Принятие экологической политики. 2.Оценка существующей экологической ситуации на предприятии. 3.Внедрение экологической системы управления. 4.Проведение экологического аудирования.	1.Разработка экологической политики. 2.Планирование. 3.Внедрение и функционирование. 4.Проведение проверок и корректирующие действия. 5.Анализ со стороны руководства.
Периодичность сертификации	раз в три года	повторная сертификация не требуется
Периодичность аудиторской проверки	раз в 6, 9 или 12 месяцев	раз в год, 2 или 3 года
Публикация экологических документов	Экологическая политика организации	полная экологическая отчетность о природоохранной деятельности предприятия

Преимущества и недостатки EMAS и стандарта ISO 14001 очень схожи, но существуют некоторые различия. Самое важное из них — то, что стандарты серии ISO14000 являются международными стандартами, в отличие от системы EMAS, которая разрабатывалась в Европейском Союзе и действует только для стран-участниц. Область применения ISO распространяется на организации любых отраслей, типов и размеров, в то время как EMAS изначально была разработана для предприятий промышленного сектора, но с 2001 года она применяется ко всем видам организаций. При внедрении стандарта ISO 14001 не требуется постоянный пересмотр плана управления, а нужно лишь иметь налаженный механизм, который эффективно работает, в отличие от системы EMAS, которая требует постоянного совершенствования природоохранной деятельности. Система EMAS дополнительно к требованиям стандарта ISO 14001, предписывает организациям проведение первичной экологической проверки и обязательную публикацию экологического отчета, который призван информировать общественность и все заинтересованные стороны. В соответствии с ISO 14000, единственным документом, который должен быть доступен общественности, является Экологическая политика организации.

Росстандартом приняты в качестве национальных ряд стандартов ISO серии 14000. В табл. 2. приведены международные стандарты и соответствующие национальные стандарты

Таблица 2 - Международные стандарты ISO серии 14000 и соответствующие им российские стандарты

Международный стандарт	Российский стандарт
ISO 14001:2004 Environmental management systems – Requirements with guidance for use	ГОСТ Р ИСО 14001–2007 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению.
ISO 14004:2004 Environmental management systems – General guidelines on principles, systems and support techniques.	ГОСТ Р ИСО 14004–2007 Системы экологического менеджмента. Общее руководство по принципам, системам и методам обеспечения функционирования.
ISO 14015:2001 Environmental management – Environmental assessment of sites and organizations (EASO).	ГОСТ Р ИСО 14015–2007 Экологический менеджмент. Экологическая оценка участков и организаций.
ISO 14020:2000 Environmental labels and declarations – General principles.	ГОСТ Р ИСО 14020–2011 Этикетки и декларации экологические. Основные принципы.
ISO 14031:1999 Environmental management – Environmental performance evaluation – Guidelines.	ГОСТ Р ИСО 14031–2001 Управление окружающей средой. Оценивание экологической эффективности. Общие требования.
ISO 14040:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework.	ГОСТ Р ИСО 14040–2010 Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура.
ISO 14044:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines	ГОСТ Р ИСО 14041–2000 Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Определение цели, области исследования и инвентаризационный анализ. ГОСТ Р ИСО 14042–2001 Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Оценка воздействия жизненного цикла. ГОСТ Р ИСО 14043–2001 Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Интерпретация жизненного цикла.

Несмотря на то, что данные стандарты носят рекомендательный характер, использование их при разработке системы экологического менеджмента предприятия позволит создать на предприятии достаточно эффективную систему охраны окружающей среды, а также снизить негативное влияние на окружающую среду без существенного снижения его экономической эффективности [2].

Необходимо отметить, что благодаря своей универсальности и применимости к любой организации, разработанная на предприятии система экологического менеджмента может также являться составной частью интегрированной системы менеджмента, т.е. части системы общего менеджмента организации, отвечающей требованиям двух или более международных стандартов на системы менеджмента и функционирующую как единое целое.

Интегрированная система менеджмента:

1. Система менеджмента качества ISO 9000;
2. Система экологического менеджмента ISO 14000, EMAS;
3. OHSAS 18000 Система менеджмента безопасности и здоровья персонала;
4. Отраслевые стандарты;
5. Другие стандарты.

К числу достоинств интегрированных систем менеджмента можно отнести:

- согласованность действий внутри организации;
- объем документов в интегрированной системе значительно меньше, чем суммарный объем в нескольких параллельных системах;
- более высокая степень вовлеченности персонала в улучшение деятельности организации;
- способность интегрированной системы учитывать баланс интересов внешних сторон организации выше, чем при наличии параллельных систем;
- затраты на разработку, функционирование и сертификацию интегрированной системы ниже, чем суммарные затраты при нескольких системах менеджмента.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что внедрение на предприятии интегрированных систем менеджмента, в том числе и экологического менеджмента как составной ее части, способствует повышению конкурентоспособности выпускаемой предприятием продукции на фоне снижения издержек на утилизацию и переработку отходов при сниженном негативном воздействии на окружающую среду. Однако следует отметить, что в современных условиях возникает необходимость разработки новых методов и инструментов, как при внедрении СЭМ, так и при оценке и анализе эффективности внедрения и функционирования СЭМ. Дальнейшей целью работы является изучение и совершенствование таких подходов, а также выработка практических рекомендаций по внедрению СЭМ и интеграции её в общую систему менеджмента на промышленных предприятиях. Объектом исследования будет выступать нефтяное предприятие ПАО «Транснефть» Анжерская ЛПДС.

Литература:

1. Павлова, А.Г. Сравнительный анализ стандарта ISO 14001 и системы EMAS/ Сборник статей по материалам международного научного конгресса "Интерэкспо Гео-Сибирь"// Интерэкспо Гео-Сибирь. -2012. -т.1. -№3. -С.186-189.
2. Бабина Ю.В. Варфоломеева Э.А. Экологический менеджмент. М.: Перспектива, 2002.-207 с.

«КРОТ» КАК СРЕДСТВО ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЕВОЙ ФОЛЬГИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ, ГАЗА И ОТХОДОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ НУЖДЫ

М.С. Комаревцева, А.С. Ефимова, А.С. Сопрун, Ф.А.Гофман

Бердский политехнический колледж, г. Бердск
mari.komarevceva@mail.ru

В работе предложена технологическая схема установки для переработки отходов на основе алюминиевой фольги, с использованием выделяющейся энергии на производственные нужды. Приведены результаты лабораторного эксперимента.

In the work the technological scheme of the plant for processing of waste on the basis of aluminum foil is proposed, using the allocated energy for production needs. The results of a laboratory experiment are presented.

Одним из видов производственных и коммунальных отходов являются отходы на основе алюминиевой фольги. Хотя они не являются ядовитыми, но в то же время загрязняют окружающую среду, так как очень долго разлагаются в естественных условиях.

В работе предлагается технологическая схема установки по переработки отходов на основе алюминиевой фольги, с получением при этом тепловой энергии для обогрева помещений, газа для бытовых нужд и отходов в виде солей алюминия для строительных целей.

Алюминиевая фольга – продукт, который обычно ассоциируется у любого обывателя с упаковкой шоколада или молочной продукции. Действительно, алюминиевая фольга используется в качестве упаковочного материала в пищевой, фармацевтической и табачной отраслях промышленности. Между тем, спектр ее применения намного шире, чем может показаться на первый взгляд. Примерно 40% алюминиевой фольги в РФ приходится на долю упаковки, используемой в вышеперечисленных отраслях промышленности, остальные 60% - поставки фольги технического и строительного назначения.

Про алюминиевую фольгу известно, что она не наносит вреда организму человека.

Пути разложения: под действием кислорода медленно окисляется до оксида алюминия.

Конечный продукт разложения: оксид или соли алюминия.

Время разложения: на земле - несколько десятков лет, в пресной воде - несколько лет, в солёной воде – 1...2 года.

Способ вторичного использования: переплавка.

Однако в условиях нашей страны, где практически отсутствует сортировка мусора, алюминиевая фольга в основном захоранивается на полигонах (свалках), что, в конечном счете, приводит к загрязнению почвы.

В то же время в нашей стране изготавливается и широко используется в быту для предотвращения засоров в канализационных и смывных системах средство «Крот»

В состав этого средства входят:

- дистиллированная вода (примерно от 5 до 25 %);
- поверхностно активные вещества, всего от 5 до 10 %;

- гидроксид натрия – как основной элемент, от 40 до 60%;
- этилендиаминтетрауксусная кислота в качестве наполнителя от 5 до 10%.

Как видно из состава, по своей сути жидкость от засоров данного типа является раствором неорганической щелочи, имеющей в своем составе еще и активные добавки.

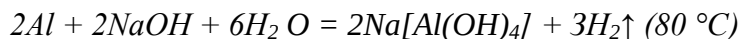
Цель работы: показать, что при взаимодействии средства «Крот» с отходами алюминиевой фольги идет переработка отходов и в процессе выделяется температура, которая может быть утилизирована, например, для обогрева помещений.

Задачи:

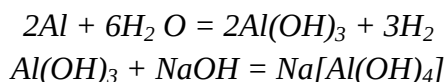
1. Исследовать реакцию средства «Крот» с отходами на основе алюминиевой фольги.
2. Изготовить макет установки для переработки отходов на основе алюминиевой фольги и обогрева помещения.

Рассмотрим реакцию взаимодействия средства «Крот» алюминиевой фольгой. Так как большая часть данного вещества состоит из гидроксида натрия, то в результате реакции выделяется газ H_2 и большое количество тепловой энергии.

При взаимодействии алюминия с гидроксидом натрия, который входит в состав чистящего средства «Крот» идет реакция:



Но при контакте со щелочью оксидная пленка на поверхности алюминия разрушается, и он начинает реагировать с водой. В результате выделяется водород, а металл растворяется:



После проведенных экспериментов взаимодействия:

Средство «Крот» (NaOH+ ЭТДА) + алюминиевая фольга (Al) = Al(OH)₃ + соли Al (ЭТДА)+H₂

видно, что при взаимодействии средства «Крот» с фольгой алюминия температура воды, объемом 50 мл, в которой находится стакан, где проходит реакция средства «Крот» с алюминиевой фольгой, увеличивается с добавлением реагентов алюминиевой фольги и средства «Крот». При увеличении в небольших количествах реагентов температура в емкости

увеличивается. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость температуры нагрева воды от наличия средства «Крот» и отходов на основе алюминиевой фольги

Объем воды	Масса алюминиевой фольги, г	Объем средства «Крот», мл	Время прохождения реакции, мин	Температура воды до нагрева, °С	Температура нагрева воды, °С	Сила пламени	Переработка отходов
50	8	50	8	20	30	слабое	частичное
50	12	60	12	20	35	среднее	частичное
50	12	65	15	20	38	среднее	неполное
50	16	80	20	20	45	сильное	полное
50	20	90	30	20	50	сильное	полное

Видно, что данная реакция идет с выделением температуры. Эту температуру можно использовать для получения тепловой энергии для обогрева помещения (лаборатории, цеха и других помещений).

На основании вывода нами был изготовлен макет установки для переработки отходов на основе алюминиевой фольги с выделением тепловой энергии (рис. 1).

Макет установки представляет собой пластмассовую коробку, в которую помещена круглодонная колба с отводным патрубком. В колбу помещаются отходы алюминиевой фольги, которые заливаются средством «Крот». Вокруг колбы расположена резиновая трубка, заполненная водой. Она нагревается за счет колбы, в которой идет реакция средства «Крот» с алюминиевой фольгой. Резиновая трубка представляет собой макет отопительной батареи. Закольцованная она выходит из коробки. Для подпитки водой системы имеется расширительный бак (корпус шприца), заполненный водой. К отводному патрубку присоединена резиновая трубка, сообщающаяся с колбой для сбора и охлаждения газа-водорода. Этот газ может быть извлечен из колбы с помощью пробки с газоотводной трубкой. Круглодонная колба, в которой идет переработка отходов имеет пробку. Для контроля температуры между колбой и трубкой в пластмассовую коробку помещен спиртовой термометр.



Рисунок 1 – Макет установки для переработки отходов на основе алюминиевой фольги

На рис. 2 представлена схема установки для переработки отходов алюминиевой фольги.

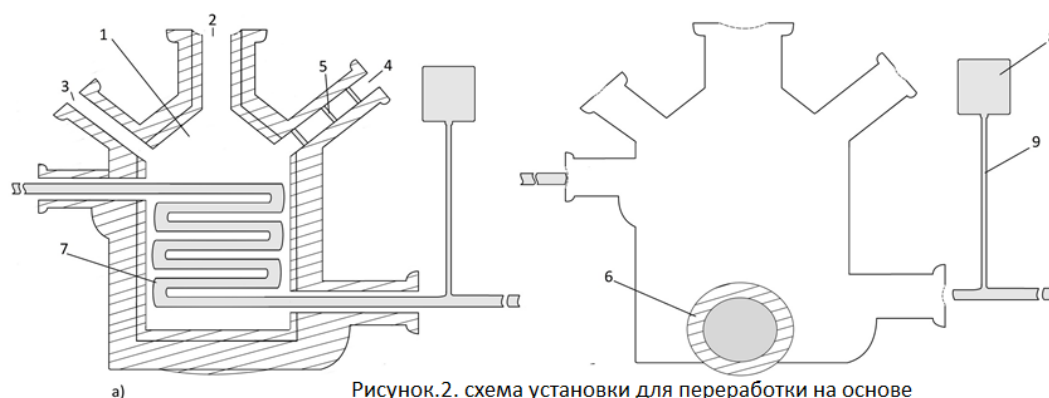


Рисунок.2. схема установки для переработки на основе алюминия фольге и для получения тепловой энергии
 1.Емкость для средство Крот и отходов на основе алюминия
 2.Люк для заполнения отходов алюминия фольге
 3.Люблю заполнения средством крот
 4.Канал для отвода Газа
 5.Фильтры
 6.Люк для слива отходов
 7.Змеевик для обогрева
 8.Расширительный бак
 9.Трубка для подпитки водой с расширительного бака

Рисунок 2 - Схема установки для переработки отходов алюминиевой фольги

Таким образом в работе предложен способ и схема установки по переработке отходов алюминиевой фольги с получением тепловой энергии, которая может быть использована для обогрева помещений. Твердые отходы переработки могут применяться в производстве строительных материалов, а газ - водород, как топливо.

Литература:

1. Свой бизнес по производству алюминиевой фольги
<https://www.openbusiness.ru/html/dop8/alum-folga>
2. Средство «Крот» как средство для прочистки трубопровода <http://vseotruba.com>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССООБМЕНА В ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ ОТКРЫТОГО ТИПА

А.В. Кругликова

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
nastikrug@mail.ru

В работе описаны факторы, влияющие на процессы теплообмена в очистных сооружениях канализации открытого типа. Разработана компьютерная технология, которая позволяет проводить детальный анализ тепловых процессов в очистных сооружениях открытого типа с учетом теплообмена с окружающей воздушной средой, теплоотвода через стенки сооружения, конвективного теплопереноса и др. Созданная компьютерная модель может быть использована как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации очистных сооружений канализации, что позволит организовать эффективный температурный режим работы установки для различных климатических условий и облегчит наблюдения за качеством очищаемой жидкости.

In this research paper, we describe the factors that produce an effect on the heat exchange processes in the wastewater treatment plants of the waste water disposal system of open-type. The computer technology has been developed to allow detailed analysis of thermal processes in open-type wastewater treatment plants taking into account the heat exchange with the surrounding air environment, heat removal through the walls of the structure, convective heat transfer, etc. The created computer model can be used both at the design stage and at the stage of operation wastewater treatment plants, which will allow to organize an effective temperature operation of the installation for different climatic conditions and will facilitate observations of the quality of the liquid being cleaned.

В настоящее время очистные сооружения рассчитываются на среднегодовую температуру сточной жидкости, которая поступает в приемную камеру. Однако, температура сточной жидкости, которая поступает на очистные сооружения канализации (ОСК) имеет существенные отклонения, как в зависимости от этапа очистки, так и в зависимости от периода года. Наибольшие отклонения можно наблюдать на сооружениях малой производительности, так как теплоемкость содержимого канализационных сетей и очистных сооружений меньше, чем на ОСК с большей производительностью.

Снижение температуры сточной жидкости даже на несколько градусов приводит к снижению скорости окисления органических веществ в сооружениях биологической очистки в несколько раз, что приводит к увеличению объема сооружений биологической очистки (аэротенков), откуда следует повышение капитальных затрат на их строительство. А чрезмерное повышение температуры стоков также негативно отражается на работе аэротенков, так как при более высокой температуре снижается растворимость кислорода воздуха в аппаратах. Поэтому в летний период эксплуатационные затраты на осуществление биологических процессов в аэротенках всегда выше в сравнении с зимним периодом.

В работе [1] была разработана компьютерная модель, предназначенная для анализа, прогнозирования и оптимизации конкретных функционирующих ОСК, основными расчётными параметрами которой были расход и показатели сточной жидкости. В модели использовались расходы сточной жидкости: суточный и часовой, которые можно варьировать в диапазоне $\pm 40\%$ от проектного расхода. К варьлируемым показателям сточной жидкости относятся также температура, БПК_{пол}, взвешенные вещества, азот аммония, для них также предусмотрены определенные ограничения. В компьютерной модели можно

изменять экономические и технологические параметры: стоимость реагентов, количество работающих сооружений и работающего оборудования, дозу ила в аэротенках, удельный расход воздуха, степень циркуляции активного ила. Таким образом, изменяя показатели сточной жидкости на входе и технологические параметры сооружений, оборудования можно спрогнозировать качество очищенной сточной жидкости перед сбросом её в водоём.

Следует заметить, что данная модель позволяла учитывать температуру сточной жидкости, поступающей в приемную камеру очистных сооружений, которая при этом изменяется незначительно. В то же время в процессе очистки в очистных сооружениях канализации открытого типа температура жидкости может значительно изменяться.

Основным недостатком существующей компьютерной модели ОСК является отсутствие математического описания процессов теплообмена, протекающих в очистных сооружениях канализации (первичных отстойниках, аэротенках, вторичных отстойниках) и отсутствие возможности учитывать изменения температуры в этих сооружениях при изменении климатических факторов. В открытых первичных и вторичных отстойниках в зимний период охлаждение сточной жидкости происходит за счёт интенсивного испарения с открытой поверхности и потерь тепла через ограждающие конструкции, соприкасающиеся с грунтом. В тёплый период года сточная жидкость в этих сооружениях нагревается за счёт тепла солнечной энергии и сокращения потерь тепла в грунт. В аэротенках в зимний период охлаждение сточной жидкости происходит за счёт её испарения с открытой поверхности. Причём в перемешиваемой иловой смеси эти потери тепла намного выше в сравнении с первичными или вторичными отстойниками, где наблюдается ламинарное движение жидкости. В аэротенках в зимний период охлаждение иловой смеси также происходит за счёт потерь тепла через ограждающие конструкции. Помимо этого, охлаждение иловой смеси в аэротенках происходит за счёт нагнетания в него холодного воздуха. В тёплый период года в аэротенках, в сравнении с первичными или вторичными отстойниками, наблюдается более интенсивное нагревание иловой смеси за счёт постоянно перемешиваемой сточной жидкости и нагнетания горячего воздуха.

Фактор охлаждения и нагревания сточной жидкости в открытых сооружениях отрицательно влияет на их работу. Так, охлаждение сточной жидкости в первичных и вторичных отстойниках снижает эффект осаждения взвешенных частиц, а охлаждение иловой смеси в аэротенках затормаживает процесс биохимического окисления органических веществ. Неблагоприятно и чрезмерное нагревание сточной жидкости, особенно для аэротенков, так как при увеличении температуры снижается растворимость кислорода, который необходим для жизнедеятельности микроорганизмов активного ила, осуществляющих удаление загрязнений.

Учитывая актуальность вопроса, автор данного исследования предлагает новую компьютерную технологию для расчета тепловых процессов, основанную на моделировании движения жидкости с учетом различных физических факторов, таких как вынужденный конвективный теплоперенос в процессе движения жидкости в ОСК, теплообмен с внешней воздушной средой, солнечная радиация, потери тепла через стенки реактора, учет тепла, необходимого для приведения поступающего в реактор ила к рабочей температуре, учет тепловыделения от экзотермических реакций и др. В качестве инструмента выбран программный комплекс ANSYS Fluent, позволяющий моделировать течения многофазных сред с учетом всех перечисленных факторов. Задача решается для полномасштабной модели реактора ОСК на основе трехмерных осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, дополненных уравнениями энергии и k - ω SST модели турбулентности. Математическая модель учитывает теплообмен со стенками сооружения и грунтом путем решения сопряженной тепловой задачи. Численные исследования позволяют получить распределение средней скорости и температуры в реакторе и оценить вклад различных физических процессов в тепловой баланс при различных внешних условиях.

Создание компьютерной модели было выбрано с первичного отстойника, так как данное сооружение является первым звеном в рассматриваемой цепочке выбранного для изучения блока очистки.

После создания и настройки компьютерной модели первичного отстойника были заданы свойства материалов, из которых он состоит, а также свойства жидкости, которая в нем находится. Далее задаются граничные условия, которые позволяют выделить единственное решение из множества всех решений дифференциальных уравнений, описывающих движение среды. Важным этапом в процессе решения задачи является инициализация, то есть задание начальных данных. После всех подготовленных шагов и после проведенного решения данной задачи в первом варианте при заданном значении исходной температуры окружающей среды -37°C , можно судить о том, как температура окружающей среды существенно влияет на изменение температуры потока на выходе из сооружения (рис. 1).

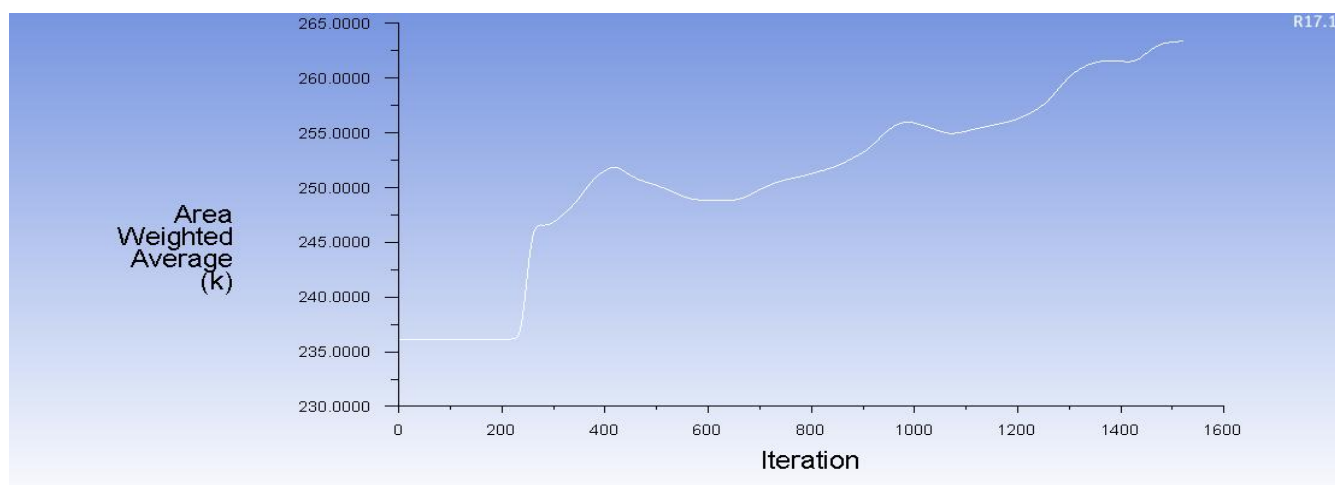


Рисунок 1 – Изменение статической температуры на выходе из отстойника

В данном программном комплексе есть возможность наблюдать за изменением необходимых параметров с помощью векторных полей, которые показывают наибольшее изменение температуры сточной жидкости в центральной трубе и раструбе, то есть в месте, где жидкость поступает в отстойник и ударяется об отражательный щит (рис. 2).

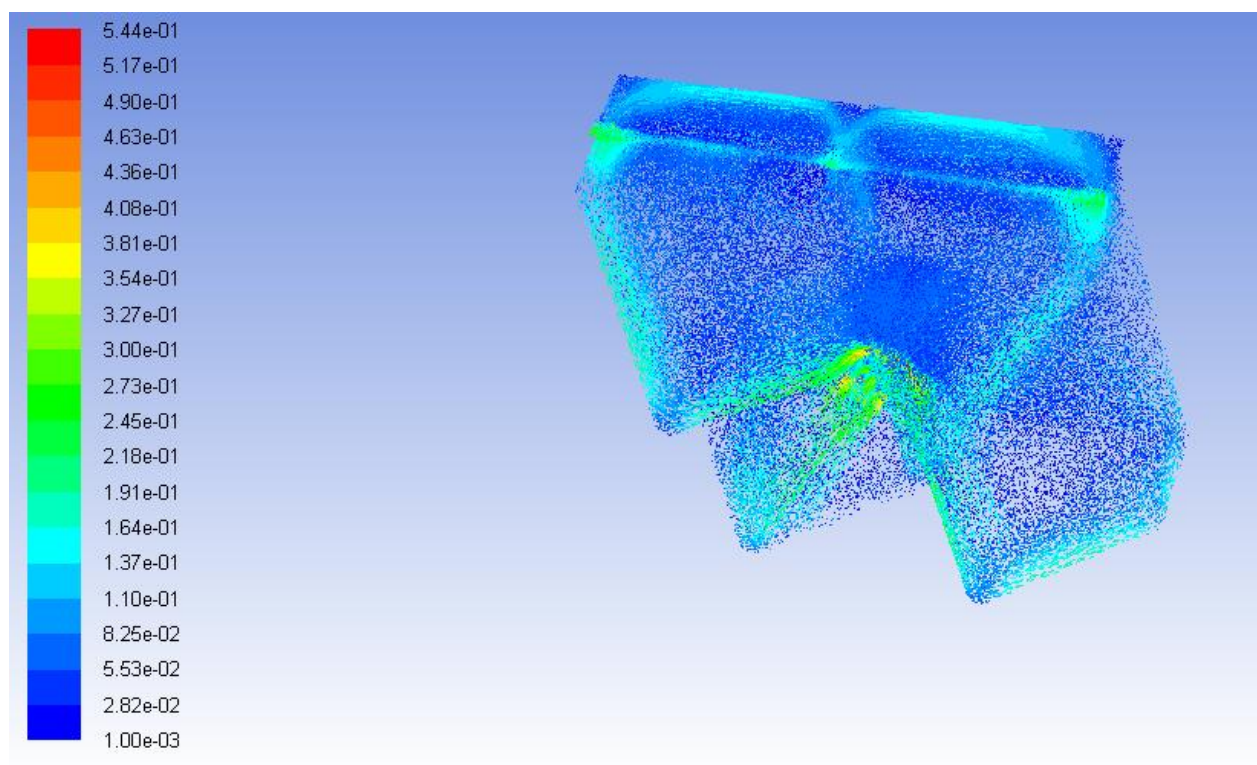


Рисунок 2 – Изменение температуры сточной жидкости, выраженное через векторные поля

Для зимнего режима, проведенный расчет и полученные результаты показали то, что в наиболее холодных условиях температура терпит критические изменения. Не учет изменения температуры при расчете очистных сооружений приводит к неточным показателям качества очистки сточной жидкости.

Литература:

1. Гвоздев В.А. Оптимальное управление технологическим циклом на городских очистных сооружениях канализации: Дис. канд. техн. наук: 05.23.04: Новосибирск, НГАСУ (Сибстрин), 2004. - 177 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПО УДЕЛЬНОМУ КОМБИНАТОРНОМУ ИНДЕКСУ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЮ ТОКСИЧНОСТИ

А.В. Левкович

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Г.И.Дьяченко

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск,
an.v.levkovich@gmail.com

В данной работе рассматривается качество поверхностных вод Новосибирска и Новосибирской области на основе таких показателей как удельный комбинаторный индекс загрязнения и показатель токсичности. Исследования данных показателей проводятся на основе экспериментально полученных данных. В ходе анализа выяснилось, что данные показатели сильно разнятся на одинаковых участках местности. На основе этого был выведен дополнительный показатель «токсичность загрязнения».

This article considers the quality of surface waters in Novosibirsk and the Novosibirsk region based on such indicators as specific combinatorial pollution index and toxicity index. The studies of these indicators are carried out on the basis of experimentally obtained data. In the course of the analysis, it turned out that these indicators vary greatly in the same parts of the terrain. On the basis of this, an additional indicator "pollution toxicity" was derived.

При оценке качества воды поверхностных водотоков Новосибирской области использовались два показателя токсичности: удельный комбинаторный индекс загрязнения (УКИЗВ) и показатель токсичности (Кт).

УКИЗВ учитывает частоту встречаемости и превышения предельно допустимых концентраций токсичных веществ в водах – пестицидов, нефтепродуктов, тяжелых металлов и т.п.

При определении Кт как тест-объект использовались дафнии вида *Daphnia magna* Straus. Этот вид дафний наиболее чувствителен к присутствию в водной среде тяжелых металлов и фосфорорганических пестицидов; имеет относительно короткий жизненный цикл (партеногенетические поколения следуют одно за другим каждые 3...4 дня). В зависимости от степени загрязненности значения показателей принималось от 0 – вода «чистая» до 16 – вода «очень грязная» и вода «экстремально грязная» при показателях более 16.

Результаты исследований для пяти точек опробования приведены в таблице 1.

Видно, что значения двух показателей существенно отличаются. Несоответствие оценок загрязнения воды двумя методами отчетливо выражено на графике, представленном на рисунке 1.

Вода, поступающая из водохранилища, имеет УКИЗВ - 3,84, непосредственно за чертой города – 5,15; снижается до 4,1 в 3 км ниже по течению и до 3,86 еще через 3 км. В тех же местах опробования Кт принимает значения 1,81; 1,73; 2,1 и 1,1. При сопоставлении обращает на себя внимание не соответствие двух показателей непосредственно ниже по течению от источника загрязнения – большого города. Такое же соотношение показателей УКИЗВ и Кт отражено на графике.

Снижение загрязненности и токсичности вод реки вниз по течению может быть обусловлено поступлением более чистых вод ее притоков. В нашем случае этот вариант исключен, так как дебит притоков в пределах рассматриваемой площади водосбора суммарно существенно меньше дебита р.Оби, а уровень загрязнения гораздо выше. Более вероятным является самоочищение вод в результате сорбции токсикантов на донных илах и окисления органических компонентов в результате повышенной аэрации вод при работе турбин Новосибирской ГЭС.

Таблица 1 – Качество воды по значению удельного комбинаторного индекса загрязненности (УКИЗВ) и токсичности (Кт)

Наименование водного объекта	створа	Степень загрязненности воды	
		УКИЗВ(2015)	Кт
Река Обь, 300м ниже ГЭС		Загрязненная (2,83)	Условно чистая – слабо загрязненная (1,92)
Река Обь, очистные сооружения		Грязная (4,14)	Условно чистая – слабо загрязненная (1,59)
Река Обь, п.Ягодное, НСО		Очень загрязненная (3,77)	Слабо загрязненная (2,32)
Река Каменка (устье)		Очень грязная (6,53)	Условно чистая – слабо загрязненная (1,96)
Река Тула (устье)		Грязная (5,55)	Слабо загрязненная (2,08)

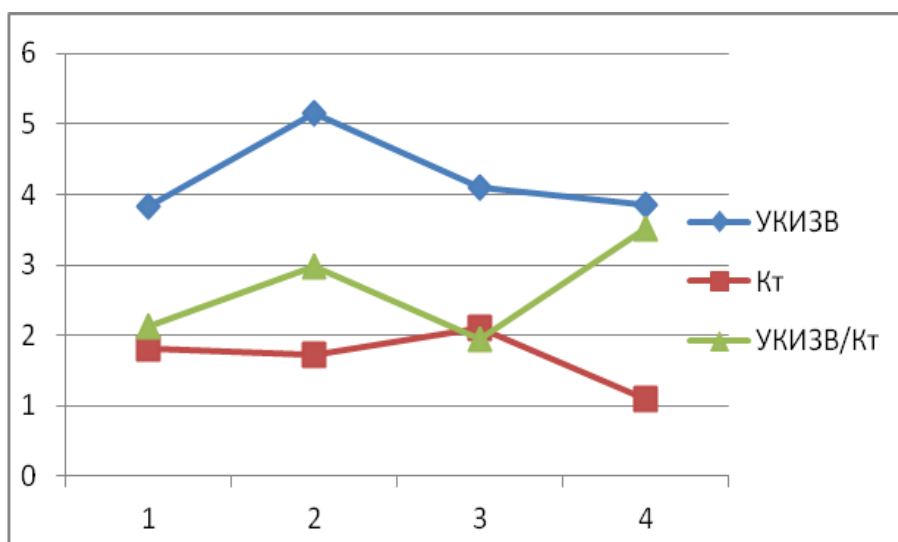


Рисунок 1 – Сравнение показателей УКИЗВ и Кт

1- р. Обь, г.Новосибирск, 300 м ниже ГЭС; 2 - р.Обь, г.Новосибирск, 3 км ниже города; 3 - р.Обь, г.Новосибирск, 9 км ниже города; 4 - р.Обь, с.Дубровино, НСО.

Сложнее определить причину повышения токсичности вод при снижении загрязнения в 9 км от г. Новосибирска. Естественно предположить, что в течение относительно длительного времени разлагаются малотоксичные вещества, но образуется меньшее количество веществ, высокотоксичных для дафний. Так полихлорированные бифенилы при

фотолизе на солнечном свете могут в процессе ряда последовательных реакций образовывать диоксины, гораздо более токсичные загрязнители. При этом следует иметь в виду, что чувствительность человека и дафний к токсикантам не одинаковая. Например, дафнии слабо реагируют на повышенные концентрации марганца.

Уровень загрязнения вод р. Оби и ее притоков вне города находится практически на одном уровне, но в городской черте существенно выше. При этом токсичность поверхностных вод лишь немногим выше и после некоторого повышения резко падает в районе с. Дубровино, где расположена крупная нефтебаза. Если допустить, что здесь поверхностные воды загрязняются нефтепродуктами относительно малотоксичными для дафний, то отношение УКИЗВ/Кт отражает *токсичность загрязнения*.

В отличие от показателей УКИЗВ и Кт, отражающих, соответственно, загрязнение и токсичность вод, этот результат представляется интересным, но нуждается в подтверждении и проверке на более полном материале с использованием результатов по различным водотокам.

Выводы:

1. Сравнение показателей Кт и УКИЗВ показало, что токсичность вод во всех случаях меньше их загрязнения.

2. Загрязненность воды в черте города по УКИЗВ возрастает с 3,8-4,7 до 5,5-6,3, но быстро, на расстоянии менее 10 км, возвращается к исходным значениям, т.е. город сбрасывает в гидросеть, главным образом, органические соединения, а минеральная составляющая загрязнений формируется выше водохранилища, в верхнем течении реки.

3. Существует вероятность образования в условиях повышенного содержания кислорода и освещенности из относительно малотоксичных веществ более токсичных, например, диоксинов из хлорбифенолов.

МОНИТОРИНГ ЛЕСОВ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА ПРИ ПОМОЩИ ДИРИЖАБЛЕЙ

Е.К. Молчанова, Ф.А Чичайкин, А.Г. Кузнецов

Московский авиационный институт, г. Москва,
kat.molcha@mail.ru

Работа посвящена анализу состояния лесов Сибири и Дальнего Востока. В работе изложены взгляды на охрану, защиту и сохранение лесов регионов при помощи многоцелевого дирижабля нового поколения.

The work is devoted to the analysis of the state of forests in Siberia and the Far East. The work outlines views on the protection, protection and conservation of regional forests using a multi-purpose airship of a new generation

Согласно статистическим данным, в России сосредоточено около 20 % мировых запасов древесины, а леса нашей страны занимают поистине огромную территорию: около 800 миллионов гектаров. При этом подавляющее большинство их располагается в Сибири и на Дальнем Востоке. Поэтому тема охраны и защиты этих лесов при помощи дирижаблей является актуальной.

Леса Сибири и Дальнего Востока испытывают сильнейший пресс из-за различных факторов, прежде всего, от

–антропогенной деятельности, которая влечет за собой сокращение площадей лесных массивов из-за развития промышленности, выразившееся в десятках миллионов гектаров вырубленных, затопленных и погибших от промышленных выбросов лесов;

–природных явлений: ветровалов, вспышек массового размножения насекомых-вредителей, и, наконец, пожаров. Особенно сильно воздействие пожаров сказывается на лесных экосистемах Сибири, что обусловлено их высокой пожароопасностью и крайне медленным восстановлением после выгорания. Сибирь - это один из немногих регионов бореальной зоны, где после лесных пожаров формируются обширные обезлесенные территории, покрытые кустарниковыми зарослями и мощным травяным покровом. В России с 1994 по 2005 год погибло более 5 млн. га лесных насаждений. Ежегодный ущерб от пожаров составляет десятки миллиардов рублей.

Но несмотря на все бедствия, которым подвергаются леса Сибири и Дальнего Востока, одной из важнейших особенностей этих лесов остается сохранение на огромных площадях естественных насаждений, почти не подверженных антропогенной деятельности. Лесные экосистемы имеют свой естественный уровень биоразнообразия. И очень важно это биоразнообразие сохранить и уберечь!

Для коренного изменения положения дел в борьбе с антропогенными бедствиями нужно перейти к разработке и внедрению принципиально новых (инновационных) авиационно-космических технологий, которые бы прогнозировали, обнаруживали пожары и с высокой эффективностью осуществляли их тушение. И мое решение – это дирижабли!

Так, государственный научный центр лесопромышленного комплекса (ФГУП «ГНЦ ЛПК») и научно-производственная фирма «Аэростатика» (ООО «НПФ «Аэростатика») уже предлагают проект, цель которого создать универсальный аэростатический комплекс «УК-Д» на базе многоцелевого дирижабля нового поколения «А-300 МУ». На рис. 1 показан общий вид такого дирижабля.



Рисунок 1 - Общий вид дирижабля «А-300 МУ»

Его назначение: мониторинг состояния лесных территорий (700...900 тыс. кв. км / сутки); обнаружение зарождения очагов лесных пожаров в радиусе 100...300 км; оперативное (в течение 1 часа) тушение очагов лесных пожаров. Патологическая и экологическая оценка состояния лесных территорий.

Проект предусматривает использование:

1. дирижабля с уникальными летно-техническими и эколого-экономическими параметрами (вертикальные взлет и посадка, зависание над объектом, длительность беспосадочного полета – до трех суток, скорость – до 150 км/ч; грузоподъемность – до 9 т, возможность оперативной доставки в любую точку пожарных расчетов со спецтехникой, водяных противопожарных бомб, тракторов и машин; низкий уровень шума, низкие выбросы в атмосферу токсичных продуктов сгорания топлива; естественная безопасность полетов; низкая себестоимость летного часа – 9...11 тыс. руб.);

2. современных дистанционных, большого радиуса действия средств наблюдения и контроля в нескольких диапазонах днем и ночью, в том числе: микроволновых радиометров, гиросtabilизированных систем оптического наблюдения (СОН) с телевизионным и тепловизионным каналами, высокочувствительных тепловизоров, приборов космической навигации ГЛОНАСС и GPS;

3. новых высокоэффективных способов и средств пожаротушения с использованием тонкораспыленной (мелкодисперсной – 100...150 мкм) воды.

Предлагаемое оборудование обеспечивает новые, недоступные для сегодняшних средств возможности обнаружения.

Микроволновые радиометры дирижабля «УК-Д» позволяют:

– получить информацию о влажности подстилки и содержании влаги в почве леса и кроне деревьев;

– в случае с торфяниками выявлять скрытые и не проявляющиеся в данный момент очаги возгорания торфа.

Таким образом, микроволновые измерения в зонах возможного возгорания леса позволяют использовать их в различных прогнозных алгоритмах и перейти к поиску эффективных критериев оценки пожарной опасности лесных и лесоболотных территорий.

Установка на дирижабль «УК-Д» сканирующих систем оптического и телевизионного наблюдения с высокой разрешающей способностью позволит по пеленгу тепловых полей

(днем и ночью) и дыма (только в светлое время суток) определить и с высокой степенью точности установить в радиусе 100...130 км координаты очага зарождающегося пожара площадью менее 0,01 га.

За один час дирижабль «АК-Д» в состоянии обследовать территорию площадью не менее 30 тыс. км², за сутки – около 700...900 тыс. км². Комплекс имеет минимальные курсовые, креновые и тангажные отклонения, вибрационные характеристики, что позволяет получать изображения высокого качества.

Применение комплекса «УМК-Д» позволит на принципиально новом технологическом уровне производить мониторинг, оценку патологического и экологического состояния лесных территорий, своевременно выявлять зарождающиеся очаги пожара и оперативно и эффективно тушить их.

Предлагаемый проект логически вписывается в предложения Рослесхоза по созданию федеральных межрегиональных авиационных лесопожарных центров, которые участвуют в обнаружении и тушении пожаров.

Создание Федеральных межрегиональных центров пожаротушения на основе дирижаблей нового поколения включено в национальную программу пожаротушения с 2015 г.

Дирижабли создают большой радиус обзора и заменяют собой наблюдательные вышки, тем самым оказывают незаменимую услугу лесному хозяйству по охране лесов от пожаров и наблюдению за ними.

Литература:

1. Методы оценки экологической опасности / Под ред. Т.А. Хоружей – М.: Экономика, 1991. – 220 с.
2. Криволуцкий, Р.А. Биоиндикация радиоактивных загрязнений / Р.А. Криволуцкий. – М.: Наука, 1999. – 384 с.
3. Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1980.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЙ

Т.И. Синицына

Московский авиационный институт, г. Москва,
sinitsina.tasya@mail.ru

В работе обсуждаются вопросы экологически безопасного использования биотехнологий, одной из наиболее острых проблем обозначенных в решениях конференции в Рио-де-Жанейро в виде программы «Повестка дня на XXI век», принятой Организацией Объединенных Наций (ООН), с целью устойчивого развития в XXI веке.

The paper discusses the issues of environmentally sound use of biotechnology, one of the most acute problems identified in the decisions of the Rio Conference in the form of Agenda 21, adopted by the United Nations (UN), for sustainable development in the 21st century.

Биотехнология — дисциплина, изучающая возможность использования живых организмов, их систем или продуктов их жизнедеятельности для решения технологических задач, а также возможности создания живых организмов с необходимыми свойствами методом генной инженерии.

В первом разделе 16 главы программы «Повестка дня на XXI век» говорится: «Биотехнология представляет собой комплексную область деятельности, в которой новые методы современной биотехнологии соединены с устоявшейся практикой традиционных биотехнических мероприятий. Основу этой растущей наукоемкой отрасли составляет комплекс методов, дающих человеку возможность целенаправленно изменять структуру дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), или генетического материала, растений, животных и микроорганизмов с выходом на получение полезных продуктов и технологий».



Рисунок 1 – Проведение лабораторных исследований

Биотехнологии делится на несколько видов:

Биоинженерия - это дисциплина, направленная на углубление знаний в области инженерии, биологии и медицины и укрепление здоровья человечества за счёт междисциплинарных разработок, которые объединяют в себе инженерные подходы с достижениями биомедицинской науки и клинической практики. Также одним из основных направлений биоинженерных исследований является применение методов компьютерного моделирования для создания белков с новыми свойствами, а также моделирования взаимодействия различных соединений с клеточными рецепторами в целях разработки новых фармацевтических препаратов.

Биомедицина – это раздел медицины, изучающий с теоретических позиций организм человека, его строение и функцию в норме и патологии, патологические состояния, методы

их диагностики, коррекции и лечения. Биомедицина включает накопленные сведения и исследования, в большей или меньшей степени общие медицине, ветеринарии, стоматологии и фундаментальным биологическим наукам, таким, как химия, биологическая химия, биология, гистология и т.д.

Наномедицина – это наблюдение, исправление, конструирование и контроль над биологическими системами человека на молекулярном уровне, используя различные наноустройства.

Биофармакология – это раздел фармакологии (медико-биологическая наука о лекарственных веществах и их действии на организм), который изучает физиологические эффекты, производимые веществами биологического и биотехнологического происхождения.

Бионика – это прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы, то есть формы живого в природе и их промышленные аналоги.

Биоремедиация - комплекс методов очистки воды, грунта и атмосферы с помощью метаболического потенциала различных биологических объектов — растений, грибов, насекомых, червей и прочих организмов.

Биотехнологии имеют несколько основных направлений, такие как: получение и использование различных полезных ферментов, производство пищевых белков и аминокислот, получение биологически активных белков и гормонов, получение антибиотиков, создание новых пород животных/сортов растений/микроорганизмов и т.д, производств витаминов, и, наконец, биологические методы борьбы с загрязнениями окружающей среды.

В настоящее время ученые рассчитывают на то, что развивая биотехнологию, мы внесем весомый вклад в повышение уровня мед. обслуживания, укрепление продовольственной безопасности основанное на внедрении рациональных методов ведения сельского хозяйства, улучшение поставок питьевой воды, повышение качества процессов промышленной переработки сырья, содействие внедрению рациональных методов облесения, восстановления лесов и обеззараживания вредных отходов.

Задача удовлетворения растущего потребительского спроса населения планеты заключается не только в увеличении объема производства продуктов питания — потребуется также существенно усовершенствовать систему распределения продовольствия при одновременной разработке более рациональных систем ведения сельского хозяйства. Необходимо будет обеспечить, чтобы это увеличение производства в значительной мере произошло в развивающихся странах. Это потребует успешного и экологически безопасного применения биотехнологии в сельском хозяйстве, в области охраны окружающей среды и здравоохранения. Капиталовложения в современную биотехнологию большей частью осуществляются промышленно развитыми странами. Развитие биотехнологии потребует значительных новых капиталовложений и усилий по развитию людских ресурсов, особенно в развивающихся странах.

Принимая во внимание необходимость содействовать применению надлежащих мер обеспечения безопасности на основе программной области, образовались следующие цели:

а. в оптимальной степени повысить путем использования совокупного потенциала современной биотехнологии и традиционных методов селекции растений/животных/микроорганизмов, включая более широкое использование ресурсов генетических материалов, как гибридных, так и естественных, продуктивность основных сельскохозяйственных культур, скота и различных видов аквакультуры². Аналогичным образом следует увеличить выход лесной продукции, с тем чтобы обеспечить устойчивое лесопользование;

б. сократить потребность в увеличении объема производства продовольствия, кормов и сырьевых материалов путем улучшения питательных свойств (состава) исходных

культур, животных и микроорганизмов и сократить послеуборочные потери продукции растительного и животного происхождения;

с. расширить применение комплексных методов борьбы с вредителями и болезнями и методов воздействия сельхозкультур в целях устранения чрезмерной зависимости от агрохимикатов, поощряя тем самым применение экологически устойчивых методов ведения сельского хозяйства;

d. произвести оценку сельскохозяйственного потенциала маргинальных земель в сравнении с другими потенциальными видами землепользования, разработать, где это целесообразно, системы, позволяющие обеспечить устойчивое повышение продуктивности;

e. расширить применение биотехнологии в лесоводстве в целях повышения продуктивности лесохозяйственных угодий и эффективности методов облесения и лесовосстановления. Усилия должны сосредотачиваться на видах и продуктах, выращиваемых, в частности, в развивающихся странах и представляющих для них ценность;

f. повысить эффективность фиксации азота и усвоения минеральных веществ на основе симбиоза высших растений и микроорганизмов;

g. наращивать потенциал в области фундаментальных и прикладных наук и расширять возможности управления сложными проектами междисциплинарных научных исследований.

Как следует из программы «Повестки дня на XXI век» важно то, что правительствам разных стран следует:

1) повышать продуктивность и питательные качества, а также увеличивать сроки хранения продовольственной продукции и кормов, включая работу по сокращению до- и послеуборочных потерь;

2) далее укреплять устойчивость к болезням и вредителям;

3) выводить сорта растений, устойчивых и/или невосприимчивых к таким неблагоприятным факторам, как влияние сельскохозяйственных вредителей и болезней, а также к абиотическим факторам;

4) поощрять использование недостаточно полно задействованных культур, имеющих вероятное потенциальное значение с точки зрения обеспечения населения продуктами питания и поставок сырья для промышленности;

5) повышать эффективность симбиотических процессов, содействующих обеспечению устойчивого сельскохозяйственного производства;

6) содействовать сохранению и безопасному обмену зародышевой плазмы растений, животных и микроорганизмов на основе применения методов оценки и снижения опасности, включая более совершенные диагностические приемы обнаружения вредителей и выявления заболеваний с использованием усовершенствованных способов ускорения процесса размножения;

7) разрабатывать более совершенные методы диагностики и вакцины для предупреждения распространения заболеваний и оперативного обнаружения токсинов или инфекционных организмов в продуктах, предназначенных для использования человеком или кормления скота;

8) вести поиск более продуктивных пород быстрорастущих деревьев, особенно для получения топливной древесины, и разрабатывать методы ускорения процесса размножения в целях содействия их более широкому распространению и использованию;

9) проводить оценку различных биотехнологических приемов, используемых для повышения продуктивности рыбы, водорослей и других видов аквакультуры;

10) оказывать содействие обеспечению устойчивой продуктивности сельского хозяйства на основе укрепления существующих исследовательских центров и расширения их проблематики в целях достижения необходимого потенциала путем стимулирования и контролирования исследовательской деятельности, связанной с разработкой биологических

продуктов и процессов, имеющих ценное значение с точки зрения продуктивности и экологической безопасности и экономически и социально обоснованных, принимая при этом во внимание соображения безопасности;

11) поощрять комплексное использование надлежащих и традиционных биотехнологий для целей культивации трансгенетических растений, выращивания здоровых животных и охраны генетических ресурсов леса;

12) развивать процессы, направленные на обеспечение более широкого доступа к получаемым биотехнологическими методами материалам для использования в производстве продуктов питания, кормов и возобновляемых сырьевых материалов;

Таким образом, можно сделать вывод, что, несмотря на всю полезность и кажущуюся безопасность, биотехнологии могут оказывать сильное негативное влияние на окружающую среду, для предотвращения которого в данный момент нужно проводить активные научные исследования.

Литература:

1. «Повестка дня на XXI Век» <https://studfiles.net/preview/4168836/page:64/>
2. http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21_ch16.shtml
3. <http://3ys.ru/ekologicheskie-riski/ekologicheskii-bezopasnoe-ispolzovanie-biotekhnologii.html>
4. http://koi.tspu.ru/koi_books/fedotov1/lecture10.htm

ВОЗМОЖНЫЕ СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ОПАСНОМ ХИМИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ (АО «ВОДОКАНАЛ» г. ЯКУТСКА)

Н.Ч.Тоноева, Е.А.Удальцов

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск,
tonoeva1395@mail.ru

Рассмотрены возможные сценарии развития аварии на химически опасном объекте (складе хлора). Проведена оценка химической обстановки при разгерметизации контейнеров с жидким хлором на химически опасном объекте. Цель работы – оценить химическую обстановку при разливе АХОВ (жидкого хлора) на опасном химическом объекте (складе хлора) АО «Водоканал» г. Якутска. Оценку химической обстановки на опасном объекте провели, руководствуясь РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте».

Possible development scenarios of an accident at a chemical dangerous object (chlorine warehouse) are considered. Assessment of a chemical situation of depressurization of containers with liquid chlorine on chemically dangerous object is carried out. The goal of the work is to assess the chemical situation of the flooding ECHS (liquid chlorine) on a chemical dangerous object (chlorine warehouse) of JSC «Vodokanal», Yakutsk. RD 52.04.253-90 "Method for forecasting scales of contamination with potent poisonous substances at accidents (destructions) on chemically dangerous objects and transport" was used in assessing the chemical situation on dangerous object.

В экономически развитых странах Запада практически отказались от жидкого хлора в водоочистке, перейдя на использование более безопасных и эффективных соединений. Устаревшее оборудование и изношенные инженерные сети в России не позволяют применять гипохлорит натрия, который является основным веществом для массовой дезинфекции воды в США и Евросоюзе. Большинство российских предприятий по водоочистке по-прежнему используют хлор, рискуя здоровьем и жизнью своих сотрудников, а также населения, проживающего в непосредственной близости от мест хранения опасного вещества. Основная проблема жидкого хлора заключается в возможности его утечки из емкости, при соприкосновении с воздухом он быстро переходит в газообразное состояние [4].

Класс опасности хлора 2, токсичный газ удушающего действия. Согласно ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» и ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»: ПДК в рабочих помещениях – 1 мг/м^3 , ПДК_{м.р} – $0,1 \text{ мг/м}^3$, ПДК_{с.с} – $0,03 \text{ мг/м}^3$ [1, 2].

АО «Водоканал» г. Якутска осуществляет водоотведение, реализацию потребителям услуг водопровода и канализации, очистку сточных вод. Согласно оценке риска, проведенной на АО «Водоканал» вероятность разгерметизация одного контейнера 10×10^{-5} в год, разрушение одного контейнера $1,2 \times 10^{-4}$ в год, вероятность одновременной разгерметизации всех контейнеров, хранящихся на складе хлора менее 10^{-8} в год. Исходя из этих значений риска, нами была поставлена цель провести оценку химической обстановки при разливе жидкого хлора, аварии на опасном химическом объекте (склад хлора) АО «Водоканал» г. Якутска.

На основе имеющихся данных по складу хлора, располагающегося в 4 км от центра, была проведена оценка химической обстановки при разливе жидкого хлора. Жидкий хлор в контейнерах объемом 800 л и вместимостью 1000 кг предназначен для дезинфекции в случае аварийных ситуаций. Рассмотрены два наиболее опасных возможных сценария развития аварий: полное разрушение контейнера с выбросом, содержащегося хлора, причиной которого может служить ошибки персонала, технические неполадки, а также одновременное разрушение всех хранящихся на складе контейнеров при диверсионных действиях.

Площадь территории 0,5 гектар. Количество единовременно хранимого на складе хлора составляет 24 т. Общая численность рабочих – 10 человек. В пределах санитарно-защитной зоны жилых и общественных зданий нет. В пределах опасной зоны для складов жидкого хлора в контейнерах жилых и общественных зданий нет. Минимальное расстояние от объекта до селитебной зоны составляет более 0,8 км.

Краткая характеристика наиболее опасного сценария развития чрезвычайных ситуаций: разгерметизация контейнеров с жидким хлором на открытой площадке – образование струйного выброса жидкого (газообразного) хлора из отверстия – вскипание хлора + образование аэрозольного облака хлора + истечение хлора на поверхность (ограниченная обвалованием) – образование и распространение хлорного облака в атмосфере – попадание в зону хлорного облака людей – интоксикация людей на открытой площадке.

При наиболее опасном сценарии развития аварии, одновременном разрушении 30 емкостей с хлором на ХОО, расположенном на расстоянии более 0,8 км от города выявление и оценка химической обстановки выполнена в соответствии с РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения СДЯВ при авариях (разрушениях) на ХОО и транспорте».

Емкость одного контейнера с жидким хлором составляет $V_x = 0,8 \text{ м}^3$. Плотность хлора $d = 1,553 \text{ т/м}^3$, $H = 0,7$ - высота «поддона» («обвалования»), м; При расчетах, согласно методике принимаются следующие допущения: емкости, содержащие АХОВ, при авариях разрушаются полностью; метеоусловия: степень вертикальной устойчивости воздуха инверсия, скорость ветра – 1 м/с, температура воздуха $t = +20^\circ$; время от начала аварии – 1 час; $\Delta = 2523$ средняя плотность населения в городе, чел./км², $\Delta' = 1$ - средняя плотность населения в загородной зоне (ЗЗ), чел./км², $K = 1$ - доля незащищенного населения в городе, $K' = 0,8$ доля незащищенного населения в ЗЗ.

Основной задачей прогнозирования масштабов заражения АХОВ является определение глубины распространения первичного и вторичного облака зараженного воздуха [3].

Рассмотрев два возможных сценария развития аварийной ситуации, рассчитаны глубины распространения зараженного воздуха и возможные при этом общие потери населения в очаге поражения АХОВ, результаты которых представлены в таблице 1.

Проведенная оценка химической обстановки при разливе жидкого хлора на опасном химическом объекте (складе хлора) АО «Водоканал» позволила установить, что при наиболее опасном сценарии аварии, одновременной разгерметизации всех хранящихся на складе временного хранения контейнеров в результате диверсионного акта в окружающую среду может быть выброшено максимально 24 тонны жидкого хлора. При этом практически мгновенно в газовую фазу перейдет до 6,709 т хлора. Остальное содержимое контейнера охладится до температуры -34°C и будет медленно испаряться под воздействием внешнего

теплопритока из окружающей среды, в течение 1 часа. Продолжительность поражающего действия АХОВ 14,93 ч (время испарения АХОВ с площади пролива). Величина возможных общих потерь населения 1463 человек. При наиболее вероятном сценарии

аварии, разрушении одного контейнера в газовую фазу перейдет 0,224 т. Величина возможных общих потерь населения 316 человек.

Одним из возможных путей решения проблемы и возможности избежать аварии, является переход на более безопасный дезинфектант – гипохлорит натрия. Весомым преимуществом в использовании гипохлорита натрия вместо жидкого хлора в качестве дезинфицирующего средства является то, что он не горюч и не взрывоопасен. Однако имеются и некоторые недостатки: гипохлорит натрия проявляет наибольшую активность только в щелочной среде, неустойчив и подлежит разложению, при этом теряет дезинфицирующие свойства.

Таблица 1 – Результаты оценки химической обстановки на объекте

	При разрушении одного контейнера с жидким хлором, 0,8 т	При разрушении всех контейнеров с жидким хлором, 24 т
Эквивалентное количество АХОВ по первичному облаку $Q_{\Sigma 1}$ (т):	$Q_{\Sigma 1} = 0,0224$	$Q_{\Sigma 1} = 6,709 \text{ т}$
Эквивалентное количество АХОВ по вторичному облаку $Q_{\Sigma 2}$ (т):	$Q_{\Sigma 2} = 0,0682$	$Q_{\Sigma 2} = 2,047 \text{ т}$
Продолжительность поражающего действия АХОВ (время испарения АХОВ с площади пролива) (ч):	$T = 14,933$	$T = 14,93$
Полная глубина зоны заражения Γ (км)	$\Gamma = 2,34 \text{ км}$	$\Gamma = 5 \text{ км}$
Время подхода зараженного облака к объекту, расположенному на пути его движения (мин):	$t = 6 \text{ мин}$	$t = 6 \text{ мин}$
Площадь зоны возможного химического заражения (ЗВХЗ) первичным (вторичным) облаком АХОВ:	$S_B = 5,943 \text{ км}^2$	$S_B = 39,25 \text{ км}^2$
Площадь зоны фактического заражения АХОВ:	$S_{\phi} = 0,443 \text{ км}^2$	$S_{\phi} = 2,025 \text{ км}^2$
Возможные общие потери населения в очаге поражения АХОВ:	$P^0 = 316 \text{ чел}$ безвозвратные потери: 111 чел., санитарные потери средней и тяжелой степени: 127 чел., санитарные потери легкой степени: 79 чел.	$P^0 = 1463 \text{ чел}$ безвозвратные потери: 513 чел., санитарные потери средней и тяжелой степени: 586 чел., санитарные потери легкой степени: 366 чел.

Переход на более безопасный дезинфектант – гипохлорит натрия, ограничен природно-географическими особенностями региона в силу логистической сложности. Транспортировка состоит из железнодорожной и автомобильной перевозки. Кроме того, гипохлорит натрия неустойчив и подлежит разложению, при этом теряет дезинфицирующие свойства. *Гипохлорит натрия марки «А» теряет до 30% от первоначального содержания активной части в результате хранения по истечении 10 суток. Климатические особенности региона – это сверхнизкие температуры воздуха зимой (-50 °С). Поэтому еще одним ограничением является то обстоятельство, что гипохлорит натрия замерзает в зимнее время при температуре -25°С, а в летнее время наблюдается выпадение осадка, что приводит к необходимости использования железнодорожных цистерн с термоизоляцией для перевозки реагента.*

Литература:

5. ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест»
6. ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»
7. РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте».
8. Черкасов С.В. «Гипохлорит натрия. Свойства, теория и практика применения» [Электронный ресурс]/ С.В. Черкасов / - Режим доступа: <http://wwtec.ru/index.php?id=410>

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

А.А. Цыба, Ю.Л. Сколубович

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин), г.Новосибирск,
anyuta.tsyba@yandex.ru

Поверхностные сточные воды, с территорий городов и промышленных предприятий, являются основными источниками загрязнений водоемов. Это происходит вследствие организованного и неорганизованного поступления в водоем неочищенных поверхностных сточных вод. Количество и качество поверхностных сточных вод зависит от многих факторов. Вследствие этого, невозможно достаточно полно определить состав поверхностного стока, но можно установить состав и основные загрязняющие вещества. На основании выполненного литературного обзора, можно выделить следующие характерные загрязнения, присутствующие в поверхностных сточных водах: взвешенные вещества, нефтепродукты, органические и биогенные вещества, а так же химические соединения различной степени вредности. Наиболее неблагоприятное влияние на экосистему водоемов оказывают взвешенные вещества и нефтепродукты, способствующие заиливанию водоема, нарушению кислородного баланса водоема, гибели микроорганизмов и нарушению самоочищающей способности водоемов. Для улучшения экологического состояния водоемов необходимо предусматривать очистку поверхностных сточных вод и их организованный отвод.

Surface sewage, from territories of the cities and the industrial enterprises, is the main sources of pollution of reservoirs. This takes place due to the organized and unorganized flow of untreated surface sewage into reservoirs. The quantity and quality of surface sewage depends on many factors. On the basis of the fulfilled literary review the following typical kinds of pollution contained in surface sewage have been defined: suspended solids, oil products, organic and biogenic substances, as well as chemical compounds of various degree of harmfulness. The most adverse impact on the ecosystem of reservoirs is exerted by suspended solids and oil products contributing to siltation, violation of oxygen balance, death of microorganisms and violation of the self-clearing ability of reservoirs. To improve the ecological condition of reservoirs it is necessary to provide treatment and organized drainage of surface sewage.

До недавнего времени поверхностные сточные воды считались условно чистыми и не представляющими опасность для водных объектов. Однако, в настоящее время, установлено, что поверхностные сточные воды, отводимые с территорий городов и промышленных предприятий, значительно загрязнены и не могут сбрасываться в водные объекты без предварительной очистки [1]. На основании проведенного литературного обзора [1...5], выявлено, что одним из важнейших факторов загрязнения гидросферы являются поверхностные сточные воды, которые способны внести в водные объекты до 99% загрязнений. Поэтому организованный отвод с дальнейшей очисткой поверхностных сточных вод, является важной задачей для улучшения экологического состояния водных объектов.

Поверхностные сточные воды содержат в себе все виды загрязнителей, таких как: сажа, смытая почва, биогенные вещества, входящие в состав удобрений, мусор, дорожная соль и другие вещества, входящие в состав отработанных газов, машинное масло с дорог и автомобильных стоянок, АЗС и др.

Характер и степень загрязнений поверхностных сточных вод, с территорий городов и промышленных предприятий, различен. Их качественные и количественные

характеристики зависят от уровня благоустройства города и промышленных площадок, интенсивности движения пешеходов и транспорта, количество предшествующих дождю сухих дней, продолжительности и интенсивности дождя, интенсивности снеготаяния, характера производства промышленных предприятий [6]. В зависимости от расхода поверхностных сточных вод изменяется и количество загрязнений, поступающих в водные объекты. При малых расходах воды дождевого стока загрязнения с поверхности практически не смываются. По мере его увеличения в нем растут концентрации взвешенных веществ, азота, фосфора, и достигает максимума перед пиком дождя.

Талые воды обычно содержат хлориды, взвешенные вещества, которые в 1,5...2 раза больше чем в дождевом. Практически все стоки содержат большое количество органических веществ, нефтепродукты и имеют высокую окисляемость.

Сток с промышленных площадок имеет более сложный состав. Средние концентрации взвешенных частиц с площадок машиностроительных, металлообрабатывающих, приборостроительных, пищевых предприятий составляют 1,7...2,5 г/л. В поверхностном стоке металлургических заводов, горно-обогатительных комбинатов, предприятий строительной индустрии содержится 4-6 г/л взвеси. Для большинства предприятий значение БПК мало отличается от городского стока. Среднее содержание по БПК 5 может составлять от 40-50 до 100-150 мг/л. Поверхностный сток предприятий легкой и пищевой промышленности (мясокомбинатов, молочных и сыродельных заводов, текстильных предприятий) опасен в санитарно-эпидемиологическом отношении, так как в нем могут содержаться патогенные микробы и вирусы. В стоках с золоотвалов ТЭЦ, крупных деревообрабатывающих, бумажно-целлюлозных комбинатов содержание летучих фенолов составляет 25-45 мг/л, а нелетучих - 250-300 мг/л. На ряде предприятий образуются специфические поверхностные стоки, например, мышьяк-, хром- и циансодержащие [7].

В теории такие стоки должны проходить хоть бы элементарные стадии очистки, однако такие мероприятия в настоящее время проводятся крайне редко, вследствие сложного сбора поверхностных сточных вод. Хотя и в городах имеются ливневые канализации, но сбор стоков осуществляется не полностью, так как некоторая часть стока, минуя их, попадает в водоемы. Тем самым оказывая существенное влияние на экосистему водоемов, их самоочищающуюся способность и наносит вред микроорганизмам и рыбному хозяйству.

Наиболее неблагоприятное влияние на санитарное состояние водоёмов оказывают взвешенные вещества. При высоких концентрациях взвешенных веществ, происходит их частичное осаждение в створе выпуска поверхностных сточных вод и ниже по течению. Что приводит к заиливанию водоемов и препятствует нормальному протеканию биологических процессов на дне водоема. Органическая часть взвешенных веществ окисляется растворенным в воде кислородом.

Присутствующие в поверхностном стоке нефтепродукты, при попадании в водоемы существенно влияют на кислородный режим. Во-первых, окисляясь, они потребляют растворённый в воде кислород и, во-вторых, большой ущерб от нефтепродуктов наносится микроорганизмам и рыбному хозяйству. Рыбы очень чувствительны к изменению химического состава воды и наличию в ней нефтепродуктов, собственно в эмбриональный период. Нефтепродукты, попадая в водоём, приводят также к гибели планктона - важной составляющей кормовой базы рыб. Присутствие в водоемах и донных отложениях нефтепродуктов приводит к уменьшению содержания в воде растворенного кислорода и микроорганизмов, вследствие этого резко замедляются процессы естественного самоочищения водоемов [8].

Существенное влияние на формирование качества воды более крупных водных объектов оказывают малые реки, которые являются приемниками ливневых и талых вод. В Новосибирской области главная проблема малых рек заключается в том, что они не имеют

критерию водопользования, экологического статуса и установленных нормативов природопользования. В результате, нельзя произвести контроль над содержанием вредных веществ, сбрасываемых предприятиями, оценить изменения качества воды, появления посторонних запахов и привкусов. Именно поэтому по берегам малых рек такое количество свалок, ведутся строительные работы, в ходе которых не учитывается близость воды. Для малых рек свойственен небольшой расход воды, малая водообеспеченность, небольшая скорость течения, малая глубина, незначительная самоочищающая способность, что определяет неблагоприятные условия смешения и разбавления загрязнений. Поэтому повысился уровень дна некоторых рек, ухудшился водоток, подтопление. Во многих реках отмечается содержание солей тяжелых металлов. В результате, большинство малых рек превратились, по сути, в канализационные коллекторы.

Предварительные исследования [9,10] показали возможность осуществления очистки поверхностных сточных вод, однако необходимо предусматривать совершенствование технологических схем очистки за счет повышения эффективности реагентной обработки, и применение конструктивно новых эффективных сооружений.

В результате, можно сделать вывод, что поверхностные сточные воды наносят существенный вред водоемам, загрязняя их взвешенными веществами, нефтепродуктами, тяжелыми металлами и требуют очистки. Следует отметить, что поверхностные сточные воды наиболее рационально отводить и очищать локально, не смешивая с хозяйственно-бытовыми сточными водами.

Литература:

1. Ливневый сток как источник загрязнения поверхностны сточных вод/ А.А. Волчек, И.В. Бульская // Вестник Брестского государственного технического университета: 2012.-Вып. №2..
2. Исследование физико-химических характеристик поверхностного стока населенных пунктов/ В.И. Кичигин, П.Г. Быкова // Водоснабжение и санитарная техника.- 2002.- №11.
3. Гриднева М.А. Совершенствование отведения и очистки поверхностных сточных вод с урбанизированных территорий: автореф. дис...канд.техн.наук/ СГАСУ.- Самара, 2004.
4. Применение биоинженерных сооружений для очистки ливневых и талых вод с урбанизированных территорий / А.Г. Мелехин, И.С. Щукин // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура:2012.- Вып.№1
5. Анализ экологической безопасности города Новосибирска/ И.Н. Суханова // 2012г.
6. Алексеев М.И., Курганов А.М., Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий. Учебное пособие. М.: Изд-во АСВ, 2000. – 352 с.
7. Экология малых рек России: проблемы и пути их решения, Журнал "БСТ" № 10 -2004.
8. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты.-Москва: ОАО «НИИ ВОДГО». 2014. – 88 с.
9. Войтов, Е.Л. Подготовка питьевой воды из поверхностных источников с повышенным природным и антропогенным загрязнением / Е.Л.Войтов, Ю.Л.Сколубович. - Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин). 2010. – С. 216.
10. Подготовка питьевой воды из поверхностных источников в экологически неблагоприятных районах/ Ю.Л. Сколубович, Е.Л. Войтов, А.Ю. Сколубович // Доклады академии наук высшей школы Российской Федерации. Новосибирский государственный технический университет (Новосибирск): 2008.-Вып. №1(10).- С. 91-95.

ФОРМИРОВАНИЕ АНОМАЛЬНО ВЫСОКИХ СОДЕРЖАНИЙ УРАНА В ПОЧВАХ ХАКАСИИ

Т.А. Цыба, Г.И. Дьяченко

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск
toma.tshiba@icloud.com

В работе рассмотрен процесс образования аномально высокого содержания урана в восточной части Кузнецкого Алатау, в пределах Хакасской автономной области.

The process of formation of anomalously high uranium content in the eastern part of the Kuznetsk Alatau, within the Khakass Autonomous Oblast was considered.

На северо-востоке Кузнецкого Алатау, в пределах Хакасской автономной области, на площади более 400 км² выявлено 16 участков с аномально высоким содержанием урана в почвах, превышающих его содержание для почв соответствующих типов в 10-15 раз. В районе нет предприятий ядерного цикла, и данные концентрации урана рассматриваются как природные образования.

Содержание урана в почвах мира изменяется в широких пределах. В наиболее распространенных типах почв варьирует от 0,7 до 10,7 мг/кг, но может достигать 37 мг/кг в торфянистых почвах. При этом, даже в почвах одного типа его содержание может изменяться в 3-5 раз.

В природных условиях существуют соединения четырехвалентного и шести валентного урана. Четырех валентный уран входит в ряд сложных минералов и образует плотный радиоактивный минерал (U₃O₈). В окислительных условиях, при наличии свободного кислорода в растворе, четырехвалентный уран окисляется до шестивалентного и образует растворимые соли ион-уранила (UO²⁺) и минеральные кислоты. Так уран мигрирует в водных растворах. Из растворов уран выделяется в форме налётов, плёнки и рыхлых землистых масс на органических восстановителях или форме комплексных солей меди, свинца, калия и минеральных кислот – мышьяковой, фосфорной.

Таким образом, в почвах поведение урана контролируется их проницаемостью и наличием восстановителей. Проницаемость почв – это повышенное содержание в них песчаных фракций. Проницаемость почв способствует выносу урана, а наличие восстановителей органического вещества способствует его осаждению. Кроме того, уран сорбируется гидроокислами железа при разгрузке глеевых вод в верховьях ключей, береговых обрывах и т.п.

Классификация почв, строится с учетом их агротехнических свойств и, естественно, не отражает специфику миграции и накопления урана в поверхностных условиях. Содержание урана может существенно различаться даже в одном типе почв.

Почвенный покров Хакасии содержит 14 типов и 24 подтипа зональных и интразональных почв. В него входят: серые лесные, дерново-карбонатные, разные подтипы черноземов. В пределах рассматриваемой территории преобладают серые и бурые лесные, горно-луговые, луговые и лугово-черноземные почвы.

Большое разнообразие почв и высокая концентрация урана в них при отсутствии антропогенного загрязнения позволяют рассмотреть механизм формирования высоких концентраций урана в почвах независимо от их типа.

Повышенные содержания урана обусловлены присутствием в почве обломков лимонита, сорбирующего уран до содержания 0,01г/кг.

Изучение распределения урановых минералов в почвенных горизонтах показало, что максимальное содержание урана до 1-2 г/кг, которое резко падает в коренных породах – гранитах до 0,002-3 г/кг и мраморах не более 0.001 г/кг. При этом изменяется минеральная форма урана: непосредственно в дерновом слое преобладают аллофан, гидроокислы железа, присутствуют фосфаты, реже ванадаты уранила. Минералы урана не установлены, всегда присутствует урансодержащий лимонит. В коренных породах содержание урана не превышает 0,001-0,003 г/кг. Минералы урана в известняках не установлены, в гранитах – урансодержащий циркон и браннерит.

Ю.В. Водяницкий указывает, «что урановые минералы в почвах наследуются от материнских пород». Материнские породы - это породы, на которых происходит почвообразование. В случае Майского участка это специфические породы дочетвертичной (предшествующей современному почвообразованию) коры выветривания, содержащие уран в концентрациях до 3-5 г/кг (рис. 1).

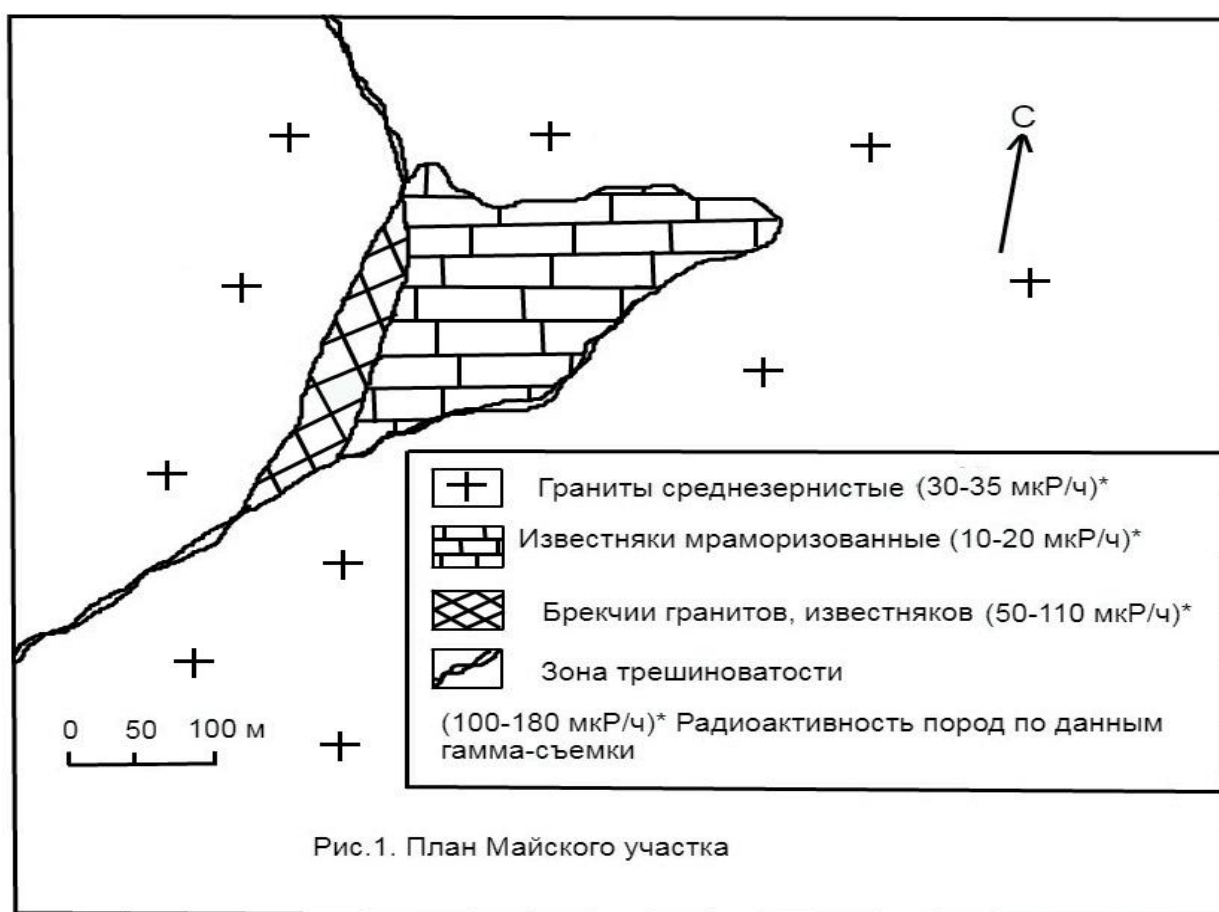


Рисунок 1 – Геолого-геофизический план Майского участка

Породы сложены обломками гранитов, кварцитов, мраморизованных известняков, реже эффузивов. Обломки размером от 0,5 до 3,0 см; цементирующая масса глинистая, содержит рассеянную вкрапленность графита, пирита и призматических выделений апатита. В пределах зоны (рис.1) породы местами нацело превращены в белые каолиновые глины; содержат многочисленные обломки лимонитизированных, пропитанных гидроокислами железа, известняков.

Состав пород, их текстура и положение в пределах ограниченной зоны однозначно указывает, что это продукты коры интенсивного химического выветривания. Присутствие минералов урана в каолиновой коре выветривания не является типичным. Возможно три варианта образования высоких концентраций урана в коре выветривания:

1. Наложение глубинных термальных растворов на ранее сформированную кору выветривания;
2. Формирование коры выветривания по существовавшему урановому месторождению;
3. Практически одновременное, в геологическом масштабе времени, формирование коры выветривания и урановой минерализации.

Прежде, чем делать выбор из этих трех вариантов необходимо рассмотреть структурные и геохимические условия Майского участка, где установлены максимальные концентрации урана.

Урансодержащие породы образуют линзообразное тело на контакте мраморизованных известняков и гранитов.

Граниты содержат повышенные, относительно других пород района, концентрации урана. Частично он легко вымывается атмосферными водами уже на первых стадиях формирования коры выветривания.

При воздействии гранитов на мраморизованные известняки в них образовались специфические породы, содержащие силикаты и минералы меди, свинца, молибдена и др. Кроме того, известняки содержат апатит — фосфат кальция.

Первые два варианта предполагают наличие в породах зоны минералов, характерных для гидротермального процесса, а так же повышенных содержаний в породах зоны элементов-спутников урана, что не установлено.

В пределах участка все повышенные концентрации урана в почвах установлены в непосредственной близости от контактов известняков и гранитов.

Отличием Майского участка от остальных участков является наличие минералов меди и фосфора во вмещающих известняках.

Таким образом, можно утверждать, что в процессе формирования линейной коры выветривания каолинового типа происходило вымывание урана из гранитов, его сорбция на гидроокислах железа и осаждение вместе с медью в форме фосфатов.

Климатические условия Хакасии, ограниченное количество осадков (300...500 мм/год), их неравномерное распределение в течение года (до 60% в августе) способствует накоплению урана в почвах там, где его содержание в материнских породах высокое, прежде всего в древних *корах* выветривания гранитов, широко развитых на западе республики.

Необходимо создание карт потенциального загрязнения почв природным ураном на основе существующих карт ураноносных формаций и карт древних *кор* выветриваний.

Литература:

1. Кулижский С.П. Рациональное землепользование степной зоны юга Средней Сибири. – Томск: ТГУ, 2002. – 48 с.
2. Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев А.Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами. Москва. 2014
3. Фондовые материалы ФГГП «Березовгеология».

Содержание

<i>СЕКЦИЯ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ</i>	3
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ФОКУСИРОВКИ ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКЕ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОЙ СМЕСИ	
Великанова Алёна Игоревна, Голышев Александр Анатольевич,	
Филиппов Артем Александрович, Рынгач Николай Анатольевич.....	5
ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРНЫХ ШВОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКОЙ, МЕЖДУ ЗАГОТОВКАМИ ИЗ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ТИТАНА И АЛЮМИНИЯ	
И. Е. Витошкин, А. Г. Маликов, А.М. Оришич.....	11
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКИ АЛЮМИНИДОВ НИКЕЛЯ НА ТИТАН	
А.В. Гирш	14
ОСОБЕННОСТИ АНОДНОГО РАСТВОРЕНИЯ ТВЕРДОГО СПЛАВА ВК8 В ЭЛЕКТРОЛИТЕ АЗОТНОКИСЛОГО АММОНИЯ	
С.В. Джавадова, С.И. Василевская	16
ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗМАТЫВАТЕЛЯ РУЛОННОГО МЕТАЛЛА	
Дунайцев Н.Н., Гилета В.П.,.....	19
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРВОПРИЧИНЫ АВАРИИ НА ПРИМЕРЕ РАЗРУШЕНИЯ ДИЗЕЛЬ-РЕДУКТОРНОГО АГРЕГАТА ЯМЗ-850С	
С.Н. Иванчик, И.С. Иванчик, Иван Ильич Володин, Иван Сергеевич Емелин,	
Вероника Сергеевна Крохина.....	24
АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО СОПРЯЖЕНИЯ	
И.С. Иванчик, С.Н. Иванчик.....	31
ПЕРЕРАБОТКА ТАЛЬКОНАПОЛНЕННОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО РАЗЛИЧНЫМИ ДОБАВКАМИ	
Мирошникова Алена Дмитриевна, Дюльдина Мария Владимировна	35
РАСЧЕТ ЦИКЛОНА С ВНУТРЕННИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ И АНАЛИЗ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ	
Никулин Антон Сергеевич, Дорофеев Денис Дмитриевич,	
Круглов Сергей Сергеевич	38
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ УЧЕБНОГО СТАНКА С ЧПУ	
А.Ф. Ильин, В.А. Новиков.....	42
ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ	
Н.Д. Сашко	44

<i>СЕКЦИЯ: БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ</i>	<i>49</i>
АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙ, ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ОДНОЙ ИЗ ШАХТ КУЗБАССА	
А.А. Брежнев.....	49
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ	
А.А.Брыксин	52
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ГРОЗОПОРАЖАЕМОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ОТ СРЕДНЕЙ ВЫСОТЫ ПОДВЕСА ГРОЗОЗАЩИТНОГО ТРОСА	
Л. Е. Вершинина	56
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА НАДЕЖНОСТЬ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	
Гавриленко Екатерина Николаевна;	59
ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОБЛЕМ ПРИ СОЗДАНИИ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА МЕТОДОМ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК	
В.Г.Дёмина	61
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОСПРИЯТИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ЧЕЛОВЕКОМ-ОПЕРАТОРОМ	
Зотова Ю.Е.	64
РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННОГО ПАРА С ПОМОЩЬЮ КОРРЕЛЯЦИИ МИЛЛЕРА	
Л.И.Киселёва.....	67
АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ПОЛИГРАФИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	
Г.М. Колесникова	70
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ПРОВОДНИКА НА СКИН-ЭФФЕКТ	
Н.Я. Илюшов, В.А. Ломан, А.В. Ридель.....	73
АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ	
Н. В. Шаризанова.....	76
НЕОБХОДИМОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОВЕРОК СОБЛЮДЕНИЯ ПРАВИЛ ОХРАНЫ ТРУДА	
Е.В. Никифорова.....	80
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА «ФГБОУ ВПО «САМГТУ НИИ ПКВТ»	
Нор О.Н., Е.Л. Москвичева.....	82
АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ГОРОДА НОВОСИБИРСК	
Д.С.Остахов.....	87

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА НА ОБЪЕКТЕ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ	
Полончук К.Э.	91
ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ СЕМИБАЛЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ГОРОДЕ НОВОСИБИРСК	
Полтористова Л.В.	94
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ В КАЧЕСТВЕ НУЛЕВОГО ЗАЩИТНОГО ПРОВОДНИКА	
Ю.С. Попова.....	97
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧИМЫХ ФАКТОРОВ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ	
Ю.Д. Прокина.....	100
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКОРРОЗИИ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА НОВОСИБИРСКОЙ ТЭЦ-2	
И. И. Оглоблин, Л.О. Романова.....	102
ИССЛЕДОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ НЕФТЕХРАНИЛИЩ	
О.С. Сереброва.....	105
ВОЗМОЖНЫЕ СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ОПАСНОМ ХИМИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ (АО «ВОДОКАНАЛ» Г.ЯКУТСКА)	
Н.Ч.Тоноева.....	107
ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ НА ВЕРОЯТНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО САМОВОЗГОРАНИЯ	
А. К. Тыныбаева	111
АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ПЕРСОНАЛА ЗАНЯТОГО ДОБЫЧЕЙ УГЛЯ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ	
Упит Олеся Константиновна, Тумаева Кристина Олеговна	113
ПРОВЕРКА И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИФфуЗИИ ГАЗОВ В ЖИДКОСТЯХ ПУТЕМ ОПТИЧЕСКОЙ РЕГИСТРАЦИИ РАСТВОРЕНИЯ ПУЗЫРЬКОВ	
Н.Н. Чуприна.....	117
ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	120
СИНТЕЗ СУЛЬФАТИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НОСИТЕЛЕЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧНОЙ ЭТЕРИФИКАЦИИ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ	
Н.Е. Габова, А.П. Коскин.....	120
ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ РЕАКЦИИ АВТОТЕРМИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА БИОЭТАНОЛА	
В.С. Попкова, О.Б. Сухова, Е.В.Матус.....	123

СИНТЕЗ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА CaO-X ($\text{X} = \text{Sr, La}$) КАТАЛИЗАТОРОВ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КОНДЕНСАЦИИ МЕТАНА.	
В.С. Попкова, С.Д. Васильев, Е.В. Матус	126
ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ АВТОТЕРМИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА МЕТАНА	
И.А. Рундау, С.Д. Васильев, Е.В. Матус	128
ГИДРОЛИЗ-ГИДРОГЕНОЛИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ЭТИЛЕН- И ПРОПИЛЕНГЛИКОЛИ В ПРИСУТСТВИИ RU-СОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ	
Д.В. Толстихина, Т.Б. Медведева, Н.В. Громов	131
ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ ФОСФОРА НА КАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ $\text{CoMo/Al}_2\text{O}_3$ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА	
Т.С. Богомолова, Ю.В. Ватутина, К.А. Надеина	134
СИНТЕЗ 1,5-БЕНЗАДИАЗЕПИНА ИЗ 1,2-ФЕНИЛЕНДИАМИНА И АЦЕТОНА В ПРИСУТСТВИИ ТИТАНСИЛИКАТОВ СИНТЕТИЧЕСКИХ АНАЛОГОВ СЕМЕЙСТВА ЛИНТИСИТА	
Ю.В. Курченко, Г.В. Калашникова, М.Н. Тимофеева	138
ИЗУЧЕНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ $\text{Pd/M}_x\text{O}_y$ СИСТЕМ В ОДНОСТАДИЙНОМ СИНТЕЗЕ БЕНЗИМИДАЗОЛА ИЗ БЕНЗИЛОВОГО СПИРТА И 1,2-ФЕНИЛЕНДИАМИНА	
И.А. Лукоянов, М.А. Кулагина, М.Н. Тимофеева	142
ПОИСК НОВЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ СТЕРЕОСПЕЦИФИЧЕСКОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПРОПИЛЕНА: ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОНОРОВ	
Д.А. Шмакова, В.Н. Панченко, С.А. Приходько	145
ВЛИЯНИЕ СПОСОБА СИНТЕЗА Ni/CeO_2 -КАТАЛИЗАТОРОВ НА ИХ СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА	
А.С. Исакова, В.А. Ушаков, Е.В. Матус.....	150
РАЗРАБОТКА Ni -КАТАЛИЗАТОРОВ ХИМИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ ШАХТНОГО МЕТАНА	
Д.В. Нефедова, Е.В. Матус, В.А. Ушаков	154
СИНТЕЗ 1,5-бензодиазепина ИЗ 1,2-ФЕНИЛЕНДИАМИНА И АЦЕТОНА В ПРИСУТСТВИИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА основе МОНТМОРИЛЛОНИТА	
Е.А. Петрова, М.Н. Тимофеева	157
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНОЛА В ФОРМАЛЬДЕГИД В МИКРОКАНАЛЬНОМ РЕАКТОРЕ С ПРЯМОУГОЛЬНЫМИ КАНАЛАМИ	
П.Г. Корчёмкина, Н.В. Верниковская, В.А. Чумаченко	160
ПИРОЛИЗ УГЛЕВОДОРОДОВ НА НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРАХ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ	
Р.В. Деревянко, А.С. Чичкань, В.В.Чесноков.....	164

ГЛУБОКОЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ФЕНОЛА В ПРИСУТСТВИИ КАТАЛИЗАТОРОВ НАНОЧАСТИЦ РУТЕНИЯ, НАНЕСЕННЫХ НА МОДИФИЦИРОВАННЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ	
О.А. Щепеткова, Т.Б. Медведева, А.Н. Субоч, Н.В. Громов	167
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНОГО ЭКРАНА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НЕФТЮ	
Д.К. Кастина, Н.И. Ларичкина, В.В. Ларичкин	171
ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО СОСТАВА НЕФТЕЙ ПРИ МИГРАЦИИ ИХ ЧЕРЕЗ ПОЧВУ	
А.И. Циберкина, Д.С. Чупанов, В.В. Ширяева, Н.И. Ларичкина	175
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЗОЛОШЛАКОВЫМИ ОТХОДАМИ	
А.С. Песоцкий, К.П. Гусев.....	180
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРХЛЕГКИХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА	
В.Е. Русаков, Д.А. Малахов, Н.А. Машкин	184
РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АЛЮМИНИЯ ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ УГОЛЬНЫХ электростанций	
Д.А. Немущенко, В.В. Ларичкин, В.Ю. Александров, Н.И. Ларичкина.....	186
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
А.К. Тлеулесов, В.В. Ларичкин, К.Ш. Агынгазин.....	192
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АРМИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ В ВИДЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОВОЛОКОН НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛОБЕТОНА	
Д.А. Строганов, В.В. Ларичкин, И.В. Мишаков.....	199
ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ	
Р.С. Яровой, Т.О. Кунаев, А.В. Дицель	201
РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО МОНИТОРИНГУ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА «ГРОСС», РАСПУБЛИКА САХА (ЯКУТИЯ)	
О.А. Черныш	204
ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЭКОЛОГИЮ АЛТАЙСКОГО КРАЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ИСПЫТАНИЙ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ПОЛИГОНЕ	
А.Е. Кожевникова, Н.И. Ларичкина.....	207
ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ ОАО «НОВОСИБИРСКЭНЕРГОСБЫТ»	
В.Е. Молчанова, В.Ю. Александров	210
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ДОБЫЧЕ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА В АЛДАНСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)	
М.Ю. Букарев, Н.И. Ларичкина	213

ЭКОЛОГИЯ ГОРОДА УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЛУЧШЕНИЮ	
Д.Д. Сегеда	215
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА (БАВ) В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	
Ю.С. Аликин, С.Г. Губин, Г.А. Ноздрин.....	218
ВНЕДРЕНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРЕДПРИЯТИИ	
Б.Р. Ахметов.....	222
«КРОТ» КАК СРЕДСТВО ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЕВОЙ ФОЛЬГИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ, ГАЗА И ОТХОДОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ НУЖДЫ	
М.С. Комаревцева, А.С. Ефимова, А.С. Сопрун, Ф.А.Гофман	226
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОБМЕНА В ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ ОТКРЫТОГО ТИПА	
А.В. Кругликова.....	230
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПО УДЕЛЬНОМУ КОМБИНАТОРНОМУ ИНДЕКСУ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЮ ТОКСИЧНОСТИ	
А.В. Левкович	234
МОНИТОРИНГ ЛЕСОВ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА ПРИ ПОМОЩИ ДИРИЖАБЛЕЙ	
Е.К. Молчанова, Ф.А. Чичайкин, А.Г. Кузнецов.....	237
ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЙ	
Т.И. Сеницына	240
ВОЗМОЖНЫЕ СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ОПАСНОМ ХИМИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ (АО «ВОДОКАНАЛ» г. ЯКУТСКА)	
Н.Ч.Тоноева, Е.А.Удальцов.....	244
ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ	
А.А. Цыба, Ю.Л. Сколубович.....	248
ФОРМИРОВАНИЕ АНОМАЛЬНО ВЫСОКИХ СОДЕРЖАНИЙ УРАНА В ПОЧВАХ ХАКАСИИ	
Т.А. Цыба, Г.И. Дьяченко	251

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Наука Промышленность Оборона

Труды XIX ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ

г. Новосибирск, 18-20 апреля 2018 г.

Том III

Под редакцией *С.Д. Саленко*

Компьютерная верстка *А.С. Долматов*

Подписано в печать 25.06.2018 г. Формат 70×100 1/16. Бумага офсетная
Тираж 30 экз. Уч.-изд.л. 20,96. Печ.л. 16,25. Заказ № 941

Отпечатано в типографии
Новосибирского Государственного Технического Университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20
Тел: (383)-346-31-87