

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Новосибирский государственный технический университет
Сибирское отделение Российской академии наук
Академия военных наук
Региональный уральско-сибирский центр
Российской академии ракетных и артиллерийских наук
Межрегиональная ассоциация «Сибирское соглашение»
Новосибирское высшее командное училище (военный институт)
(филиал) военного учебно-научного центра сухопутных войск «Общевойсковая
академия Вооруженных сил Российской Федерации»
Министерство обороны Российской Федерации

НАУКА ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ОБОРОНА

ТРУДЫ XX ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПОСВЯЩЕННОЙ 150-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ С. А. ЧАПЛЫГИНА

г. Новосибирск, 17-19 апреля 2019 г.

Том 3

СЕКЦИИ:

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

Новосибирск
2019

УДК 62+623](063)

ББК 72я431

Н 34

Сергей Александрович Чаплыгин – российский ученый, механик и математик, один из основоположников аэродинамики, академик РАН СССР (1929 г), Герой Социалистического Труда, отмеченный за выдающиеся научные достижения в области аэродинамики, открывшие широкие возможности для серьезного повышения скоростей боевых самолетов.

Н 34 **Наука Промышленность Оборона**: труды XX Всероссийской научно-технической конференции: в 4 т. / коллектив авторов; под редакцией С.Д. Саленко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019.

ISBN 978-5-7782-3897-8

Том 3: - 311 с.

ISBN 978-5-7782-3900-5

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 XX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов «Наука Промышленность Оборона – 2019». Материалы представлены по следующим секциям:

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

УДК 62+623](063)

ISBN 978-5-7782-3900-5 (Том 3)

ISBN 978-5-7782-3897-8

© Коллектив авторов, 2019

© Новосибирский государственный
технический университет, 2019

СОСТАВ ОРГКОМИТЕТА

Председатель оргкомитета:

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

Сопредседатели:

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

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

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

Панасенко С.Н. заместитель Генерального директора 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 Высшего Военного Командного

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

Хемльников 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;

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 РПиРПУ

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, заместитель заведующего 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» (АИСУ) 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;

Поляков С.А., к.ю.н., доцент, заведующий кафедрой уголовного права и процесса, декан юридического факультета;

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;

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

Хайленко Е.А., к.т.н., заведующая ОНИРС НГТУ;

Кравченко Е.А., ст.преподаватель кафедры ТОЭ, руководитель группы ИТЦ

Редакционная коллегия сборника трудов научно-технической конференции «НПО-2019»

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

Крупчатникова В. В., д.э.н., доцент

Курлаев Н.В., д.т.н., профессор

Ларичкин В.В., д.т.н., профессор

Левин В.Е., д.т.н., профессор

Легкий В.Н., д.т.н., профессор

Литвинцева Г. П., д.э.н., профессор

Обуховский А.Д., к.т.н., доцент

Поляков С.А., к.ю.н., доцент

Расторгуев Г.И., д.т.н., профессор

Чичиндаев А.В, д.т.н., профессор

СЕКЦИЯ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 621.002.2:004.4(076.5)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА НАМОТКИ КАТУШЕК СИЛОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

*Добрынин Вячеслав Юрьевич, студент; Сырецкий Геннадий Александрович,
к.т.н.*

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

Добрынин В.Ю., e-mail w.v.dobr@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Добрынин Вячеслав Юрьевич, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. (923)114-95-03

Аннотация

Отражены такие результаты эскизного проектирования отечественного станка для автоматизации процесса намотки катушек силовых электродвигателей как 3D-модель станка и векторная система управления шпинделем. Выявлены и модельно изучены особенности работы автоматической системы управления процессом намотки катушек.

Ключевые слова:

Автоматизация процесса, станок, шпиндель, импортозамещение, 3D-модель, система управления.

1. Введение

В настоящее время актуально для промышленности создание конкурентно способного автоматизированного технологического оборудования на отечественной элементной базе, в частности, в электромашиностроении. Известно, что для выполнения автоматизации процесса намотки катушек мощных электродвигателей необходимы специальные автоматизированные станки. Такие станки производятся рядом зарубежных компаний, например, немецкой фирмой Heinrich Schümann (рисунок 1). Учитывая данные обстоятельства и востребованность в таком оборудовании в нашей стране, значимо формирование эскизного проекта конструкции и системы управления намоточного станка с узлами и элементами импортозамещения.

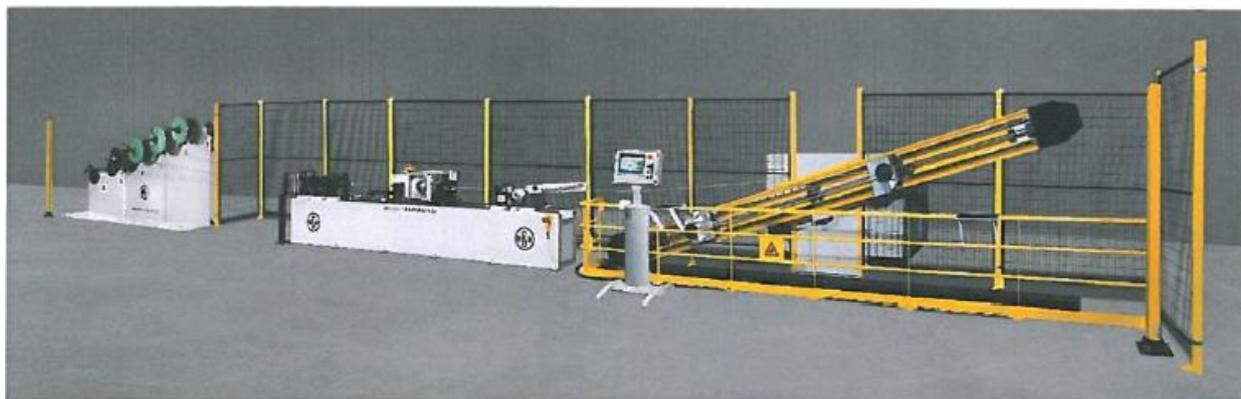


Рис. 1. Внешний вид намоточного станка компании Heinrich Schumann

2. Материалы и методы

3D-модель

Созданная эскизная 3D-модель намоточного станка позволяет отработать и уточнить различные требования, необходимые для его производства. Станок является сложным изделием, поэтому 3D-модель позволяет представить его внешний вид и взаимодействие его узлов. Проработка этих моментов на этапе проектирования позволяет избежать экономических потерь.

Трёхмерная модель выступает в роли исходных данных для проведения расчетов, САЕ-анализа, выпуска конструкторской документации, создания технологических процессов, проектирования приспособлений и разработки управляющих программ для станков с ЧПУ. Все это необходимо для производства намоточного станка, соответствующего заданным требованиям.

Система управления процессом намотки треков

В докладе рассмотрены различные подходы к построению системы управления процессом намотки, в частности, базирующейся на векторном управлении асинхронным двигателем (АД) [1] с короткозамкнутым ротором (КЗР) (рисунок 2).

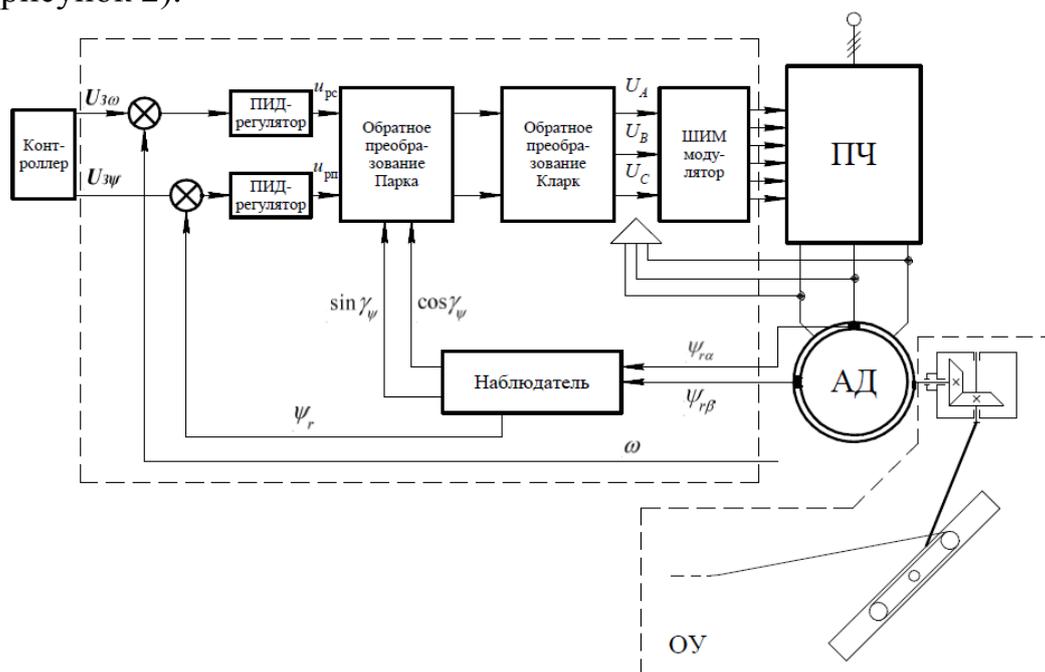


Рис. 2. Обобщенная функциональная схема векторного управления процессом намотки треков

3. Результаты и обсуждение

Создание 3D-модели осуществлено в программном продукте PTC Creo Parametric 4.0 (рисунок 3 и 4).

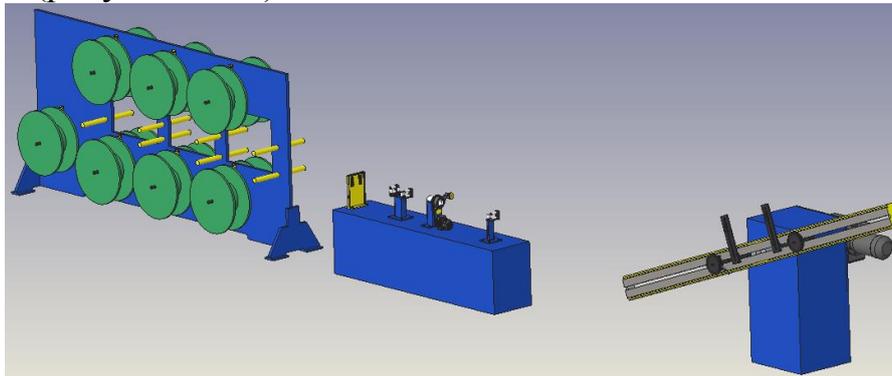


Рис. 3. 3D-модель механизмов намоточного станка (сборка)

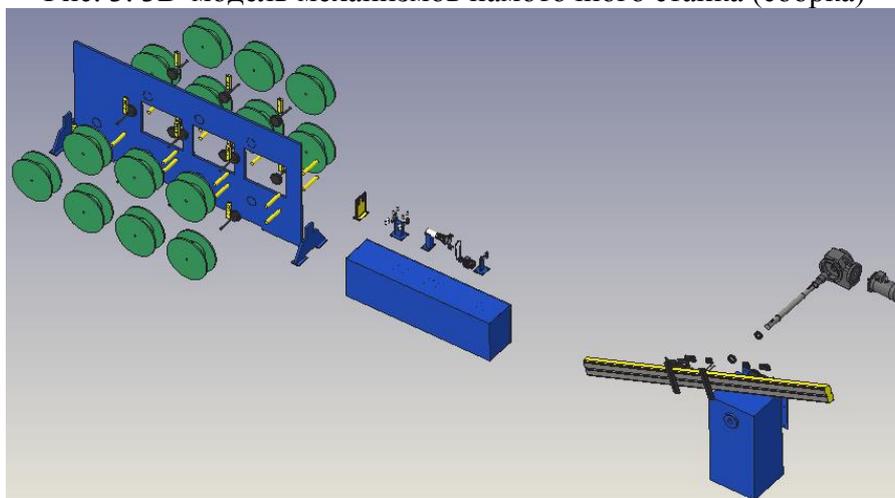


Рис. 4. Детализированная до узлов 3D-модель намоточного станка

Детально обсуждаемая в докладе модель системы векторного управления сформирована и исследована в MatLab&Simulink R2018b (рисунок 5).

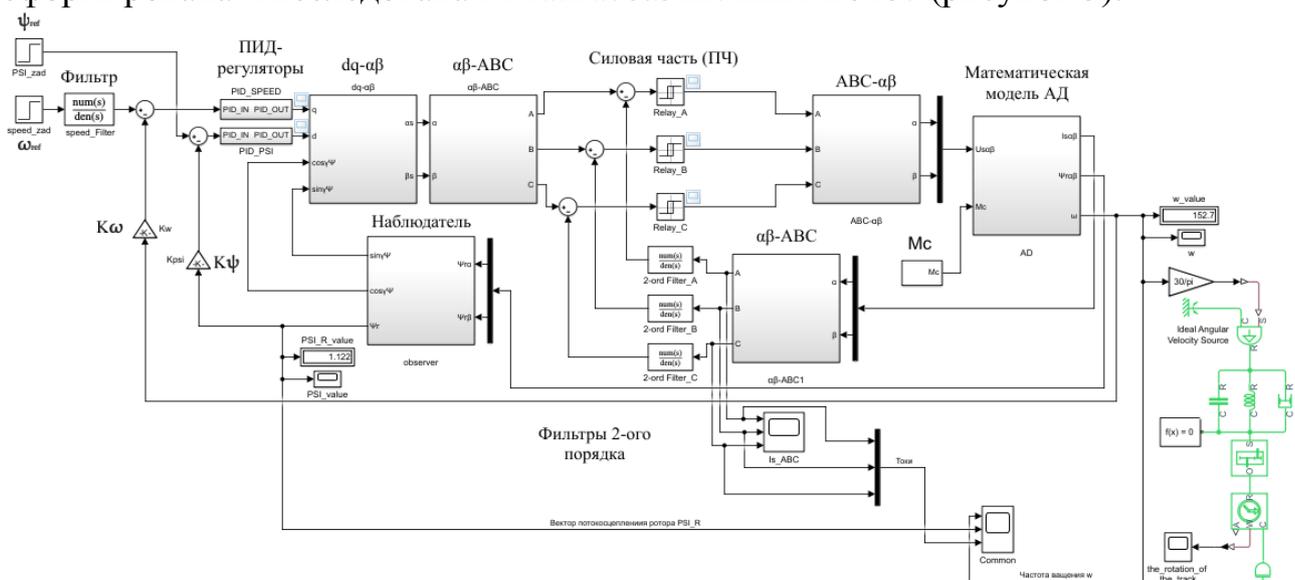


Рис. 5. Модель АД с векторной системой управления в Matlab&Simulink

В данной модельной системе реализованы обратные связи по току и скорости, сигналы от которых поступают на ПИД-регуляторы. Нагруженный АД

с КЗР модели D160M4 представлен векторно-матричной математической моделью в обобщенной неподвижной системе координат α, β , в которой исключены векторы потокосцепления статора и токов ротора (рисунок 6).

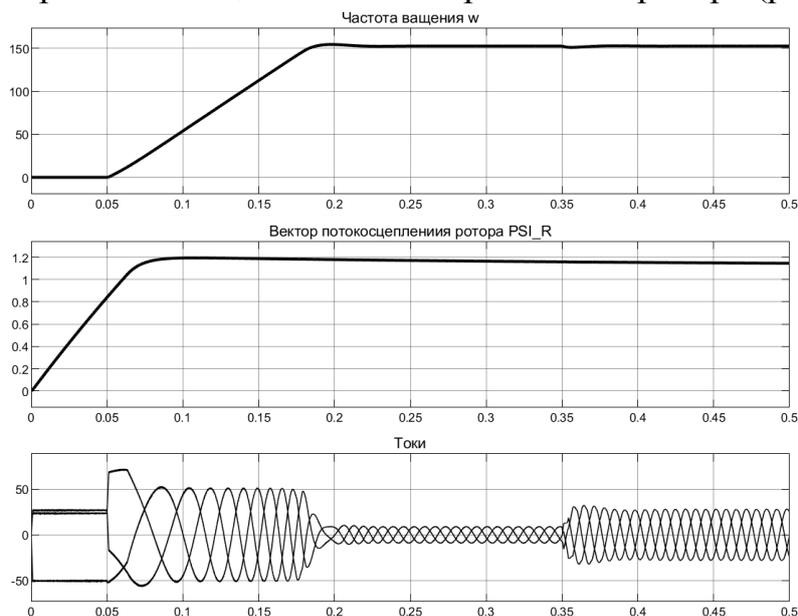


Рис. 6. Результаты моделирования АД с векторной системой управления

4. Выводы

Создана эскизная трехмерная модель намоточного станка. В модели станка реализована возможность регулировки размеров трека на направляющей, также в ней учтена система для витковой изоляции и система роликов. Модель разработана как в разобранном, так и в собранном виде.

Получены модельные результаты работы системы векторного управления процессом намотки треков с разными регуляторами, позволяющие учесть особенности работы механизмов станка с изменяющимся моментом инерции.

Библиографический список:

1. Новиков, Г. В. Частотное управление асинхронными электродвигателями / Г. В. Новиков. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, – 498, [6] с.: ил.

AUTOMATING THE PROCESS OF WINDING COILS OF POWER ELECTRIC MOTORS

Dobrynin Vyacheslav Yurievich, student, e-mail w.v.dobr@gmail.com
Syretsky Gennadiy Aleksandrovich, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, e-
mail sga-2002@bk.ru

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

Abstract

The results of the preliminary design of a domestic machine for automating the process of winding coils of power motors as a 3D model of the machine and a vector spindle control system are reflected. The features of the automatic control system for the process of winding coils are identified and studied.

Keywords

Process automation, machine, spindle, import substitution, 3D model, control system.

РАДИАЦИОННЫЙ НАГРЕВ ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ НА ПАДАЮЩИХ МОЛОТАХ

*Литвинов Вячеслав Александрович, магистрант;
Курлаев Николай Васильевич*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-06-09

Литвинов В.А., email: vyacheslav-litvinov@mail.ru

Курлаев Н.В., email: kurlayev@craft.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Литвинов Вячеслав Александрович,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (999)462-31-63

Аннотация

В данной статье поставлена задача разработать установку для радиационного нагрева титановых листовых заготовок при изготовлении деталей на листоштамповочных молотах. Была разработана схема нагревательной установки. Проведены необходимые расчеты по определению времени нагрева заготовок и контролю за температурой, а также расчеты на прочность установки. Проанализирована эффективность спроектированной установки и описаны преимущества радиационного метода нагрева заготовок.

Ключевые слова

Радиационный нагрев, нагрев титановых листовых заготовок, формоизменение титановых листовых заготовок.

1. Введение

Титановые сплавы по своим физико-химическим и технологическим свойствам лучше многих современных конструкционных материалов, включая самые распространенные, такие как сталь и алюминий.

Однако, эти сплавы труднодеформируемые и поэтому детали, которые получают путем деформирования листовых заготовок в холодном состоянии ударным способом, имеют низкое качество. Это обуславливается появлением трещин. Данную проблему можно решить путем термической обработки заготовок перед деформацией.

Целью данной работы является разработка установки для радиационного нагрева листовых заготовок из титановых сплавов для формоизменения на листоштамповочных молотах.

2. Методика

Радиационный нагрев листовых заготовок из титанового сплава представляет собой нагрев заготовки лампами инфракрасного излучения.

Исходными данными для проектирования нагревательной установки являются:

– температура нагрева листовых заготовок 500...800 °С;

- возможность вносить нагреватель в рабочую зону механическим путем, а также вращать его вокруг своей оси на 90°;
 - напряжение питания нагревателя 220 В. Максимальная мощность нагревателя 10 кВт;
 - габаритные размеры нагревателя должны превышать размеры рабочей зоны молота;
 - возможность регулирования зазора между нагревателем и заготовкой.
- Установка для радиационного нагрева изображена на рисунке 1.

В качестве нагревательных элементов были выбраны галогеновые лампы накаливания КГТ 220-2200. Нагреватель состоит из 5 ламп. Лампы крепятся на токоподводах, закрепленных на отражателе. Нагреватель устанавливается на упругом подвесе, с целью уменьшения динамических нагрузок на спираль лампы инфракрасного нагрева.

С учетом выбранной лампы накаливания был произведен расчет времени нагрева (см. формулу 1) титановых заготовок с массой не более 1 кг. Получилось, что время нагрева для большинства заготовок не будет превышать 1.5 минуты.

$$t = \frac{cm\Delta T}{\eta N_{\text{лампы}}} \quad (1)$$

где η – КПД процесса, учитывающее тепловые потери; t - время нагрева, $N_{\text{лампы}}$ – мощность ламп; c - удельная теплоемкость материала заготовки; m – масса заготовки; $\Delta T = T_{\text{max}} - T_0$ - перепад температур между максимальной температурой заготовки T_{max} и температурой окружающей среды T_0 .

В качестве токоподводящих проводов используется провод марки РКГМ-5. Он имеет изоляцию и оболочку из кремний-органической резины, не распространяет горение. Предназначен для фиксированного монтажа в производстве электронагревательных приборов.

С учетом среднего времени нагрева заготовки был выполнен расчет температуры нагрева провода РКГМ-5 (см. формулу 2):

$$\Delta T = \frac{i^2 \rho_3 t}{\rho c} \quad (2)$$

где ΔT – температура провода; i^2 – плотность тока; t - время нагрева; ρ_3 – удельное электрическое сопротивление меди; c - удельная теплоемкость; ρ – плотность меди.

В результате было получено, что температура провода за 1.5 минуты работы не превысит 40 °С.

Механизм вертикального перемещения нагревателя состоит из ходового винта с гайкой с резьбой Трап.36х3. При вращении ручки перемещается нагреватель с целью установки необходимой высоты над заготовкой, установленной на матрицу.

Упругий подвес представляет собой балку-пластину из алюминиевого сплава Д16Т сечением 70х4 мм и рабочей длиной 350 мм.

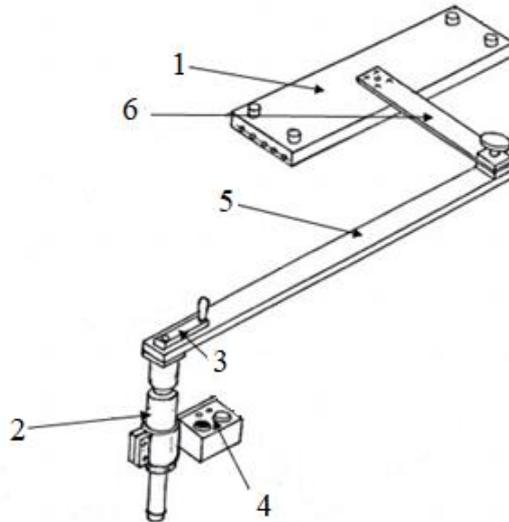


Рисунок 8 – Установка для радиационного нагрева:

1 – нагреватель; 2 – механизм вертикального перемещения;

3 – рукоятка; 4 – пульт управления; 5 – поворотная консоль; 6 – подвес упругий.

На основании проведенного анализа, в качестве наиболее оптимальных измерителей температуры заготовок были выбраны термоэлектрические преобразователи - термопары и пирометр спектрального отношения «Спектропир 11М-001». Они наиболее экономичны и в меньшей мере подвержены влиянию запыленности и влажности воздуха, находящегося между объектом измерения и датчиком прибора.

Положительными особенностями является:

- получение высоких скоростей нагрева, что в свою очередь, позволяет добиться уменьшения толщины газонасыщенного слоя на поверхности листовой заготовки;
- хорошие условия для равномерного распределения температуры по поверхности заготовки;
- нет необходимости перед началом работы разогревать установку;
- компактность и мобильность установки, что позволяет быстро переналаживать производство.

Недостатки радиационного нагрева:

- сложность измерения температуры.

3. Результаты

В ходе данной работы были рассчитаны параметры радиационного нагрева, разработана конструкция установки с соответствующим ей сборочным чертежом, подобраны основные элементы нагревательной установки и проведен анализ по выбору средств измерения и контроля температуры.

Библиографический список:

1. Технология заготовительно-штамповочных работ в производстве самолетов: Учебник для вузов / Горбунов М.Н. – М.: Машиностроение, 1981.— 224 с.

2. Оборудование и средства автоматизации и механизации заготовительно-штамповочных цехов: учеб. пособие для авиационных вузов / Катков В.Ф. – М.: Машиностроение, 1985.— 384 с.

3. Теоретические основы технологии и процессы изготовления деталей самолетов: учеб. пособие для авиационных вузов / И.А. Зернов, Л.А. Коноров – М.: Оборонгиз, 1960.— 627 с.

4. ГОСТ 6616-94. Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 32 с.

RADIATION HEATING OF SHEET STOCKING FOR DEFORM THEM WITH A FALLING HAMMER

Litvinov Vyacheslav Aleksandrovich – Master’s Degree student,
email: vyacheslav-litvinov@mail.ru

Kurlaev Nikolay Vasilevich – D.Sc. (Engineering), Deputy Head of
Department, email kurlayev@craft.nstu.ru

Novosibirsk state technical university, Carl Marx Avenue 20 Corps 3,
Novosibirsk, 630073, Russia.

Abstract

This article is tasked to develop a radiation heating installation of titanium sheet blanks for the manufacture of parts for sheet forging hammers. A scheme of the heating installation was developed. The necessary calculations were carried out to determine the heating time of the prepatation and temperature control, as well as calculations of the strength of the installation. The efficiency of the designed installation is analyzed and the advantages of the radiation parameters are described.

Keywords

Radiation heating, heating of titanium sheet stocking, shaping titanium sheet stocking.

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ АВТОМАТИЗАЦИИ РУЧНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ

Лоскутникова В.В.; Рахмянов А.Х.

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

Лоскутникова В.В., e-mail: varvara.laskutnikova@yandex.ru

Аннотация

В работе были рассмотрены преимущества и недостатки ручной плазменной резки, возможные пути автоматизации данного процесса, а также выбран оптимальный способ улучшения резки по криволинейной траектории при раскросе листового проката.

Ключевые слова: плазменная резка, пантограф, точность резки.

При производстве деталей различной конфигурации и художественных изделий, полученных из листового проката, все чаще применяют станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Преимуществом станков данного типа является точность и качество обработки. Однако возрастают требования к рабочему персоналу, необходимо приобретение дополнительных программных пакетов для создания программ обработки материала. Станки с ЧПУ имеют высокую стоимость и не всегда окупаются в условиях мелкосерийного и единичного производства. Также существует широкий класс установок для ручного раскроса листового материала. Данный способ обработки имеет существенно меньшую себестоимость по сравнению с машинной резкой, однако требует достаточной квалификации рабочего. От его профессионального опыта и навыков зависят как скорость, так и качество получаемых деталей [1,2].

Плазменная резка металлов получила свое широкое распространение (в основном в заготовительном производстве) из-за ряда преимуществ - высокой производительности и возможности раскроса широкой номенклатуры металлов и сплавов. Существуют современные установки плазменной резки, отличающиеся усовершенствованной конструкцией плазматрона, обеспечивающей сжатие плазменной дуги в пределах 1-2 мм. Поэтому при раскросе металлов формируется рез небольшой ширины, поверхности реза имеют малую шероховатость и отклонение от перпендикулярности, а детали не требуют дополнительной механической обработки. Но при использовании установок данного типа при ручном раскросе перечисленные особенности процесса плазменной резки существенным образом зависят от квалификации и опыта рабочего персонала в управлении ручным плазматроном. Решением данной проблемы является механизация или автоматизация процесса ручной плазменной резки [3].

Стоит отметить, что на рынке получили распространение столы-копиры,

являющиеся упрощенной альтернативой станков с ЧПУ. Это лишает станок мобильности, компактности, а также требует дополнительных программ на подключенном компьютере для создания контура и последующего постпроцессирования на станок.

Другим способом автоматизации процесса ручной плазменной резки является создание дополнительного приспособления – пантографа. Пантограф – это прибор для передачи движения и копирования какой-либо траектории, орнамента, рисунка. Он облегчает процесс изготовления деталей с криволинейными контурами, позволяет масштабировать рисунок. Данный прибор не требует подключения компьютера, занимает гораздо меньше места и более прост в управлении. При использовании пантографа можно будет, осуществлять резку в реальном времени, без программы управления станком, а сложность контура не будет ограничена возможностями работника. Себестоимость пантографа существенно ниже, чем у станка с ЧПУ, а сама установка для ручной плазменной резки не потеряет своей мобильности. Поэтому с учетом всех своих преимуществ такое приспособление найдет широкое применение в единичном и мелкосерийном производстве деталей из листового проката.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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. Носенко В.А. Даниленко М.В. Физико-химические методы обработки материалов, 2012. -195 с.

3. Локтионов А.А. Повышение эффективности листового раскроя в заготовительном производстве / А.А. Локтионов, Х.М. Рахимьянов // Инновации в машиностроении: Тр. 3-й междунар. науч.-практ. конф., Барнаул, 26–28 сентября 2012 г.

POSSIBLE WAYS OF AUTOMATION OF MANUAL PLASMA CUTTING

Loskutnikova V. V, student,

Rahimyanov A.H., D.Sc. (Engineering),

Novosibirsk state technical university, Carl Marx Avenue 20 Corps 3,
Novosibirsk, 630073, Russia.

Abstract

In this paper the advantages and disadvantages of manual plasma cutting, the possible ways of automating this process, as well as select the best way to improve the cutting along a curved path when cutting sheet metal.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРОЧНЕНИЯ БОЛТОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Раздельщиков Кирилл Сергеевич, студент;

Сырецкий Геннадий Александрович, к.т.н.

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

Раздельщиков К.С., e-mail kirya.razdelshchikov.97@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Раздельщиков Кирилл Сергеевич, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. (923)249-52-04

Аннотация

Показана необходимость модернизации средств автоматизированного управления технологическим процессом упрочнения болтов специального назначения, применяемых в авиастроении.

Представлены цифровой двойник приспособления для упрочнения и модель гидравлической составляющей системы управления, создающей усилие в этом приспособлении, а также предварительные результаты компьютерного моделирования их работы.

Ключевые слова

Упрочнение, приспособление для обкатывания, модель, цифровой двойник, твердотельная 3D-модель, гидросистема.

1. Введение

В авиационной промышленности имеются детали, к получению которых предъявляются жесткие требования. Среди них болты специального назначения. Их производство включает такой ответственный технологический процесс как упрочнение. В производственных условиях Филиала ПАО «Компания «Сухой» «Новосибирский авиационный завод имени В.П.Чкалова» технологический процесс упрочнения болтов специального назначения происходит посредством обкатки необходимых (наиболее нагруженных) участков поверхности болтов на токарно-винторезном станке 1К62 посредством специального приспособления, приводимого в движение гидроприводом. Управление работой такого оборудования осуществляется по команде оператора средствами контактно-релейной автоматики, сопряженной с персональным компьютером. Такая организация процесса и рабочего места сопровождается появлением брака, обнаруживаемого на месте частично и окончательно на участке контроля, и рядом лишних действий оператора. В связи с этим и другими обстоятельствами, обсуждаемыми в докладе, актуальна проблема устранения их влияния как на качество технологического процесса, так и производительность оператора.

2. Материалы и методы

Твердотельная 3D-модель упрочняемого болта и цифровой двойник приспособления сформированы в среде САПР Siemens Solid Edge ST19, а гидравлической составляющей системы управления — MatLab&Simulink [1, 2].

3. Результаты и обсуждение

3D-модель упрочняемого болта

Созданная твердотельная 3D-модель упрочняемого болта (рисунок 1) предназначена для проведения компьютерных экспериментов оценки качества упрочнения и симуляционного моделирования процесса обкатки системой управления.

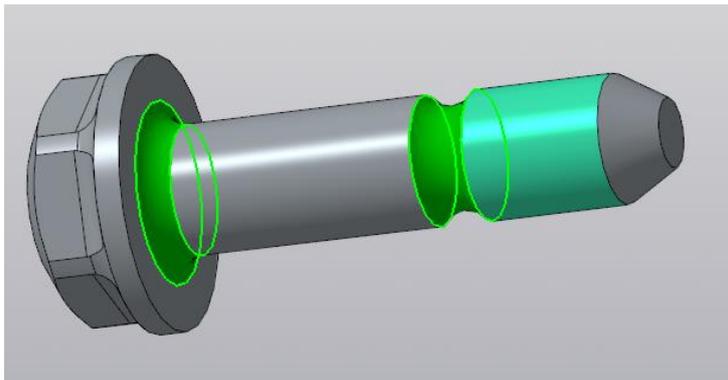


Рис. 1. 3D-модель болта специального назначения (места обработки выделены)

Данный болт является ответственной деталью в сборке самолетов, которая подвергается повышенным нагрузкам. В связи с этим требуются упрочнения самых нагруженных участков изделия.

Цифровой двойник приспособления

Цифровой двойник приспособления (рисунок 2 и 3) является составной частью модели системы управления, детально обсуждаемой в докладе.

С помощью встроенной в САПР Siemens Solid Edge ST19 функции **Измерения Физические свойства** рассчитана масса всего изделия, а также отдельных ее частей. Выполнен анализ конструкции приспособления для обкатки деталей. Кроме того, проведена оценка сложности его автоматической сборки.

В результате расчета по известной методике установлено, что:

- подготовленность изделия в целом к автоматической сборке определяется равно 12,4, что соответствует автоматизация средней трудности. Требуется отработка и экспериментальная проверка операций (ориентирования, загрузки и подачи в исполнительные органы автоматов и т.д.);
- технологичность сборки всего изделия 19,52 (первая категория сложности), что говорит о том, что сборочная единица относится к группе, технологический процесс сборки, который легко автоматизировать;
- средняя категория сложности автоматизации сборки 1,9.

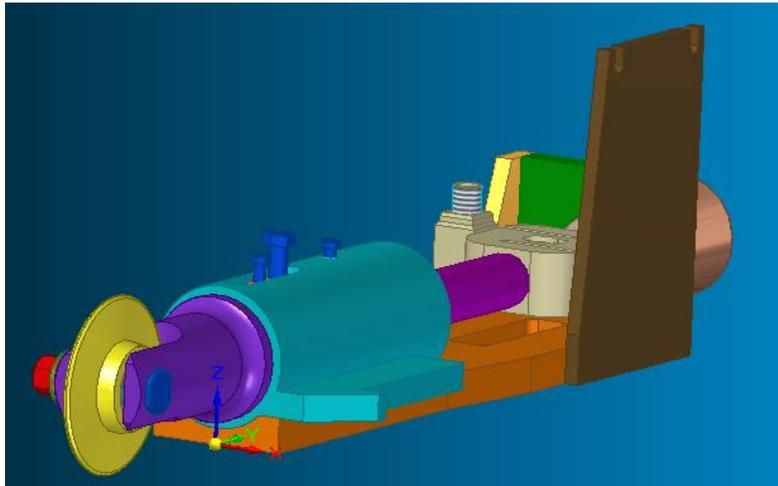


Рис. 2. Цифровой двойник приспособления для обкатки

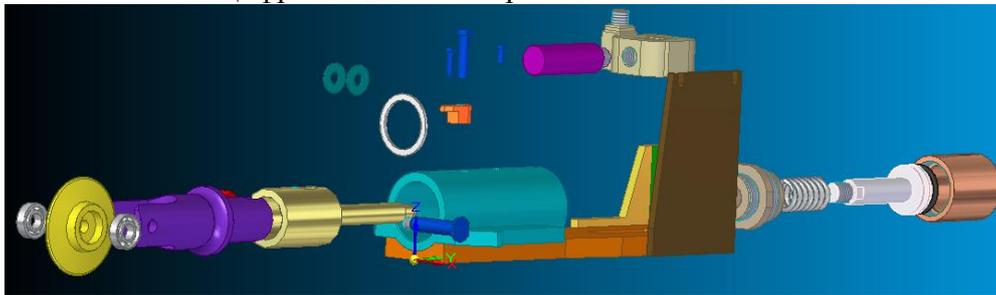


Рис. 3. Твёрдые 3D-модели узлов приспособления для обкатки

Система управления процессом подачи усилия на приспособление

С целью исследования и оптимизации необходимых режимов работы системы управления создана на основе принципиальной схемы используемой гидравлической установки и ее модель (рисунок 4).

В модели используется блок насоса с постоянным расходом. Для управления потоком жидкости к цилиндру, а также от него, использован направляющий 3-х позиционный распределитель. Управление давлением выполняется блоком клапана управления давлением. Двигатель насоса представлен как идеальный источник угловой скорости [1].

Результаты моделирования как гидросистемы, так и системы управления с работой приспособления детально обсуждаются в докладе.

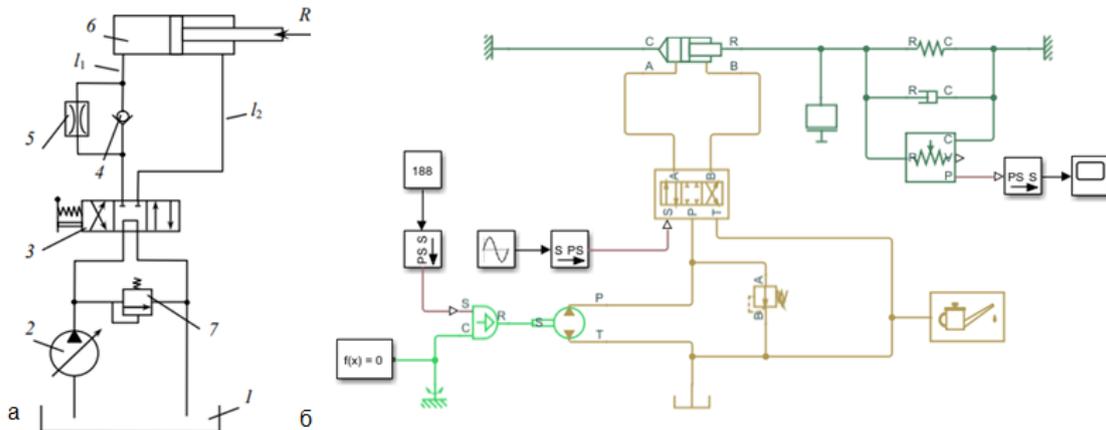


Рис. 4. Гидравлическая установка:
а – принципиальная схема; б — Simulink-модель

4. Выводы

Создана твердотельная 3D-модель болта специального назначения для моделирования его технологических особенностей в процессе обкатки. Сформирован цифровой двойник приспособления для обкатки деталей, нужный для симуляционного моделирования работы технологической установки. Выполнен расчет оценки подготовленности приспособления в целом к автоматической сборке, технологичности сборки и категории сложности автоматизации сборки. Создана и исследована модельная работа системы управления гидравлической установкой.

Полученные результаты относятся к начальному этапу проектирования системы автоматизированного управления технологическим процессом обкатки болтов специального назначения, полезной как предприятию, так и для учебных целей.

Библиографический список:

1. Руппель А.А., Сагандыков А.А., Корытов М.С. Моделирование гидравлических систем в MatLab / Учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2009. – 172с.

AUTOMATION OF THE PROCESS OF STRENGTHENING BOLTS OF SPECIAL PURPOSE

Razdelshchikov Kirill Sergeevich, student, e-mail kirya.razdelshchikov.97@mail.ru
Syretsky Gennadiy Aleksandrovich, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, e-mail sga-2002@bk.ru

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

Abstract

The necessity of modernizing the means of automated control of the process of hardening bolts for special purposes used in aircraft construction is shown.

Presents a digital twin of the device for hardening and the model of the hydraulic component of the control system, creating an effort in this device, as well as preliminary results of computer simulation of their work.

Keywords

Strengthening, device for breaking-in, model, digital double, solid-state 3D-model, hydraulic system.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА МИКРОСТРУКТУРУ СФОРМИРОВАННОГО СЛОЯ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ 316SS ПРИ АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Рашковец Мария Владимировна, Никулина Аэлита Александровна

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

Рашковец М. В., email lipa_04@mail.ru

Никулина А. А., email a.nikulina@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: *Рашковец Мария Владимировна*, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. (961)8761864

Аннотация

Механические свойства готового изделия, изготовленного с помощью процесса *DLMD*, имеют прямую зависимость от различных рабочих параметров, таких как мощность лазера, диаметр луча, скорость подачи, массовый расход порошка и т. д. Таким образом, основной проблемой при назначении рабочих параметров является определение степени влияния каждого отдельного параметра, а также взаимодействие между ними. В данном эксперименте изучается вклад от различных параметров аддитивной установки на микроструктуру осажденного материала с применением световой металлографии.

Ключевые слова

Аддитивные технологии, микроструктура, рабочие параметры, аустенитная сталь

1. Введение

Согласно американскому стандарту *ASTM* [1], аддитивная технология прямого лазерного выращивания металлического материала (*DLMD*) относится к процессу, при котором сфокусированный источник энергии (лазер, электронный луч, плазменная дуга) используется для плавления различных типов материалов (от пластмасс до металлов) путем плавления во время осаждения. В данную группу аддитивной технологии также входят *DLF*, *LENS* и *DMD*. Исходные металлические материалы могут быть представлены в форме порошка или проволоки, при этом тип материала имеет большое разнообразие, особенно включая те, которые очень трудно обрабатываются при стандартных технологиях производства. Кроме того, одной из главных особенностей технологии *DLMD* является не только производство, но и ремонт и восстановление компонентов непосредственно из трехмерной модели *CAD*, быстрым и экономичным способом [2, 3].

Несмотря на многие рабочие параметры, согласно литературному обзору

было установлено, что наиболее важными из них являются мощность лазера, скорость сканирования, скорость подачи порошка и диаметр лазерного луча.

2. Материалы и методы исследования

Исходным материалом и материалом подложки, использованными в данном исследовании, была нержавеющая сталь AISI 316. Химический состав материала представлен в таблице 2. Размер частиц исходного материала (AISI 316) составлял 15-45 микрон (спецификация порошка LPWIT-316-ААВІ).

Таблица 1

Химический состав стали AISI 316

Хим. элемент	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	N	C	P
Вес.,%	16,5-18,5	8-13	2-2,5	2,0	1,0	0,11	0,07	0,04

Процесс *DLMD* проводился с использованием диодного лазера. Для подачи порошка было использовано сопло, расположенное коаксиально с лазерным лучом относительно поверхности подложки. В качестве транспортировочного и защитного газа выступал аргон. Мощность лазерного излучения эксперимента составляла 400 и 800 Вт; скорость сканирования – 500 и 1000 мм/мин; размер лазерного пятна варьировался от 4 до 8 мм. Скорость подачи оставалась неизменной – 1,5 г/мин. Осаждался один слой материала (далее дорожка).

3. Результаты и обсуждения

Микроструктуры поперечного сечения дорожек, полученных в ходе первого эксперимента, представлены на рисунке 2. Все дорожки содержат трещины. Дорожки, полученные при низкой мощности лазера (400 Вт), средней скорости сканирования (500 мм/мин) с применением 4 и 8 г/мин скорости подачи порошка соответственно, показывают полное отсутствие адгезии между нанесенным материалом и подложкой (рис. 1 в, г). С увеличением мощности лазера и скорости сканирования дорожки демонстрируют лучшую адгезию, но все еще остается большое количество потерянного материала (рис. 2Е, F). Дорожки, полученные при максимальной мощности лазера, более низкой скорости сканирования и 4 и 8 г/мин скорости подачи порошка соответственно, показывают абсолютно разную микроструктуру (рис. 1 ж, з). Наилучший результат при первом эксперименте был достигнут с применением низкой мощности лазера (400 Вт) и максимальной скорости сканирования (1000 мм/мин); обе дорожки не имеют потерянного материала; присутствуют поры и трещины (рис. 1 а, б).

Для более детального изучения микроструктуры дорожек с наилучшими показателями (рис. 1 а, б), был применен травитель в пропорциях 10 мл азотной кислоты и 30 мл хлорной кислоты. Хорошо видно, что микроструктура содержит как дендритное, так и зеренное строение (рис. 2 а, в). Дендритная структура в основном расположена в переходной зоне между осажденным материалом и подложкой. Дорожка, полученная со скоростью подачи порошка 8 г/мин имеет больший процент дендритной структуры (рис. 2 г) с большим количеством трещин в переходной зоне. Дорожка со скоростью подачи порошка 4 г/мин имеет менее дендритную структуру и в основном состоит из равноосной ячеистой структуры (рис. 2 б). Обе дорожки имеют небольшое количество

трещин и пор внутри осажденного материал. Подложка имеет зону термического воздействия.

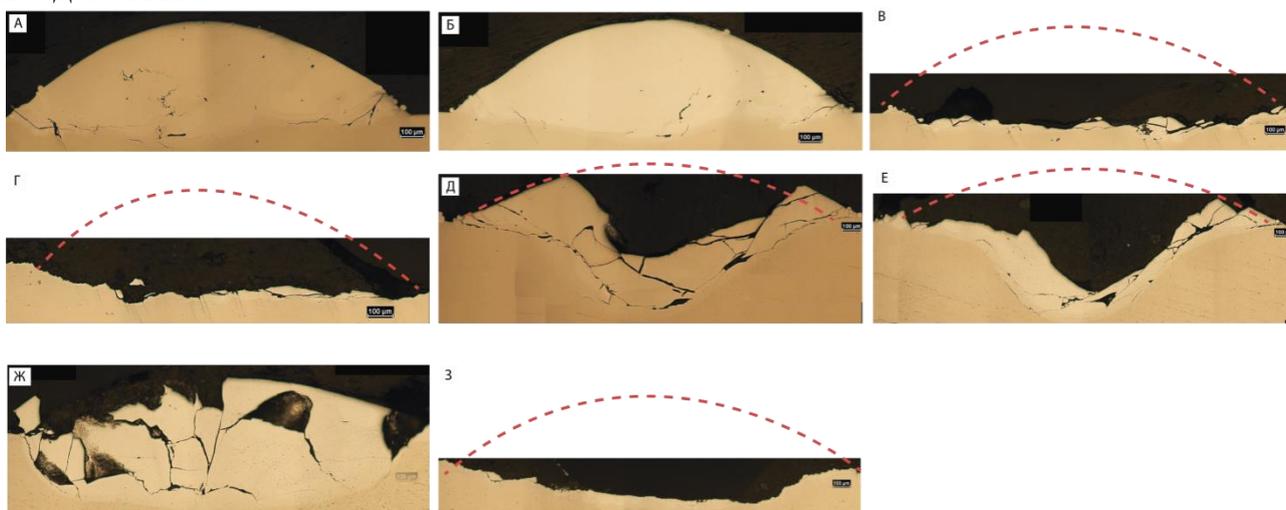


Рис.1. Микроструктура осажденного материала первого эксперимента.

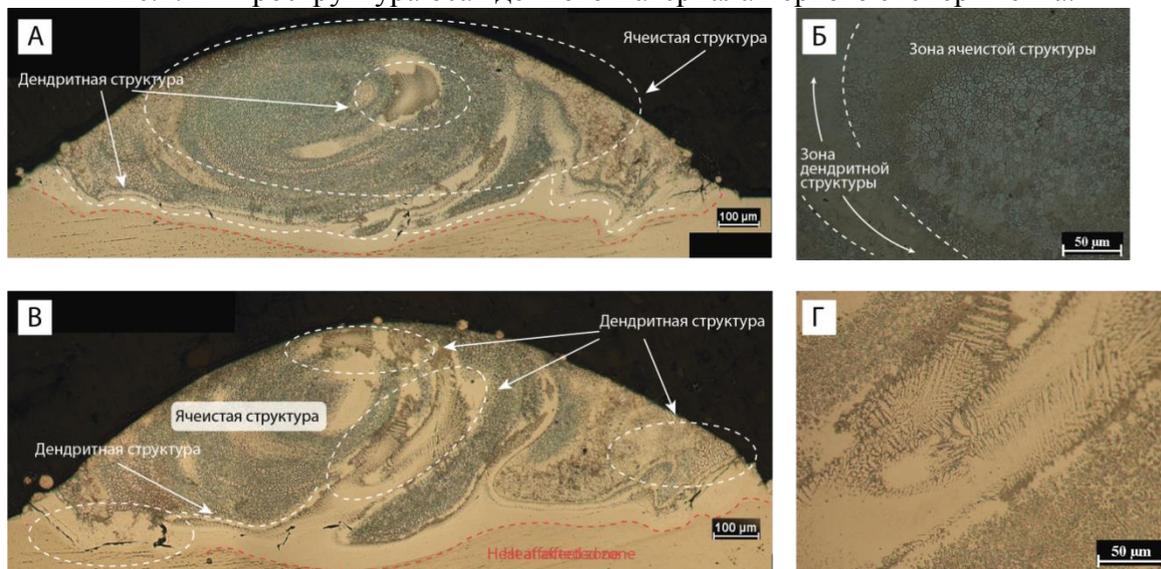


Рис.2. Микроструктура осажденного материала после травления.

4. Выводы

Радикальное изменение микроструктуры при сочетании минимальной скорости сканирования 500 мм/мин и максимальной мощности лазерного излучения 800 Вт с максимальной скоростью сканирования 100 мм/мин и минимальной мощностью 400 Вт при одинаковой скорости подачи порошка говорит о значительном вкладе сочетания данных параметров в формировании структуры при выращивании.

Наиболее приемлемая микроструктура принадлежит дорожкам со следующими параметрами: мощность лазера 400 Вт, скорость сканирования 1000 мм/мин, размер пятна 1,5 мм и скорость подачи порошка 4 и 8 г / мин. В соответствии с этим запланировано провести эксперимент с изменением скорости сканирования от 750 до 1250 мм/мин и дополнительным параметром скорости подачи порошка 6 г/мин.

Библиографический список:

1. ASTM F2792-12a Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies (Withdrawn 2015) (2018)
2. Gibson, Ian, Rosen, David, Stucker, Brent. Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing // Springer Book, 2015. Second Edition. P.486. ISBN 978-1-4939-2113-3
3. Andrea Angelastro, Sabina L. Campanelli, Giuseppe Casalino, Antonio D. Ludovico, Simone Ferrara. A methodology for optimization of the Direct Laser Metal Deposition process // Article in Key Engineering Materials, 2011. Vol 473, P. 75-82. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.473.75

EFFECT OF VARIOUS OPERATING PARAMETERS ON ADDITIVE MANUFACTURED MICROSTRUCTURE OF 316SS AUSTENITIC STEEL

Rashkovets Mariia Ph.D. student, Nikulina Aelita D.Sc. (Engineering)

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, prospekt K. Marksa, 20

Abstract

The final mechanical properties of a component fabricated by the DLMD process are strongly dependent upon various operating parameters such as the laser power, beam diameter, feed rate, powder mass flow rate, overlap percentage, etc. The problem of determining which parameter influences final properties to what extent is further complicated by interactions between process parameters themselves. Despite many operating parameters it was identified that the most important ones are the laser power, scanning speed, powder feed rate and beam diameter.

In the present study, a laser source was used as the focused energy source and deposition material (316SS) was in the form of powder. The performance of DLMD process will analyzed with the view of material characteristics such as microstructure.

The most acceptable microstructure of the experiment belonged to tracks with the following parameters: laser power 400 W, scanning speed 1000 mm/min, spot size of 1.5 mm and powder feed rate of 4 and 8 g/min. It was decided to conduct the experiment with varying the scanning speed and laser spot size. Thus, the operating parameters will as the laser power (400 W) and laser spot diameter (1.5 mm) remained constant, scanning speed and powder feed rate will varied from 750 to 1250 mm/min with additional parameter of powder feed rate 6 g/min.

Keywords

Additive technologies, microstructure, performance parameters, austenitic steel

ПЛАЗМЕННАЯ ЗАКАЛКА СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Сафонов Евгений Николаевич, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник; Панкова Мария Сергеевна, студент

Нижнетагильский технологический институт (филиал) УрФУ, 622031, Россия, г. Нижний Тагил, ул. Красногвардейская, 59, тел. (3435) 25-58-83

Сафонов Е.Н. e.n.safonov@urfu.ru

Панкова М.С. mariia_lu@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Панкова Мария Сергеевна,

Нижнетагильский технологический институт (филиал) УрФУ, 622031, Россия, г. Нижний Тагил, ул. Красногвардейская, 59, тел. (3435) 25-58-83

Аннотация

В данной статье исследовано влияние погонной энергии процесса плазменной закалки среднеуглеродистых низколегированных сталей: 30ХНМА, 40ХНМА, 40ХН2МА, 45 на структуру, глубину и твердость локальной зоны упрочнения. Показано, что по глубине зоны формируется градиентная структура с закономерно изменяющимися дисперсностью и твердостью. Установлены зависимости, позволяющие управлять структурным состоянием, твердостью и глубиной зоны упрочнения.

Ключевые слова

Плазменная дуга, закалка, погонная энергия, структура, твердость.

1. Введение

Среднеуглеродистые низколегированные стали, обычно применяются в термически упрочненном состоянии для обеспечения необходимой прочности. Это не позволяет реализовать максимальную твердость рабочей поверхности деталей, что сопровождается соответствующим уменьшением их ресурса, особенно в условиях трения. Решение этой проблемы рационально использованием термического упрочнения рабочих поверхностей, например плазменной закалкой [1, 2]. При этом физико-химическое состояние и структура материала во внутренних слоях изделия не изменяются. Поверхностное упрочнение позволяет увеличить износостойкость и срок службы деталей за счет благоприятного сочетания высокой твердости поверхностного рабочего слоя с достаточно прочной и пластичной сердцевиной, структура и свойства которой формируются на предшествующих этапах производства.

При нагреве поверхности детали плазменной дугой, основные характеристики термического цикла в зоне термовлияния: максимальная температура, время пребывания данной точки выше температуры A_{c1} , скорости нагрева и охлаждения определяются сочетанием параметров режима обработки и взаимозависимы. Например, увеличение мощности дуги сопровождается

ростом максимальной температуры, глубины прогрева, времени пребывания нагреваемого объема в температурном интервале существования аустенита, но, одновременно, увеличивается размер зерна аустенита с соответствующим повышением точки M_n , возможно снижение скорости охлаждения.

Цель работы – определение рациональных параметров режима поверхностной плазменной закалки среднеуглеродистых конструкционных сталей на основе исследования структуры, глубины и твердости локальной зоны упрочнения.

2. Методика исследования

Изучали структуру, размеры и твердость зоны упрочнения предварительно отожженных сталей: 30ХНМА, 40ХНМА, 40ХН2МА, 45 после обработки плазменной дугой прямой полярности. В качестве плазмообразующего и защитного газа использовали аргон. Диапазон варьирования параметров режима процесса: ток плазменной дуги – 180...250 А, напряжение – 45...50 В, скорость перемещения дуги – 3,5...5 см/с, расход аргона – 6...8 л/мин. Погонную энергию изменяли в диапазоне 1660...3400 Дж/см не допуская макроплавления обрабатываемой поверхности.

Структуру термообработанного поверхностного слоя изучали на поперечных микрошлифах с использованием микроскопа AXIOVERT 40 при увеличениях $\times 50$ и $\times 1000$. Для измерения твердости использовали твердомер ERGOTEST COMP 25. Испытания проводили пирамидой Виккерса под нагрузкой 98,07 Н. Оценка зеренной структуры в зоне термического влияния проводилась по ГОСТ 8233-56 «Сталь. Эталоны микроструктуры».

3. Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований установлено, что с увеличением тока плазменной дуги глубина и твердость локальной зоны упрочнения возрастают. Увеличение скорости перемещения дуги при фиксированном значении тока сопровождается снижением этих показателей, что объясняется уменьшением погонной энергии процесса тепловложения.

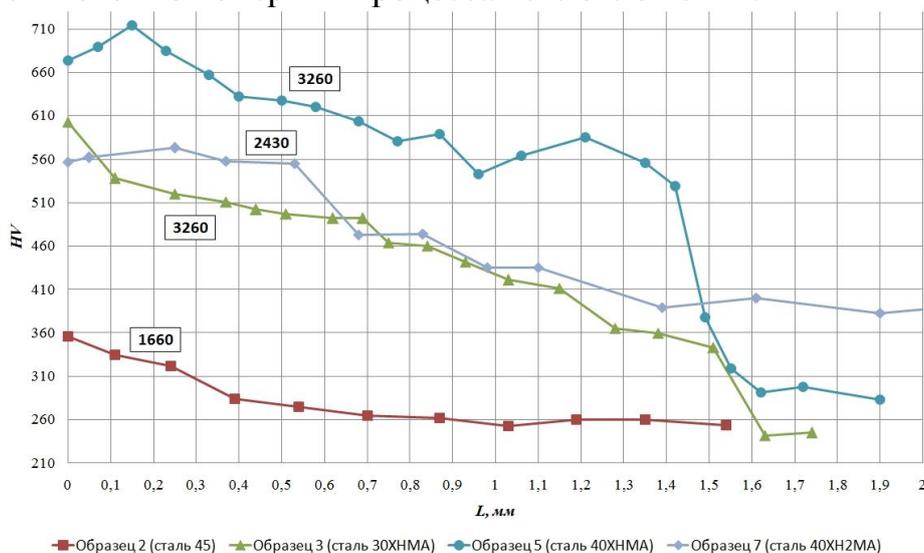


Рис. 1. Изменение твердости (HV 10) по глубине (L) локальной зоны плазменной закалки сталей при различных значениях погонной энергии

На рисунке 1 представлена зависимость изменения твердости по глубине

закаленной зоны исследованных сталей при различных значениях погонной энергии. Сравнивая полученные данные, можно сделать вывод, что с увеличением погонной энергии дуги глубина и твердость зоны плазменной закалки возрастают, при этом у сталей с более высоким содержанием углерода глубина и твердость закалённой зоны больше.

Оценивая результаты обработки стали 45 можно отметить, что величина погонной энергии дуги 1660 Дж/см недостаточна для ее полноценной закалки.

Типичное для исследованных сталей структурное состояние локальной зоны термического влияния, сформированной в процессе плазменной закалки, показано на рисунке 2.

Как правило, основной структурной составляющей закаленной зоны исследованных сталей является игольчатый мартенсит, длина игл которого постепенно уменьшается от 16 мкм (8 балл) у поверхности образца, до 2 мкм (2 балл) на глубине до 1,5 мм от поверхности. В переходной зоне от закаленного металла к основному, не испытывавшему фазовых переходов в процессе обработки, мартенсит постепенно замещается перлитом с межпластинчатым расстоянием 0,2...0,3 мкм (сорбит) при одновременном увеличении доли структурно свободного феррита, составляющего совместно с перлитом структурную основу исследованных сталей.

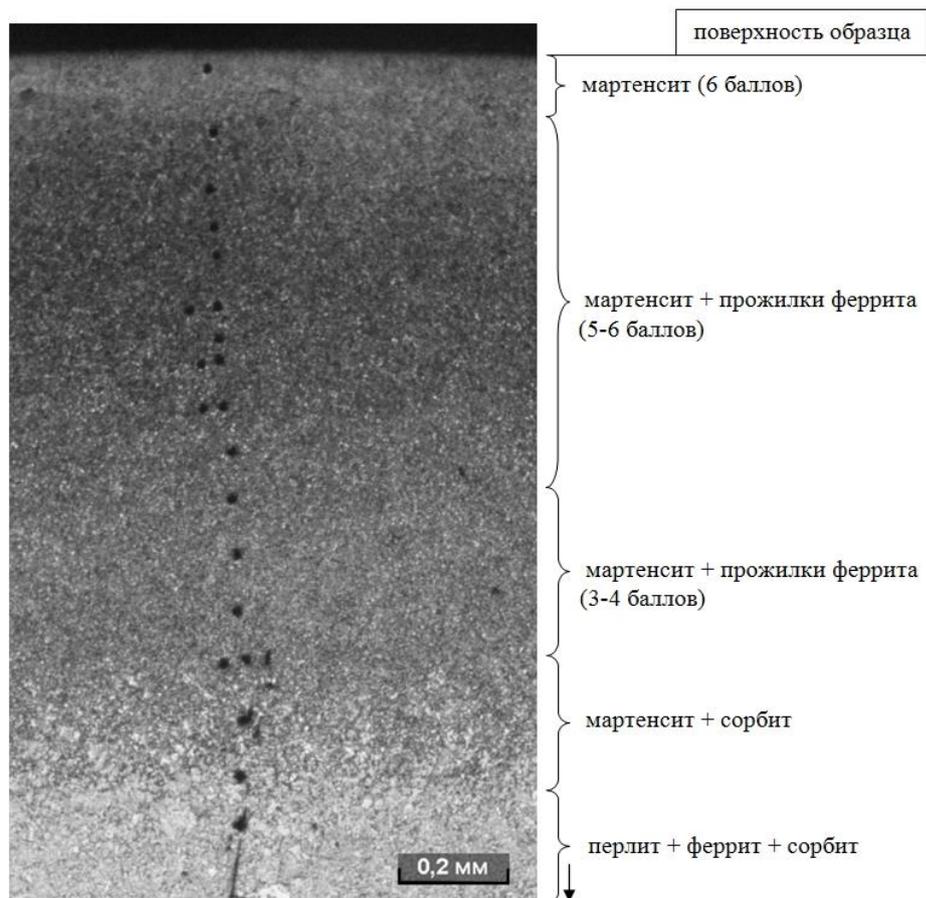


Рис. 2. Модифицированная в результате плазменной обработки структура поверхностного слоя стали 30ХНМА

4. Выводы

1. Плазменная закалка исследованных сталей с погонной энергией дуги в пределах 2430...3260 Дж/см формирует в поверхностном слое глубиной до 1,5 мм закаленную зону с твердостью 710...360 HV 10, представленную игольчатым мартенситом от 8 до 2 балла и прожилками феррита.

2. Между зоной закалки и основным металлом располагается переходная зона до 0,8 мм с градиентной структурой пластинчатого перлита твердостью 520...260 HV 10 и элементами перлитно-ферритной основы, доля которых постепенно возрастает. Структурно-фазовое состояние этой зоны обеспечивает плавный переход механических свойств от закаленного слоя к основному металлу.

3. С увеличением погонной энергии дуги, а также концентрации углерода в исследованных сталях, глубина и твердость зоны плазменной закалки возрастают.

Библиографический список:

1. Балановский А.Е. Основные вопросы теории плазменного поверхностного упрочнения металлов (Обзор, часть первая) // Упрочняющие технологии и покрытия. 2015. №12. С. 18 – 30.

2. Safonov E.N., Mironova M.V. Plasma hardening hypereutectoid steel / IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 411 (2018), 012069. – Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/411/1/012069/pdf>.

PLASMA HARDENING OF MEDIUM CARBON STEEL

Evgeny Nikolaevich Safonov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher; Pankova Maria Sergeevna, student

Nizhny Tagil Technological Institute (branch) Ural Federal University,
622031, Russia, Nizhny Tagil, ul. Red Guard, 59, tel. (3435) 25-58-83

Abstract

In this article was investigated the influence of the heat input of the plasma hardening process of medium carbon low alloy steels: 45, 30XHMA, 40XHMA, 40XH2MA on the structure, depth and hardness of the local zone of hardening. It is shown that a gradient structure with regularly changing dispersion and hardness is formed over the depth of the zone. There were established the dependencies that allow to control the structural state and operational properties of the hardening zone, achieving their optimum correlation for various wear conditions.

The surface hardened layer with a depth of up to 1.5 mm and a hardness of 710...360 HV 10 is represented by needle martensite from 8 to 2 points and with veins of ferrite. In the transition zone from the hardened metal to the main one, which did not undergo phase transitions during processing, martensite is gradually replaced by sorbitol with a simultaneous increase in the share of ferrite, which together with pearlite constitutes the structural basis of steel.

Keywords

Plasma arc, quenching, rate of energy input, structure, hardness.

УДК 537.321; 621.771

ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫЙ НАГРЕВ ПРОФИЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПОДСЕЧЕК

*Урбах Артур Александрович, магистрант;
Рынгач Николай Анатольевич*

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

Урбах А. А., e-mail artururbach720@gmail.com

Рынгач Н.А., e-mail ryngach@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Урбах Артур Александрович, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Аннотация

Статья посвящена проблеме, которая связана с возникновением дефектов при изготовлении деталей летательных аппаратов из титановых сплавов. Решается вопрос о повышении пластичности титановых заготовок при формообразовании подсечек. Описан электроконтактный способ нагрева металла.

Ключевые слова

Подсечка; электроконтактный нагрев; титан; пластичность; заготовка

Подсечка – это конструктивный элемент деталей, входящих в состав каркаса планера летательных аппаратов. Типовые узлы, в которых применяют детали с подсечкой, показаны на рисунке 1.

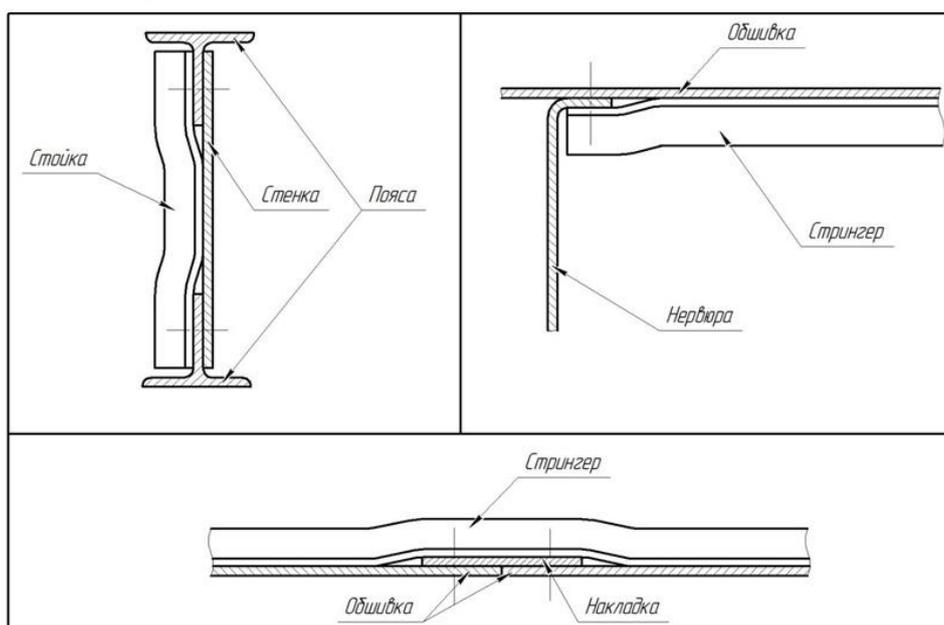


Рис. 1 – Типовые узлы с подсечкой

К современной авиационной технике предъявляют высокие летно-технические требования. Это привело к применению титановых сплавов в конструкции самолета. Так как титан обладает лучшими механическими свойствами по сравнению с алюминиевыми сплавами и сталью.

Образование подсечки в холодном состоянии на профильной заготовке из титанового сплава дает неудовлетворительное качество данного конструктивного элемента. При гибке профильных заготовок на поверхности образуются трещины (рис. 2). Это связано с низкой пластичностью титановых сплавов [1].

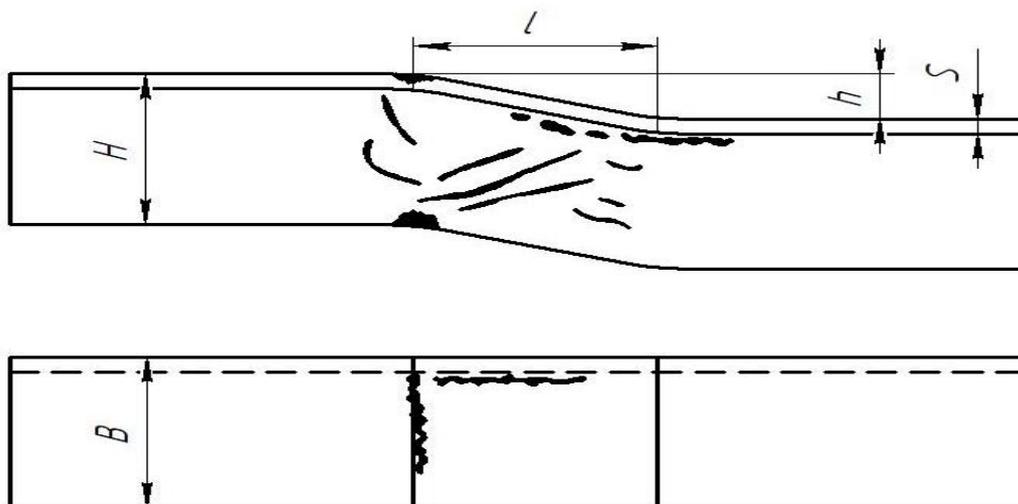


Рис. 2 – Геометрические параметры подсечки и зоны распространения дефектов

Чтобы повысить пластичность, необходимо нагреть материал. Существуют различные способы нагрева металла. Но для данных целей будет эффективен электроконтактный нагрев. Он предназначен для термической обработки изделий, имеющих равномерное сечение по длине и значимое электрическое сопротивление. Электроконтактный нагрев не имеет пределов по достижимым температурам, обладает высокой скоростью нагрева и высоким КПД.

Физическая сущность электроконтактного способа нагрева заключается в том, что заготовка нагревается с помощью электрического тока, который проходит через неё. При этом выделяется тепловая энергия, которая количественно определяется по закону Джоуля-Ленца [2]. На рисунке 3 приведена схема, в которой применен переменный ток, но в принципе может быть использован и постоянный ток.

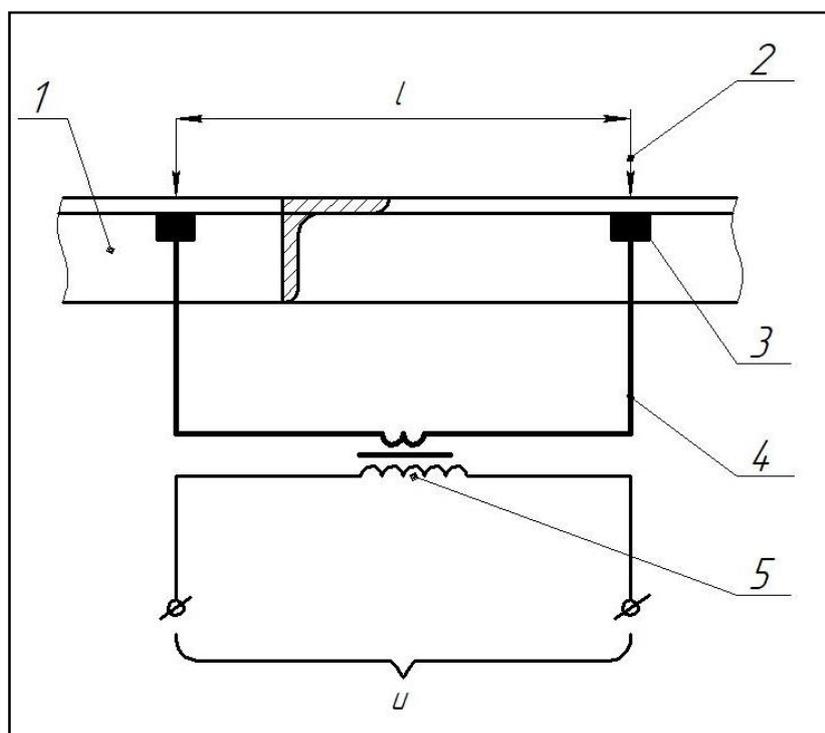


Рисунок 3 – Принципиальная электрическая схема установки для электроконтактного нагрева заготовок:

1 – нагреваемая заготовка; 2 – прижим; 3 – зажимной токоподводящий контакт; 4 – токопроводящий провод (шина); 5 – силовой трансформатор

Электрическая энергия $E_э$ преобразуется в тепловую энергию $E_т$ нагрева заготовки по соотношению

$$\eta E_э = E_т$$

Или подробнее

$$\eta I^2 \rho_э \frac{l}{S} t = c \rho l S \Delta T,$$

где η – КПД, учитывающий тепловые потери, связанные с конвективным и радиационным теплообменом с окружающей средой; I – сила тока; $\rho_э$ – удельное электрическое сопротивление (для титановых сплавов в диапазоне температур 20...800 °С $\rho_э = 1,5 \cdot 10^{-6}$ Ом · м); l – длина нагреваемой части профиля; S – площадь сечения профиля; t – время нагрева заготовки; c – удельная теплоемкость (для титановых сплавов $c = 700$ Дж/(кг · град)); ρ – плотность вещества (для титановых сплавов $\rho = 4500$ кг/м³); ΔT – перепад температур.

Применение трансформаторов в электроконтактных установках позволяет сравнительно просто регулировать и получать требуемые напряжения на нагреваемых заготовках при больших значениях силы тока в них.

Электроконтактный нагрев профильных заготовок имеет практическую значимость для заготовительно-штамповочных цехов предприятия по изготовлению летательных аппаратов. Применение титана в авиастроение набирает большую популярность, поэтому технологии изготовления деталей из его сплавов будут также востребованы.

Библиографический список:

1. Александров В. Г., Базанов Б. И. Справочник по авиационным материалам и технологии их применения. – М.: Транспорт, 1979.– 263 с.
2. Романов Д. И. Электроконтактный нагрев металлов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1981. – 168 с., ил.
3. Константинов И.Л.// Моделирование процесса горячей объемной штамповки поковки из алюминиевого сплава АК6 //Известия вузов. Цветная металлургия - № 1, 2015 г., С.45-48.

ELECTROCONTACT HEATING OF TITANIUM ALLOYS FOR HOT FORMING

Urbah Artur Alexandrovich, master student;
e-mail artururbach720@gmail.com

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

Ryngach Nikolay Anatolevich, associate professor; e-mail ryngach@corp.nstu.ru

Abstract

The article is devoted to a problem that is associated with the appearance of defects in titanium alloy parts of aircraft. The question of increasing the plasticity of titanium blanks during the formation of cuttings is being solved. The electrocontact method of metal heating is described.

This method help increase plasticity and prevent cracking and utilize conventional forming tooling.

Keywords

Resistance heating; titanium alloy; plasticity.

СЕКЦИЯ: БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

УДК 614.841.13

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ГОРЕНИИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Артёменко Юлия Евгеньевна, магистрант;
Илюшов Николай Яковлевич, к.т.н. доцент*

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

Артёменко Ю.Е., email: juliyasneg40@gmail.com

Илюшов Н.Я., email: kamchatka1234@rambler.ru

Адрес для корреспонденции: Артёменко Юлия Евгеньевна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. (923)227-30-55

Аннотация

В настоящей работе рассматривается влияние горения трансформаторного масла на организм человека и окружающую среду. Производится оценка масштаба выброса вредных веществ в пересчете на площадь потенциально сгоревшего леса.

Ключевые слова: пожар, вредное вещество, трансформатор, горение, подстанция

Введение

Пожары на трансформаторах представляют опасность вследствие наличия в них большого количества трансформаторного масла.

Трансформаторное масло является хорошим горючим материалом, которое при разрушении бака может разлиться на большой площади и привести к распространению пожара на рядом расположенные элементы оборудования.

При горении трансформаторного оборудования в воздух выделяется большое количество вредных веществ.

Целью настоящей работы является определение перечня и количества вредных веществ, образующихся при горении трансформаторного масла определенного вида.

За основу исследования была взята подстанция с трансформатором, находящимся на открытом пространстве. Масса трансформаторного масла в нем составляет 22 тонны.

Основными веществами, выделяющимися в воздух при горении трансформаторного масла, являются углекислый газ и диоксид серы. Так же,

может выделяться незначительное количество сажи, углеводородов, окиси углерода и других компонентов.

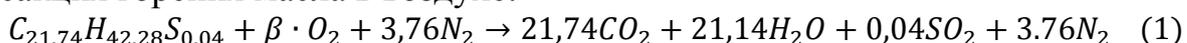
Повышение концентрации углекислого ведет к сонливости, преждевременной усталости, снижению концентрации внимания у человека. Под воздействием этого газа происходит увеличение кислотности крови, что ведет к ацидозу. Ацидоз может спровоцировать такие заболевания как, сахарный диабет, проблемы с опорно-двигательным аппаратом, проблемы сердечнососудистой системой, общую слабость. Углекислый газ, или двуокись углерода CO_2 , служит одной из причин парникового эффекта, так как удерживает часть энергии, которую излучает нагретая поверхность Земли, и, как следствие, воссоздает эффект, наблюдаемый в обычном парнике. В результате температура поверхности Земли заметно повышается.

Диоксид серы SO_2 . Бесцветный газ с резким запахом, уже в малых концентрациях создаёт неприятный вкус во рту, раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. Взаимодействуя с атмосферной влагой, оксиды серы образуют кислотные осадки (дождь, туман, снег), которые оказывают негативное влияние на окружающую среду: повышается кислотность рек и озер, что приводит к сокращению численности, видового разнообразия животных и растений; ухудшается качество сельскохозяйственной продукции, питьевой воды, атмосферного воздуха, что оказывает негативное влияние на здоровье населения [3].

Для определения количества выбросов вредных веществ, необходимо составить уравнение горения трансформаторного масла в воздухе.

Общая химическая формула трансформаторного масла имеет вид: $C_{21.74}H_{42.28}S_{0.04}$, а его молярная масса составляет 304,44 г/моль.

Реакция горения масла в воздухе:



где β - безразмерный стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения. Рассчитывается данный коэффициент по формуле:

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2} + n_S = 21.74 + \frac{42.28 - 0}{4} - \frac{0}{2} + 0.04 = 32.35 \quad (2)$$

где n_C , n_H , n_X , n_O , n_S - число составляющих молекулу вещества атомов углерода, водорода, галоидов, кислорода и серы соответственно.

Расчет массы продуктов сгорания по отдельности определяется по формуле:

$$m = \frac{M \cdot X \cdot m_{\text{тр}}}{M_{\text{тр}} + M_{\text{в}}} \quad (3)$$

где M – молярная масса вещества, кг/кмоль;

X – коэффициент вещества в химической формуле горения;

$m_{\text{тр}}$ – масса трансформаторного масла, кг;

$M_{\text{тр}}$ – молярная масса трансформаторного масла, кг/кмоль;

$M_{\text{в}}$ – молярная масса воздуха, в соответствии с уравнением горения, кг/кмоль.

Таким образом, по формуле (3) массы газов, выделившихся при горении трансформаторного масла, составили: диоксид углерода – 14564 кг, диоксид серы – 41 кг. В процессе горения выделилось 5821 кг водяных паров (~5821 л).

Проведем анализ количества выделенных вредных веществ путем сравнения с площадью лесного пожара, при котором в атмосферный воздух выделится аналогичная масса газов.

Лесным пожаром называется явление неуправляемого многостадийного горения в открытом пространстве на покрытой лесом площади, в рамках которого имеют место взаимосвязанные процессы конвективного и радиационного переноса энергии, нагревания, сушки и пиролиза лесных горючих материалов (ЛГМ), а также горение газообразных и догорание конденсированных продуктов пиролиза ЛГМ.

Согласно методике определения и расчета выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров, выброс любого вредного вещества α обозначается M_{α} и измеряется в единицах массы (г, кг, моль).[4]

Выброс массы α -компонента для любого типа лесного пожара следует определять по формуле:

$$M_{\alpha} = S \cdot K \cdot K_{\alpha} \cdot m_{\alpha} \quad (4)$$

где S – площадь лесной территории, пройденная огнем, м²;

K – коэффициент, зависящий от яруса горящего леса;

K_{α} – коэффициент эмиссии, кг/кг;

m_{α} – запас ЛГМ, кг/м²

Количество поллютантов определяется не только скоростью горения и размерами очага горения, но и коэффициентами эмиссии K_{α} поллютантов, которые зависят от типа растительности и условий горения. В таблице приведены K_{α} . [4]

Таблица 1 – Вещества, выделяющиеся в процессе химических реакций, при лесных пожарах

Наименование вещества	Коэффициенты эмиссии K_{α} (кг/кг)		
	/1/	/2/	Принят для расчетов
Диоксид углерода (CO_2)	0.094000	0.135000	0.094000
Оксиды серы (SO_2)	-	0.000001	0.000001

Таблица 2 – Модель гипотетического леса

Ярус леса	Высота яруса, м	Запас ЛГМ, m_a , кг/м ²	K
1. Ярус мхов, лишайников с включениями из опавших хвоинок и тонких веточек: (нулевой слой)	2,15	3,0	1,0
2. Первый ярус леса – травы и кустарники	2,00	1,6	0,5
3. Второй ярус леса – подрост (совокупность деревьев высотой до 6 м)	6,00	2,0	0,1
4. Третий ярус леса – совокупность крон деревьев	-	-	-

Таким образом, площадь лесного пожара, при известном значении выброса массы определенного поллютанта будет определяться, как:

$$S = \frac{M_{\alpha}}{K \cdot K_{\alpha} \cdot m_{\alpha}} \quad (5)$$

Тогда, площадь лесного пожара, эквивалентная массе выделенных вредных веществ, будет равна:

Углекислый газ (CO_2): $774680 \text{ м}^2 = 77.46 \text{ га}$

Диоксид серы: (SO_2): $205000000 \text{ м}^2 = 20500 \text{ га}$

Вывод

Рассчитав количество выбросов при горении трансформаторного масла, был проведен анализ, путем сравнения этих значений с потенциальной площадью лесного пожара, при котором в атмосферный воздух выделится аналогичное количество вредных веществ.

Расчеты показали, что для выделения диоксида серы, лесной пожар должен распространиться на площадь 20500 гектар.

Таким образом, можно увидеть, что авария, повлекшая за собой возгорание трансформаторного масла всего лишь от одного агрегата, способна нанести ущерб окружающей среде, соизмеримый с большим лесным пожаром.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) I. Atanasova-Nöhlein and R. Fritsche: Interpretation of Carbon Monoxide Formation in Liquid Impregnated Equipment / Siemens TR, Katzwangerstrasse 150, 90461 Nuremberg, Germany / Manuscript received on 4 September 2015, in final form 16 October 2015, accepted 22 October 2015.
- 2) Catalina Tobón, Diana C. Pachajoa, Juan P. Ugarte, Andrés Orozco-Duque, Javier Saiz: Lead and Carbon Monoxide Effects on Human Atrial Action Potential. In Silico Study / Computing in Cardiology 2017
- 3) Anna A. Stec: Fire toxicity – The elephant in the room? / Fire Safety Journal, May 2017

- 4) Приказ Госкомэкологии РФ от 05.03.1997 N 90 «Об утверждении Методик расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу», Приложение 2

**STUDY OF HARMFUL SUBSTANCES DURING COMBUSTION
TRANSFORMER EQUIPMENT**

Artyomenko J.E. Graduate students, email: juliyasneg40@gmail.com

Ilyushov N.Y. Ph.D. (Engineering), Associate Professor, email:
kamchatka1234@rambler.ru

Address for correspondence: Artyomenko J.E., Novosibirsk State Technical University, 20, Prospect K. Marks, Novosibirsk, 630073, Russia, (923)227-30-55

Abstract

This paper discusses the effect of transformer oil burning on the human body and the environment. An assessment is made of the scale of emission of harmful substances in terms of the area of potentially burnt forest.

Keywords: fire, harmful substance, transformer, burning, substation.

УКД: 621.316.99

ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ 110/0,4 кВ

*Парахин Анатолий Михайлович, к.т.н., доцент;
Брагина Ангелина Александровна*

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

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

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

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

Аннотация.

В данной статье проводится анализ различных методик расчета заземления для трансформаторной подстанции. Значимость данной работы обусловлена необходимостью определить наиболее экономически выгодный способ создания заземления. Для этого рассматриваются метод расчета заземления по допустимому напряжению прикосновения и метод расчета заземления по допустимому сопротивлению. Для иллюстрации работы на основе конструкции трансформаторной подстанции была построена схема ее заземления и были осуществлены расчеты для определения соответствия ее необходимым нормативам ГОСТ, приведены формулы расчета по двум методам. В ходе данного анализа было установлено, что расчет согласно методу допустимого сопротивления требует меньшую длину горизонтальных электродов и меньшее количество вертикальных электродов, а потому его применение более целесообразно с экономической точки зрения.

Ключевые слова: заземление; трансформаторная подстанция; допустимое сопротивление; допустимое напряжение.

Заземление – преднамеренное электрическое соединение какой-либо части электроустановки или другой установки с заземляющим устройством.

Заземление подстанций выполняются с помощью заземляющих устройств, состоящие из заземлителей и заземляющих проводников. Заземлители – металлические проводники или группы проводников, соединенные с землей, а проводники соединяют с электроустановками. Заземляющее устройство выполняется в виде контурного заземления, состоящего из горизонтальных полос из стали круглого сечения 16 мм, прокладываемых на глубине 0,5-0,8 м вокруг территории подстанции, с рядом вертикальных заземлителей из прутковой стали диаметром 50 мм и длиной 5 м по периметру контура, а внутри

контура прокладываются параллельные полосы, к которым присоединяются заземляющие провода от корпусов электрооборудования. Чем больше длина фронта волны тока молнии и удельное сопротивление грунта, тем больше площадь заземлителя, которая эффективно участвует в отводе тока молнии.

Согласно ПУЭ заземляющие устройства электроустановок выше 1000 В сети с эффективно заземленной нейтралью выполняются с учетом сопротивления заземления $R_z \leq 0,5$ Ом или допустимого напряжения прикосновения.

Цель настоящей работы – сравнить методы расчета заземления и выбрать наиболее эффективный.

Для заземления подстанции на рисунке 1а в соответствии с ПУЭ составим схему, прокладывая горизонтальные полосы на расстоянии 1 метр от оснований и фундаментов оборудования, вертикальные электроды распределим по периметру контура как указано на рисунке 1б.

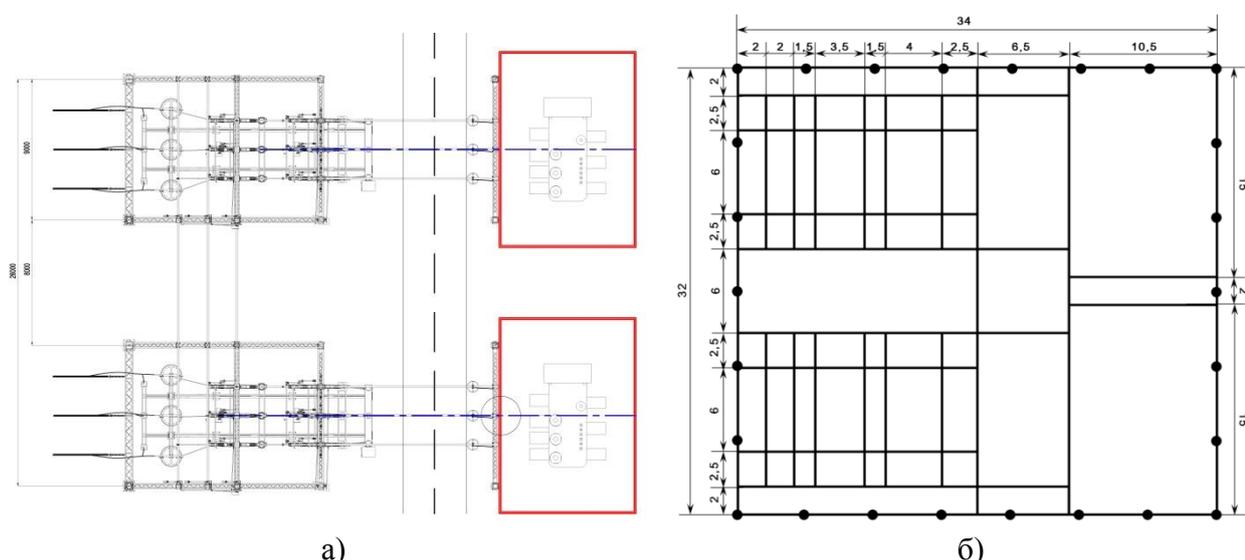


Рис.1 а- схема трансформаторной подстанции, б- схема заземляющего устройства

Из ГОСТа 12.1.038-82 «Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов» определим допустимое напряжение прикосновения ($U_{пр, доп} = 400$ В) по таблице 1, за продолжительность воздействия принимаем $\tau_B = t_{рз} + t_{ОВ} = 0,22$ с, где $t_{рз}$ – время срабатывания релейной защиты (0,12 с), $t_{ОВ}$ – полное время отключения выключателя (0,1 с).

Таблица 1

Предельно допустимое $U_{пр}$ в зависимости от времени воздействия на человека в аварийном режиме

Род тока	Нормированная величина	Предельно допустимые значения, не более при продолжительности воздействия тока, t, с								
		0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	Св 1,0
Переменный 50 Гц	$U_{пр}$, В	650	500	400	325	250	200	160	130	$\frac{50}{t}$
	I , mA	650	500	400	325	250	200	160	130	$\frac{50}{t}$

Зная наибольшее допустимое напряжение прикосновения, определяем напряжение на заземлителе: $U_3 = \frac{U_{\text{пр.доп}}}{K_{\text{П}}} = \frac{400}{0,123} = 3252 \text{ В}$, где $K_{\text{П}}$ – коэффициент напряжения прикосновения.

Для сложных заземлителей коэффициент напряжения прикосновения определяется по формуле:

$$K_{\text{П}} = \frac{M\beta}{\left(\frac{l_{\text{В}}L_{\text{Г}}}{a\sqrt{S}}\right)^{0,45}}$$

где $l_{\text{В}}$ – длина вертикального заземлителя равна 5 м, $L_{\text{Г}}$ – длина горизонтальных заземлителей равна 490 м, a – расстояние между вертикальными заземлителями равно 5 м, S – площадь заземляющего устройства равна 1088 м², M – параметр зависящий от ρ_1/ρ_2 , где ρ_1 – удельное сопротивление верхнего слоя грунта (230 Ом·м), а ρ_2 – нижнего (100 Ом·м) и равен 0,62, β – коэффициент, определяемый по сопротивлению тела человека $R_{\text{ч}}$ и сопротивлению растекания тока от ступней $R_{\text{С}}$ (0,74).

Так как $U_3 = I_3 R_3$, то сопротивление заземляющего устройства должно быть: $R_{3,\text{доп}} \leq \frac{U_3}{I_3}$; $R_{3,\text{доп}} \leq 1,7 \text{ Ом}$, где I_3 – ток, стекающий с заземлителя проектируемого заземляющего устройства при замыкании одной из фаз на землю (для нашей подстанции 1900 А).

Общее сопротивление сложного заземлителя:

$$R_3 = A \frac{\rho_3}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_3}{L_{\text{Г}}+L_{\text{В}}} = 0,3445 \frac{127,75}{\sqrt{1088}} + \frac{127,75}{490+130} = 1,5 \text{ Ом},$$

где ρ_3 – эквивалентное удельное сопротивление земли, k – показатель степени (0,294), $L_{\text{Г}}$ – общая длина горизонтальных заземлителей, равна 490 м, $L_{\text{В}}$ – общая длина вертикальных заземлителей: $L_{\text{В}} = l_{\text{В}} n_{\text{В}} = 130 \text{ м}$, A – коэффициент, значение которого вычисляется по формуле: $A = 0,385 - 0,25 t_{\text{отн}} = 0,34$, $t_{\text{отн}}$ – относительная глубина погружения в землю вертикальных электродов (0,167 м).

$$R_3 < R_{3,\text{доп}} \\ 1,5 \text{ Ом} < 1,7 \text{ Ом}$$

Значит условие выполнено и данная схема заземления обеспечит защиту подстанции.

Сопротивление растеканию тока R_3 согласно ПУЭ не должно быть больше 0,5 Ом для электроустановок выше 1000 В при эффективно заземленной нейтрали.

Сопротивление растеканию системы грозозащитный трос-опоры $R_{\text{е}}$ принимаем 0,7 Ом.

При использовании естественных заземлителей сопротивление искусственного заземления $R_{\text{И}}$ больше требуемого

$$R_{\text{И}} = \frac{R_{\text{е}} R_3}{R_{\text{е}} - R_3} = \frac{0,7 * 0,5}{0,7 - 0,5} = 1,75 \text{ Ом}$$

Составим условную модель заземлителя и рассчитаем ее параметры.

1. Длина одной стороны модели равна $\sqrt{S} = 33$ м;
2. Количество ячеек по одной модели: $m = \frac{L_{\Gamma}}{2\sqrt{S}} - 1 = 6,5 \approx 7$

Уточняем значение $L_{\Gamma} = 2(m + 1)\sqrt{S} = 527,8$ м

3. Длина стороны ячейки модели: $b = \frac{\sqrt{S}}{m} = 4,7 \approx 5$ м
4. Количество вертикальных электродов: $n = \frac{4\sqrt{S}}{a} = 26,4 \approx 27$
5. Суммарная длина вертикальных электродов: $L_{\text{В}} = l_{\text{В}}n = 135$ м

Вычислим расчетное сопротивление рассматриваемого искусственного заземлителя: $R_{\text{И}} = A \frac{\rho_{\text{э}}}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_{\text{э}}}{L_{\Gamma} + L_{\text{В}}} = 0,3435 \frac{127,75}{\sqrt{1088}} + \frac{127,75}{527,76 + 135} = 1,52$ Ом

Это значение меньше требуемого сопротивления искусственного заземлителя, значит условие выполнено.

Сравним размеры заземляющего устройства при расчетах по напряжению прикосновения и по сопротивлению в таблице 2.

Таблица 2.

Сравниваемый параметр	Расчет по напряжению	Расчет по сопротивлению
Длина горизонтальных электродов, L_{Γ} , м	490	527,8
Количество вертикальных электродов, n	26	27

Результаты расчетов, приведенные в таблице 2, показывают, что экономически выгоднее проектировать трансформаторную подстанцию с учетом напряжения прикосновения, а не по сопротивлению заземляющего устройства. Это особенно актуально для трансформаторных подстанций, занимающих небольшую территорию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.1.038-82 Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), издание седьмое;
3. А.М. Парахин, О.В. Тихонова. Проектирование и расчет защитного заземления: методическое пособие для студентов ФЭН по курсовому и дипломному проектированию и выполнению расчетно-графических работ. –Новосибирск: Новосибирский гос. Технический ун-т, 2013. – 45 с.;

PROTECTIVE GROUNDING OF THE TRANSFORMATIVE SUBSTATION 110/0.4 kV

*Parakhin Anatoly Michailovich, Ph. D. in Engineering Sciences, Associate
Professor, Bragina Angelina Alexandrovna*

Novosibirsk State Technical University, Prospekt K. Marksa,
20, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, ph. +7 (913) 005-48-19

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

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

*Correspondence adress: Parakhin Anatoly Michailovich, Novosibirsk State
Technical University, Prospekt K. Marksa, 20, Novosibirsk, 630073, Russian
Federation, ph. +7 (913) 005-48-19*

Annotation

This article describes the analysis of methods of the transformer substation grounding calculation. The necessity of choosing the most economically effective way of making the grounding requires the comparison of different methods that can show different results. For this reason we compare the method of calculation by means of permissible resistance and the method of calculation by means of permissible voltage. We used the plan of the transformer substation to make the scheme of grounding. The parametres of the grounding were checked with formulas of the mentioned methods so that they satisfy the criterion of the National State Standarts. By this analysis we clarified that the method of permissible resistance allows to use fewer vertical electrodes and less amount of length of horizontal electrodes which makes it more economically appropriate way of assembling the ground.

Keywords: earthing; grounding; transformer substation; permissible resistance; permissible voltage

О ЗАЗЕМЛЕНИИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

*Брыксин Андрей Анатольевич, канд. техн. наук;
Илюшов Николай Яковлевич*

Новосибирский государственный технический университет, 630092,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8(383)346-08-75

Брыксин А. А., g-mail Andreyvika9510@gmail.com

Илюшов Н.Я., e-mail kamchatka1234@rambler.ru

*Адрес для корреспонденции: Брыксин Андрей Анатольевич, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. (923)730-28-82*

Аннотация

В статье рассматривается проблема связанная с устройством систем заземления в местах с вечно мерзлым грунтом, где удельное сопротивление грунта достигает высоких значений. Массовое устройство заземлителей на линиях электропередачи ставит задачу выбора наиболее экономичных заземляющих установок, обеспечивающих малое сопротивление растекания тока при минимуме затраты материала. В данной статье будет произведен расчет сопротивления наиболее распространённых заземляющих устройств (ЗУ) при различной длине заземляющих электродов и выбор наиболее эффективного способа прокладки. Также в статье будет рассчитана материалоемкость, сколько материала затрачена на тот или иной вид заземления конструкции ЗУ в соответствии с требованиями правил устройства электроустановок (ПУЭ) для воздушных линий электропередач напряжением выше 1 кВ.

Ключевые слова

Воздушная линия электропередач, заземляющее устройство, молниезащита, удельное сопротивление грунта, заземляющий электрод.

Введение

Так как в настоящее время важнейшими техническими задачами энергетики являются:

- обеспечение безопасности обслуживающего персонала;
- безаварийная работа электрических систем и установок;
- молниезащита зданий, различных сооружений и линий связи, в том числе с помощью устройства надежных заземляющих устройств (ЗУ), удовлетворяющих требованиям Правил устройств электроустановок (ПУЭ) в течение всего года.

Проблема снижения сопротивления растеканию тока заземляющих устройств в грунтах с высоким удельным электрическим сопротивлением выходит на первый план. Так, в условиях многолетнемерзлых грунтов выполнение ЗУ в соответствии с требованиями ПУЭ сопряжено с дополнительными трудностями, обусловленными высокими затратами составляющими 30-35% сметной стоимости объекта. С учётом того факта, что до 50% территории РФ находится в зоне вечной мерзлоты, снижение капиталовложений за счет рациональных конструкций заземлителей и методов их выполнения, а также повышение надежной работы энергосистем и обеспечение безопасности персонала является актуальной задачей.

Целью настоящей работы будет являться анализ систем заземления в условиях вечной мерзлоты.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- произвести расчет наиболее распространенных систем заземления;
- проанализировать наиболее эффективный способ заземления;
- провести расчет материалоемкости в соответствии с правилами ПУЭ.

Расчет сопротивления заземляющего устройства в условиях вечной мерзлоты

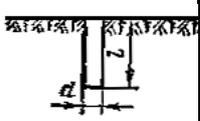
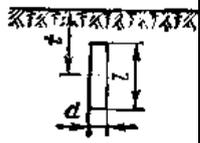
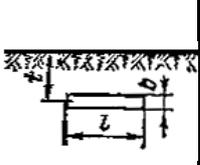
Массовое устройство заземлителей на линиях электропередачи с тросами, ставит задачу выбора наиболее экономичных заземлителей, обеспечивающих малое сопротивление растекания тока при минимуме затраты материала.

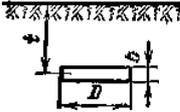
Расчет заземления производится для того чтобы определить сопротивление сооружаемого заземления при эксплуатации, его размеры и форму. Расчёт заземляющих устройств ведётся исходя из нормированной допустимой величины сопротивления заземления.

Ниже в таблице 1 [1] приведены наиболее распространенные формулы для расчета сопротивления растекания одиночных электродов заземлителей.

Таблица 1

Сопротивление растеканию одиночных электродов заземлителей, Ом

Вертикальный у поверхности земли		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \cdot \ln \frac{4l}{d}$	$L > d$
Вертикальный ниже уровня земли		$R_{\text{э}} = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right)$	$L > d$
Горизонтальный протяженный ниже уровня земли		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bt}$	b — ширина полосы; для круглого заземлителя b=2d, d - диаметр

Кольцевой горизонтальный ниже уровня земли		$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \ln \frac{8D^2}{bt}$	b — ширина полосы; для круглого заземлителя b=2d d - диаметр
--	---	---	---

По формулам, приведённым в таблице 1, произведем расчет сопротивления ЗУ, при различных длинах. Для наглядности расчета возьмем круглый стальной электрод с диаметром 16 мм в условиях вечной мерзлоты с удельным сопротивлением грунта 20000 Ом·м.

Расчет вертикального заземлителя у поверхности земли:

$$R = \frac{20000}{6,28 \times 5} \cdot \ln \frac{4 \cdot 5}{0,016} = 4540 \text{ Ом}$$

Расчет для вертикально заложенного заземлителя ниже уровня земли:

$$R_3 = \frac{20000}{6,28 \times 5} \left(\ln \frac{2 \times 5}{0,016} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \times 1,7 + 5}{4 \times 1,7 - 5} \right) = 4362 \text{ м}$$

Расчет для горизонтального заземлителя протяженного ниже уровня земли:

$$R = \frac{20000}{6,28 \times 5} \ln \frac{2 \cdot 5^2}{0,016 \cdot 0,75} \approx 5308 \text{ Ом}$$

Расчет для кольцевого горизонтального заземлителя ниже уровня земли:

$$R = \frac{20000}{19,72 \cdot 1,6} \ln \frac{8 \cdot 1,6^2}{0,016 \cdot 0,75} \approx 4716 \text{ Ом}$$

Аналогичным способом проведём расчёт для длины ЗУ 10,15,30 метров и полученные данные сведём в таблицу 2.

Таблица 2

Сопротивление ЗУ в зависимости от длины электрода

Вид ЗУ	Длина электрода, м			
	5	10	15	30
Сопротивление вертикального заземлителя у поверхности земли, Ом	4540	2490	1746	948
Сопротивление вертикального заземлителя заложенного ниже уровня земли, Ом	4362	2570	1704	982
Сопротивление горизонтального заземлителя протяженного ниже уровня земли, Ом	5308	3096	2246	1266
Сопротивление кольцевого горизонтального заземлителя ниже уровня земли, Ом	4716	2804	2042	1172

Результаты расчетов по приведенным в таблице 2 формулам показывают, что системы заземления различной формы при одинаковой длине электродов

имеют различные значения сопротивления. На рисунке 2 представлены диаграммы показывающие какое сопротивление имеют различные типы ЗУ при длине 5,10,15 и 30 метров. Анализ данной диаграммы показывает, что нет строгой зависимости между видом ЗУ и его сопротивлением при одинаковых геометрических размерах в определенной среде. Выделить какой-нибудь вид заземления который был бы оптимальным для определенного сопротивления грунта не удалось так например при длине электрода 5 метров вертикальный заземлитель расположенный у поверхности земли имеет большее сопротивление чем у вертикального заземлителя заложенного ниже уровня земли, но если длину электрода увеличить до 10 метров, то вертикальный заземлитель у поверхности земли уже будет иметь меньшее сопротивление, чем у вертикального заземлителя заложенного ниже уровня земли. Единственное что было постоянным и высоким это горизонтальный заземлитель ниже уровня земли, то есть в условиях вечной мерзлоты практически использовать нельзя. Следовательно, выбор системы заземления определенного типа следует проводить не только по значению его сопротивления, но и по затратам на материал.

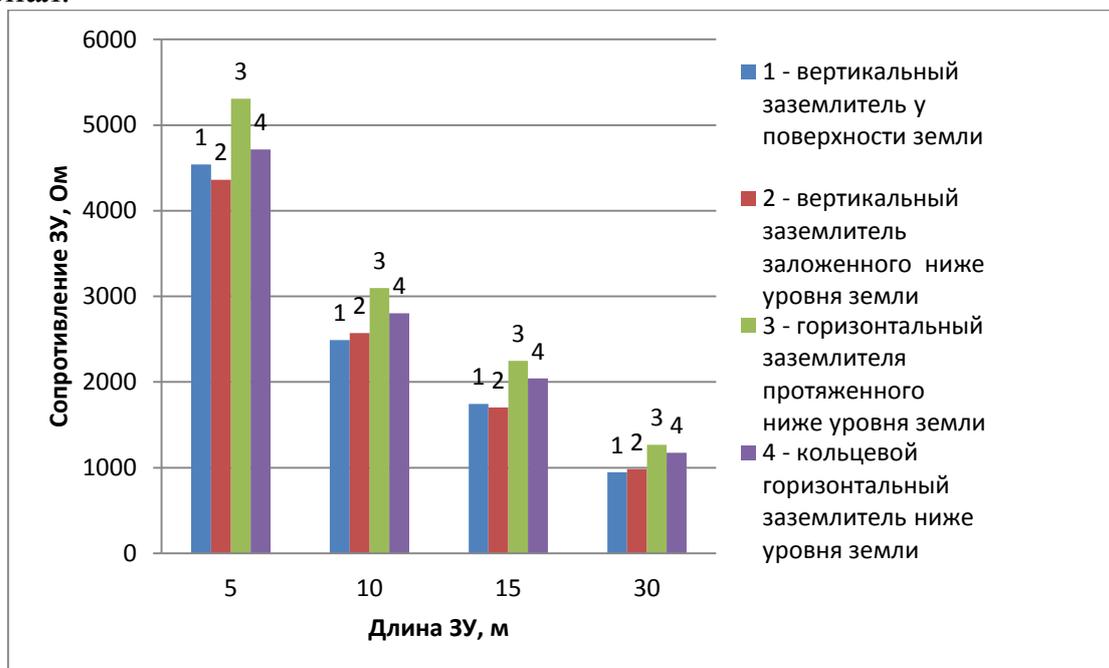


Диаграмма 1 - Сопротивление заземлителя в зависимости от длины электрода

При этом в соответствии с требованиями ПУЭ сопротивление системы заземления опор 110 кВ и выше должно составлять $6 \cdot 10^{-3} \rho$ [2], где ρ - удельное сопротивление грунта. Так при удельном сопротивлении грунта 20000 Ом·м сопротивление системы заземления опор составит: $6 \cdot 10^{-3} \cdot 20000 = 120$ Ом. Произведем расчет длины ЗУ для предельного сопротивления заземления 120 Ом.

Длина кольцевого заземлителя будет находиться по следующей формуле[4]:

$$l = \frac{\rho}{2\pi^3 R} \ln \frac{8R^2 \pi^2}{bt}, \quad (1)$$

$$l = \frac{20000}{2 \cdot 3,14^3 \cdot 120} \ln \frac{8 \cdot 120^2 \cdot 3,14^2}{0,016 \cdot 0,75} \approx 500 \text{ м}$$

– для вертикального заземлителя:

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

$$l = \frac{20000}{6,28 \times 120} \left(\ln \frac{2 \times 120}{0,016} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \times 301,2 + 120}{4 \times 301,2 - 120} \right) \approx 300 \text{ м}$$

Вывод

По результатам расчета длина заземления оказывается чрезвычайно большой надежное заземление опор воздушных линий электропередач (ВЛ) установленных в районе с большим сопротивлением грунта практически невозможно. Поэтому сопротивление системы заземления опор в данных районах не может являться основным средством защиты необходимо использовать другие методы и способы повышения грозоустойчивости ВЛ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50571.5.54-2013 «Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов»;
2. Правила устройства электроустановок 7-е издание;
3. Приказ Минэнерго РФ от 13 января 2003 г. № 6 "Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей";
4. РД 153.34.3-35.125-99 «руководство по защите электрических сетей 6 - 1150 кв от грозových и внутренних перенапряжений»;
5. Л.Ф Дмоховская, В.П. Ларинов, Ю.С. Пинталь., Техника высоких напряжений в электроэнергетике. Изд. 2-е, Техника высоких напряжений. Изд. 2-е / под ред. Д.В. Разевига., М., «Энергия», 1976г. 488с;

ON THE GROUNDING OF AIR LINES OF POWER TRANSMISSIONS IN THE CONDITIONS OF THE ETERNAL COLD

Bryksin Andrey Anatolevich, Master's Degree student; Ilyushov Nikolay Yakovlevich, Ph.D. (Engineering)

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, handout by Karl Marx 20, phone number: 8 (383) 346-08-75

Bryksin A.A., g-mail Andreyvika9510@gmail.com

Ilyushov N.Y., e-mail kamchatka1234@rambler.ru

The address for correspondence: Bryksin Andrey Anatolevich, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, handout by Karl Marx 20, phone number: (923)730-28-82

Abstract

The article deals with the problem associated with the device grounding systems in places with ever-frozen ground, where the resistivity of the soil reaches high values. The mass device of earthing on power lines poses the problem of choosing the most economical grounding installations, providing low resistance to current spreading with minimum material consumption. This article will calculate the resistance of the most common grounding devices for different lengths of grounding electrodes and select the most efficient method of installation. Also, the article will calculate the material consumption, how much material is spent on this or ionic type of grounding of the structure in accordance with the requirements of the electrical installation rules for overhead power lines with voltage above 1 kV.

Keywords

Overhead power line, grounding device, lightning, ground resistivity, grounding electrode.

ОЦЕНКА ГРОВОВЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ С РАЗЛИЧНЫМИ ОПОРАМИ

*Вершинина Любовь Евгеньевна, магистрант; Илюшов Николай Яковлевич,
к.т.н. доцент*

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

Вершинина Л.Е., email: lyuba_vershinina@mail.ru

Илюшов Н.Я., email: kamchatka1234@rambler.ru

Адрес для корреспонденции: *Вершинина Любовь Евгеньевна*, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. (983)322-30-13

Аннотация

Рассмотрена грозоупорность воздушных линий электропередач с различными типами опор, несущих одну трёхфазную линию. Произведена оценка воздействия грозových перенапряжений на воздушные линии с различными типами опор.

Ключевые слова: воздушные линии; гроззовые отключения; грозоупорность; типы опор воздушной линии.

На сегодняшний день электроэнергия является самым используемым и востребованным видом энергии. Передача ее осуществляется посредством воздушных линий. Из-за их большой протяженности и расположения на значительной высоте над землей они подвержены воздействию молний. Удары молнии в воздушные линии являются основной причиной их отключения. Данная проблема является общемировой.

Более 45% отказов линий электропередачи вызвано молнией согласно статистике провинциальной электросети с 2005 по 2014 год в Китае [1].

В частности, в таблице 1 представлена статистика причин отключений воздушных линий напряжением 110 кВ в Кемеровской области за 10 лет [2]:

Таблица 1. Причины отключений в сети 110 кВ за 10 лет

Причина отключений	Всего:	2055	100%
По невыясненным причинам		720	35%
Гроззовые перенапряжения		508	25%
Причина на участке потребителей или другой энергосистемы		248	12%
Повреждение оборудования подстанций энергосистемы		221	11%
Нарушение правил охраны ВЛ (хищения)		215	10%
Незначительные отключения по различным причинам		143	7%

По статистике, представленной в таблице, видно, что грозовые перенапряжения относятся к одним из самых распространенных причин отключения электрических сетей 110 кВ. Поэтому необходимо проводить мероприятия по повышению грозоупорности воздушных линий. На грозоупорность воздушной линии влияют как природные, так и техногенные факторы. Одним из техногенных факторов является тип опоры воздушной линии.

На основе методики [3] была произведена оценка воздействия грозовых перенапряжений на воздушные линии напряжением 110 кВ с опорами различных типов. Для этого были выбраны три промежуточные одноцепные опоры, применяемые на воздушных линиях напряжением 110 кВ. Параметры опор представлены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры промежуточных одноцепных опор

Параметр	П110-1	П110-5	П110-5В+4
$h_{тр}, м$	25	28	32
$h_{пр}, м$	19	19	23
$L_{оп}^{тр}, мкГн$	19,1	21,3	24,3
$L_{оп}^{пр}, мкГн$	15,0	15,0	18,2

На рисунке 1 представлено сопоставление вольт-секундных характеристик гирлянды изоляторов и напряжений на линейной изоляции промежуточных одноцепных опор, применяемых на воздушных линиях напряжением 110 кВ.

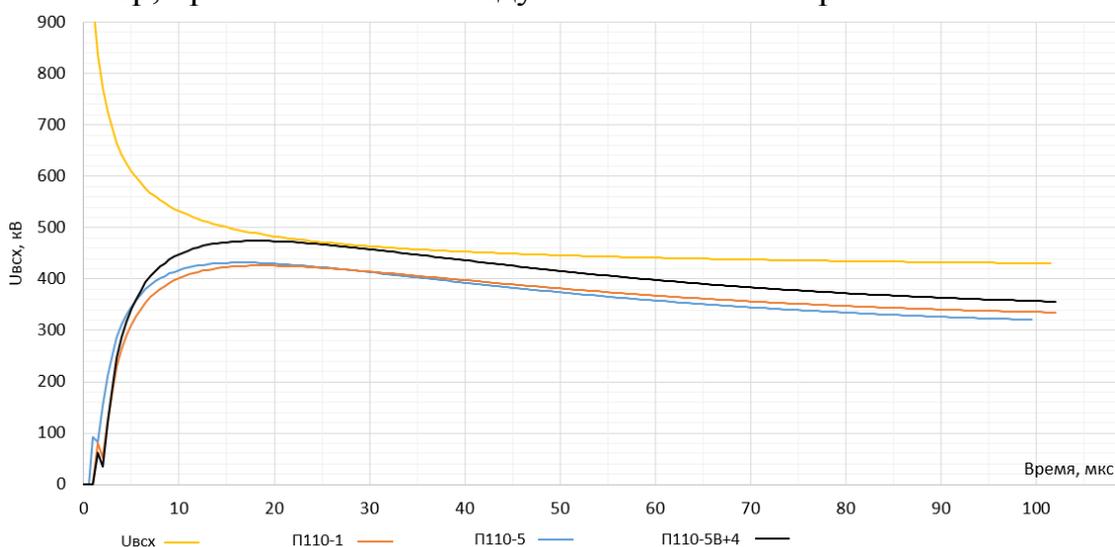


Рис. 1. Сопоставление вольт-секундной характеристики гирлянды изоляторов и напряжения на промежуточных одноцепных опорах при сопротивлении заземления опоры 20 Ом

При изменении значения тока молнии добились соприкосновения графика напряжения на опоре П110-5В+4 и графика вольт-секундной характеристики гирлянды изоляторов. Значение тока молнии, при котором произойдет пробой гирлянды изоляторов, при этом составило 8 кА.

Наибольшей устойчивостью к воздействию грозových перенапряжений обладает опора П110-1, так как на ее теле накапливается меньше напряжения, чем на остальных опорах, при этом ее индуктивность минимальна.

Для одноцепных анкерно-угловых стальных опор были проведены аналогичные расчеты. Параметры данных опор представлены в таблице 3. Сопоставление вольт-секундных характеристик представлено на рисунке 2.

Таблица 3

Параметры одноцепных анкерно-угловых стальных опор

Параметр	УС110-3+9	1У110-5+15	1У110-1+15
$h_{гр}$, м	29,7	29	34
$h_{пр}$, м	19,5	24	24
$L_{оп}^{тр}$, мкГн	10,7	14,7	19,8
$L_{оп}^{пр}$, мкГн	15,4	12,9	14,7

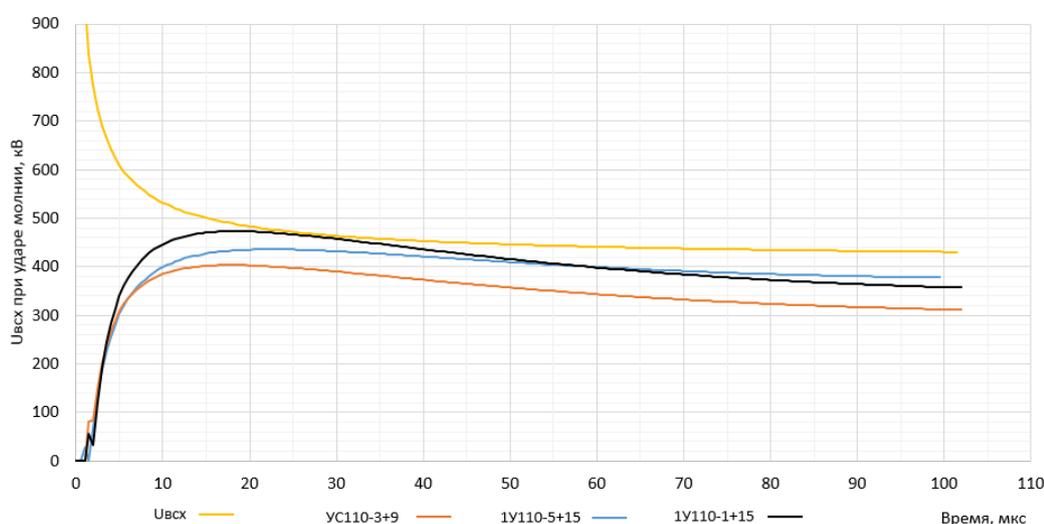


Рис. 2. Сопоставление вольт-секундной характеристики гирлянды изоляторов и напряжения на одноцепных анкерно-угловых стальных опорах при сопротивлении заземления опоры 20 Ом

При изменении значения тока молнии добились соприкосновения графика напряжения на опоре 1У110-1+15 и графика вольт-секундной характеристики гирлянды изоляторов. Значение тока молнии, при котором произойдет пробой гирлянды изоляторов на воздушной линии с данным типом опоры, составило 9,8 кА.

Лучшие грозоупорные свойства имеет опора УС110-3+9, так как на ее теле накапливается меньше напряжения, чем на остальных опорах. Среди рассмотренных опор УС110-3+9 обладает минимальной индуктивностью.

Выводы

Была произведена оценка воздействия импульса грозового перенапряжения на воздушные линии напряжением 110 кВ при использовании опор различного типа.

В результате была выявлена следующая зависимость: наиболее

подвержены воздействиям грозových перенапряжений воздушные линии, на которых устанавливаются опоры с максимальным значением индуктивности. Большое значение индуктивности опоры приводит к ухудшению отвода тока молнии в землю через тело опоры и защитное заземление, вследствие чего на данной опоре накапливается избыточный потенциал, приводящий впоследствии к пробоем на воздушной линии.

Литература

1. Marcel A. Araújo* , Rogério A. Flauzino, Ruy A.C. Altafim, Oureste E. Batista, Lucas A. Moraes. Practical methodology for modeling and simulation of a lightning protection system using metal-oxide surge arresters for distribution lines.
2. Сарычев, И.В. Анализ отключений в электрических сетях Кемеровского района / И.В. Сарычев // Вестник КузГТУ. – 2005. – №3. – С. 15–17.
3. **Руководство** по защите электрических сетей 6–1150 кВ от грозových и внутренних перенапряжений / под науч. ред. Н.Н. Тиходеева. С.Пб.: ПЭИПК Минтопэнерго РФ, 1999.

THE ANALYSIS OF INFLUENCE OF TYPES OF SUPPORTS OF HIGH VOLTAGE LINE ON THEIR LIGHTNING – SURGE PROOFNESS

Vershinina L.E. Graduate students, email: lyuba_vershinina@mail.ru

Ilyushov N.Y. Ph.D. (Engineering), Associate Professor, email:
kamchatka1234@rambler.ru

Address for correspondence: Vershinina L.E., Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia, (983)322-30-13

Abstract

The lightning resistance of overhead power lines with various types of supports bearing one three-phase line is considered. The impact of lightning overvoltages on overhead lines with various types of supports was assessed.

Keywords: overhead transmission line; lightning outage; lightning-surge proofness; support modification; probability of the inverse overlapping's.

УДК 620.193.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОКОРРОЗИИ ПОДЗЕМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

*Гавриленко Екатерина Николаевна, магистр; Асеев Георгий Евгеньевич,
кандидат технических наук.*

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

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

Гавриленко Е.Н., e-mail katiy.95@mail.ru

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

Адрес для корреспонденции: Гавриленко Екатерина Николаевна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8 (953) 782-63-83

Аннотация

Представлен математический метод расчета токов коррозии заземляющих устройств в зоне влияния блуждающих токов железной дороги. Рассмотрена грунтовая коррозия и электрокоррозия. Математический метод расчета величин коррозионных токов и потенциалов дает возможность оценить скорость коррозионных процессов в заземляющей системе тяговой подстанции.

Ключевые слова

коррозия, заземляющее устройство, электрохимическая коррозия, математический метод расчета, тяговая подстанция.

Одним из основных средств защиты персонала в электроустановках от поражения электрическим током является заземляющее устройство (ЗУ). Необходимо отметить, что ЗУ используется не только для обеспечения электробезопасности, но и для защиты от атмосферных и коммутационных перенапряжений, для обеспечения электромагнитной совместимости. Система заземления используется, также, во вторичных цепях трансформаторов тока и напряжения для обеспечения регламентированной работы релейной защиты и автоматики. В связи с этим, важной задачей эксплуатации тяговых подстанций является обеспечение целостности заземлителей и сохранения требуемых параметров ЗУ.

Изменение параметров ЗУ возникает под действием различных факторов окружающей среды, наиболее разрушительным из которых является электрохимическая коррозия. Существенный вклад в развитие коррозионного разрушения вносят блуждающие токи [1,2], которые могут привести к полному разрыву отдельных элементов заземлителей.

Особенностью электрохимической коррозии является то, что этот процесс

связан с протеканием тока, а скорость разрушения линейно зависит от плотности тока анодных электродов.

Расчет величин коррозионных токов и потенциалов в системе подземных конструкций подстанции позволяет оценить скорость деструктивных процессов и принять необходимые меры защиты на стадии проектирования или эксплуатации. Методика таких расчетов опубликована ранее [3,4].

При проведении расчета сложная система подземных сооружений или заземлитель представляются в виде совокупности прямолинейных цилиндрических электродов. Падением напряжения в металле заземлителей пренебрегают. Причиной электрохимической коррозии в такой системе является различная электрохимическая активность электродов ЗУ, изготовленных из разных металлов или материалов. Различная электрохимическая активность электродов приводит к формированию различных потенциалов электродов. Характерными электродами заземляющей системы являются стальные заземлители, с потенциалом $-0,5$ В и арматура железобетонных фундаментов, с потенциалом $-0,2$ В.

Особенностью данного расчета является моделирование влияния железной дороги. В описываемой методике влияние железной дороги выражается изменением потенциалов электродов на величину э.д.с. $E_{\text{бт}}$, добавляемой к упомянутым исходным потенциалам электродов. Для расчета наведенных потенциалов на электродах ЗУ использована схема замещения тяговой сети железной дороги, представленная на рис.1.

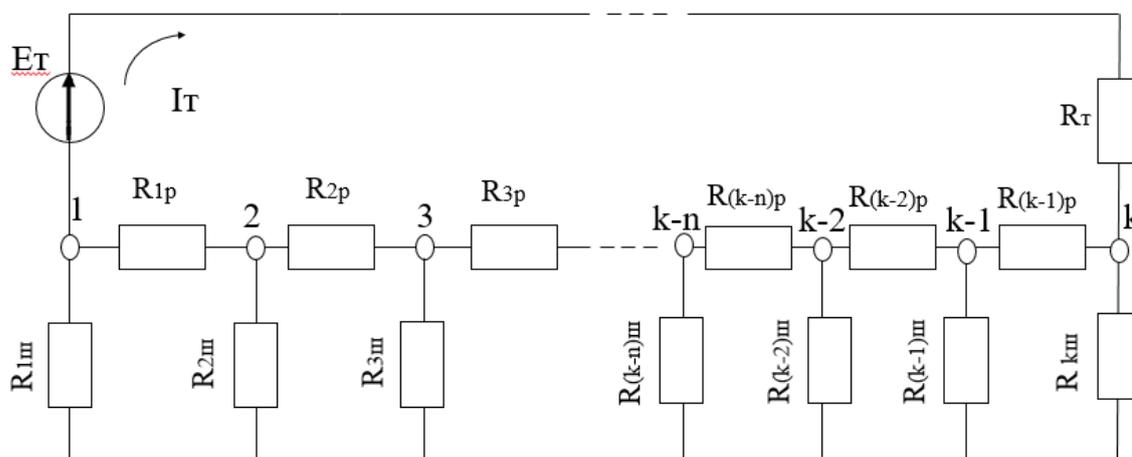


Рис.1. Схема замещения тяговой сети железной дороги

Обозначения, принятые в схеме: $E_{\text{т}}$ – напряжение, поддерживаемое тяговой подстанцией в контактной сети, $R_{\text{т}}$ – сопротивление двигателя электровоза, R_{pi} – продольное сопротивление i -того участка рельсовой сети, R_{mi} – поперечное сопротивление i -того участка рельсовой сети.

Для проверки работоспособности этой модели результаты расчета по приведенной схеме сопоставлены с теоретическими [1,2]. Диаграмма расчетных потенциалов рельсовой сети представлена на рис.2. столбцами, теоретический график – сплошной линией.

Полученные, таким образом, значения наведенных потенциалов использованы в расчете токов коррозии заземлителя. В коррозионном расчете рассмотрено заземляющее устройство размером 50x50 м, имеющее контур из четырех горизонтальных электродов и четырех фундаментов, установленных вблизи середины каждого горизонтального электрода. ЗУ тяговой подстанции расположено на расстоянии 50 м от начала питаемого участка железной дороги.

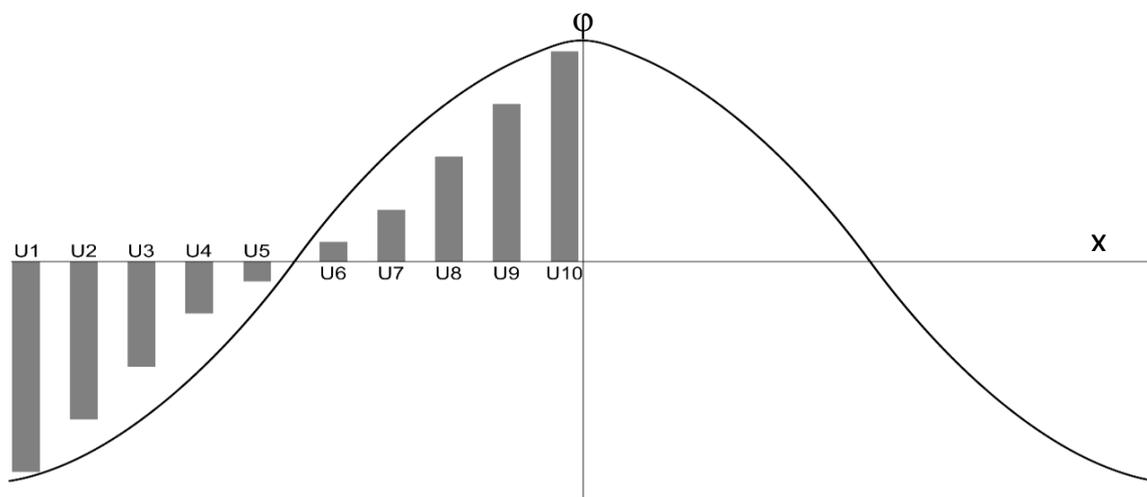


Рис.2. Расчетная и теоретическая диаграммы потенциалов

Основные результаты расчета:

1. Максимальная скорость коррозии получена у ближнего к полотну железной дороги стального заземлителя, она равна 0,65 мм/год.
2. Скорость коррозии арматуры ближнего фундамента равна 0,19 мм/год.
3. Токи остальных электродов ЗУ тяговой подстанции отрицательные, что указывает на торможение коррозионных процессов этих заземлителей.

Выводы:

1. Полученные результаты расчета качественно совпадают с теоретическими представлениями о рассматриваемых процессах электрохимической коррозии.
2. Количественные результаты существенно превышают ожидаемые, так как такие скорости коррозии наблюдаются весьма редко.
3. Возможная причина повышенных значений скорости коррозии связана с принятым допущением об отсутствии взаимного влияния электрических полей рассматриваемых электродов коррозионной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котельников А.В. Блуждающие токи электрифицированного транспорта.-М.:Транспорт.-1986.-279с.
2. Стрижевский И.В., Зиневич А.М., Никольский К.К. Защита металлических сооружений от подземной коррозии: Справочник -М: Недра.-1981.-293с.
3. Асеев Г.Е., Демин Ю.В. Методика расчета токов коррозии и защиты подземного оборудования электроустановок // Электрофизические проблемы защиты устройств связи от внешних влияний на железнодорожном транспорте.- Омск: Омский ин-т инж. ж.д. транспорта, 1985.-С.95-97.
4. Л. Д. Сафрошкина, Ю. Р. Гунгер, В. Е. Дмитриев, Ю. В. Демин Расчет коррозионных токов для модели заземляющей системы. Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ] 2004, Т.307, №3. с.109-113/

MODELING OF ANTICORROSION OF UNDERGROUND STRUCTURES TRACTION SUBSTATIONS

*Gavrilenko Ekaterina Nikolaevna, Master's Degree student;
Aseyev Georgiy Evgenyevich, candidate of technical Sciences*

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

Gavrilenko E. N., e-mail katiy.95@mail.ru

Aseev G. E., e-mail agebtnstu@gmail.com

Correspondence address : **Gavrilenko Ekaterina Nikolaevna**, Novosibirsk state Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20,

Abstract.

The mathematical method of calculation of corrosion currents of grounding devices in a zone of influence of wandering currents of the railroad is presented. Considered soil and electrical corrosion. The mathematical method of calculating the values of corrosion currents and potentials makes it possible to estimate the rate of corrosion processes in the grounding system of the traction substation.

Keywords:

corrosion, corrosion of grounding devices, electrical corrosion, mathematical calculation method, traction substation.

ПРАКТИКА ОРГАНИЗАЦИИ ВНУТРЕННЕГО АУДИТА ПО ОХРАНЕ ТРУДА НА ОБУВНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Дёмина Валерия Георгиевна, магистрант; Тихонова Ольга Васильевна, доцент

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (983)322-64-27

Дёмина В.Г., e-mail dyomina.valeriya95@gmail.com

Тихонова О.В., e-mail tihonova.olga654@yandex.ru

Адрес для корреспонденции: Дёмина Валерия Георгиевна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (983)322-64-27

Аннотация

В статье рассматривалась практика организации внутреннего аудита по охране труда на обувном предприятии. Аудит направлен на оценку качества и эффективности функционирования системы управления в области охраны труда, а не на поиск конкретных нарушений. Реализация аудита по охране труда направлена на поиск причин, устранение которых позволит свести к минимуму фактор риска. На основании Постановления Правительства РФ от 16.02.2017 г. № 197 определена категория риска обувного предприятия и периодичность проведения плановых проверок в отношении деятельности юридического лица в зависимости от присвоенной им деятельности категории риска. Определены опасные и вредные факторы, характерные для обувного предприятия. Предложен алгоритм функционирования системы управления охраной труда результате проведения внутреннего аудита.

Ключевые слова

Охрана труда; внутренний аудит; система управления охраной труда; обувное предприятие ; условия труда

Введение

Система управления охраной труда (далее СУОТ) – это комплекс взаимосвязанных и (или) взаимодействующих между собой элементов, устанавливающих политику и цели в области охраны труда у конкретного работодателя и процедуры по достижению этих целей. (ст. 209 ТК РФ). [1] От качества СУОТ зависит состояние условий и охраны труда в организациях. Любая система может считаться эффективно функционирующей только в том случае, если обеспечено ее непрерывное совершенствование, достигаемое за счет постоянного анализа и оценки ее качества. В первую очередь, в применении

эффективной системы и ее разработке заинтересован работодатель, для того чтобы повысить производительность труда и избежать расходов, связанных с выплатой компенсаций работникам штрафов за нарушения требований безопасности и охраны труда, предусмотренных законодательством РФ. В перечень обязательной документации, регулирующей функционирование данной системы, входит «Положение о системе управления охраной труда на предприятии», которое обусловлено требованиями ст.22 ТК РФ и ГОСТ Р 12.0.007-2009. [2]

Цель настоящей работы - рассмотреть практику организации внутреннего аудита по охране труда на обувном предприятии. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- изучить особенности проведения внутреннего аудита по охране труда в соответствии с законодательством;
- определить категорию риска обувного предприятия;
- разработать общий алгоритм оценки условий труда в результате проведения внутреннего аудита по охране труда.

Внутренний аудит применяется с целью получения информации для последующего анализа и корректировки СУОТ, а также соответствия СУОТ международным стандартам качества OHSAS 18001:2007 «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья» в организации.[3]

Аудит направлен на оценку качества и эффективности функционирования системы управления в области охраны труда, а не на поиск конкретных нарушений. Нарушение не должно рассматриваться как отдельно взятый факт. Любое нарушение - это ключ к поиску несоответствия либо в структуре самой системы, либо в процессе ее реализации. Ошибочно полагать, что несоответствие - это только отклонение от требований различного рода законодательных нормативных документов. Реализация аудита по охране труда направлена на поиск причин, устранение которых позволит свести к минимуму фактор риска.

Аудит : понятие и виды

Таким образом, аудит (проверка) по охране труда (ОТ) - это систематический и независимый анализ, позволяющий определить соответствие деятельности и результатов в области охраны труда запланированным мероприятиям, а также оценить эффективность внедрения мероприятий и их пригодность для поставленных целей в соответствии с OHSAS-18001.

Аудит подразделяется на:

- 1) Внутренние аудиты, называемые "аудитами первой стороны", проводит для внутренних целей сама организация или от ее имени;
- 2) Внешние аудиты включают в себя аудиты, называемые "аудитами второй стороны" и "аудитами третьей стороны". Аудиты второй стороны проводят стороны, заинтересованные в деятельности организации, например потребители или другие лица от их имени. Аудиты третьей стороны проводят внешние независимые организации, которые проводят:
 - сертификацию организации работ по охране труда на соответствие

требованиям государственных нормативно-правовых актов по охране труда;
- сертификацию системы управления охраной труда на соответствие требованиям ГОСТ 12.0.230, OHSAS 18001.[4]

Основные цели внутренних аудитов по охране труда и заключаются в следующем:

- оценка эффективности функционирования системы управления охраной труда на предприятии;

- оценка соответствия процессов и механизмов управления охраной труда действующим законам, нормам и правилам;

- выявление элементов системы управления охраной труда, требующих улучшения;

- улучшение показателей по охране труда и совершенствование системы управления охраной труда на предприятии в целом.

Определение категории риска обувного предприятия

Согласно Постановления Правительства РФ от 16.02.2017 № 197 категория риска предприятия и осуществление федерального государственного надзора за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права будет оцениваться по показателю потенциального риска (Р) причинения вреда охраняемым законом ценностям в сфере труда, который рассчитывается по формуле (1):

$$P = T + K_y, \quad (1)$$

где Т - показатель тяжести потенциальных негативных последствий;

K_y - коэффициент устойчивости добросовестного поведения работодателя.

Показатель тяжести потенциальных негативных последствий возможного не соблюдения юридическими лицами обязательных требований определяют по формуле:

$$T = ПВ \cdot M, \quad (2)$$

где ПВ - показатель потенциального вреда охраняемым законом ценностям в сфере труда из-за возможного несоблюдения обязательных требований;

М - показатель масштаба распространения потенциальных негативных последствий в случае причинения вреда охраняемым законом ценностям в сфере труда, зависит от среднесписочной численности работников (в нашем случае $M=0,5$.)

Таким образом для обувного предприятия показатель тяжести потенциальных негативных последствий для обувного предприятия равен:

$$T = 0,2 \cdot 0,5 = 0,1$$

Коэффициент устойчивости добросовестного поведения руководства организации определяется по формуле:

$$K_y = K_T + K_3 + K_{adm}, \quad (3)$$

где K_T - коэффициент наличия несчастных случаев;

K_3 - факт задолженности по заработной плате;

$K_{\text{адм}}$ - факт назначения административных наказаний.

На исследуемом предприятии отсутствуют несчастные случаи, факты задолженности по заработной плате, а так же факты назначения административных наказаний, следовательно коэффициент устойчивости добросовестного поведения будет равен 0.

По формуле (1) для данного предприятия риск (Р) причинения вреда охраняемым законом ценностям в сфере труда равен:

$$P = 0,1 + 0 = 0,1 < 0,24, \text{ следовательно риск низкий.}$$

Таким образом, на основании постановления Правительства РФ от 16.02.2017 г. № 197 плановые проверки по охране труда на обувном предприятии г. Новосибирска со стороны государственных органов могут не проводиться. [5]

Опасные и вредные факторы при производстве обувных изделий

Тем не менее в производстве обувных изделий характерны следующие опасные и вредные факторы:

-физические факторы: подвижные части производственного оборудования (разрывные, шлифовальные машины, прессы), острые кромки рабочих инструментов; повышенный уровень шума; вибрация; повышенная температура воздуха на рабочих местах;

-химические факторы: пыль, вредные вещества (аммиак, ацетон, бензин, бутилацетат, бутиловый спирт, винилацетат, формальдегид и другие, находящиеся в клеях, красках, растворителях, разбавителях и при выделении вредных веществ при литье низа обуви, тепловом воздействии на установках ТВЧ);

-психофизиологические факторы: стереотипные рабочие движения; монотонность нагрузок; длительность сосредоточенного наблюдения; физические перегрузки при выполнении работ стоя; наклоны корпуса.

В результате анализа условий труда и сложившейся системы охраны труда на предприятии разработано Положение о проведении внутреннего аудита по охране труда. Общий алгоритм функционирования системы управления охраной труда в результате проведения внутреннего аудита представлен на рисунке.

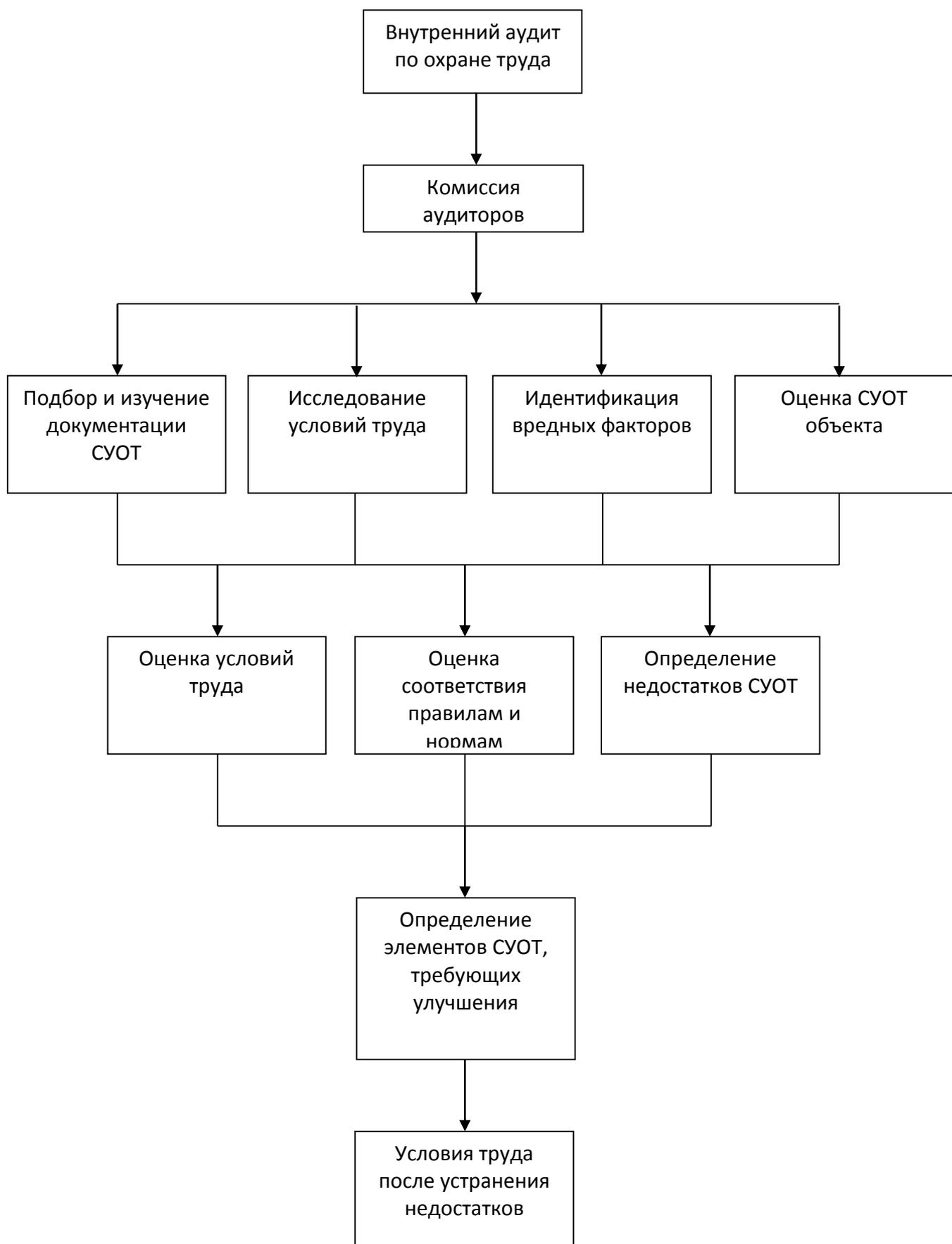


Рис.1 Общий алгоритм оценки условий труда в результате проведения внутреннего аудита

Выполненные исследования позволили сформулировать алгоритм внутреннего аудита по охране труда, который состоит из нескольких основных этапов: общая оценка условий труда и идентификация опасных и вредных производственных факторов, определение недостатков СУОТ, процесс корректировки системы управления охраной труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. "Трудовой кодекс РФ" от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
2. Приказ Минтруда России от 19.08.2016 № 438н "Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда"
3. ГОСТ Р 12.0.008-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда в организациях. Проверка (аудит).
4. ГОСТ 12.0.230-2007 ССБТ. Системы управления охраной труда. Общие требования.
5. Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2017 года № 196.

PRACTICE OF THE ORGANIZATION OF INTERNAL AUDIT FOR LABOR PROTECTION AT THE SHOE ENTERPRISE

Dyomina Valeriya Georgievna, Master's Degree student; Tikhonova Olga Vasilevna, Associate Professor

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, handout by Karl Marx 20, phone number: (983)322-64-27

Dyomina V.G., e-mail dyomina.valeriya95@gmail.com

Tikhonova O.V., e-mail tikhonova.olga654@yandex.ru

The address for correspondence: Dyomina Valeriya Georgievna, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, handout by Karl Marx 20, phone number: (983)322-64-27

Abstract

In article practice of the organization of internal audit for occupational Safety and Health at the shoe enterprise was considered. Audit is directed to assessment of quality and efficiency of functioning of a control system in the field of occupational Safety and Health, but not to search of concrete violations. Realization of audit on occupational Safety and Health is aimed at finding the reasons which elimination will allow to minimize risk factor. On the basis of the resolution of the Government of the Russian Federation of 16.02.2017 No. 197 the risk category of the shoe enterprise and frequency of conducting planned inspections concerning activity of the legal entity depending on the risk category appropriated to their activity is defined. The dangerous and harmful factors characteristic of the shoe enterprise are defined. The algorithm of functioning of a control system of labor protection result of carrying out internal audit is offered.

Keywords

Occupational Safety and Health; internal audit; labor safety management system; shoe enterprise; working conditions.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ В ЖИЛОЙ ЗОНЕ

*Ермошин Александр Владимирович, бакалавр; Асеев Георгий Евгеньевич,
канд. техн. наук*

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

Ермошин А.В., e-mail sasha.1541@yandex.ru

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

Адрес для корреспонденции: Ермошин Александр Владимирович

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

Аннотация.

Рассмотрены условия электробезопасности вблизи линий электропередач в жилой зоне, включающие в себя проблему коррозионного поведения заземляющих устройств. Существуют опасения в стабильности данных условий во времени. Поставленные задачи по определению характеристик безопасности выполнены с помощью расчетов скорости коррозии заземлителей и напряжений прикосновения. Результаты расчетов определили необходимые меры для улучшения условий электробезопасности.

Ключевые слова: коррозия; заземление; опора; надежность; электробезопасность; поляризация.

Подземные конструкции, такие как: железобетонные фундаменты и стойки, силовые кабели с оболочками и броней, трубопроводы и искусственные заземлители подвергаются воздействию коррозии [1]. Это воздействие приводит к ухудшению эксплуатационных характеристик перечисленных конструкций. Это свидетельствует о том, что коррозия и старение материалов являются факторами, существенно влияющими на долговечность, надежность конструкций и создают условия для возникновения аварийных ситуаций.

Вызывает также опасение стабильность условий электробезопасности возле опор ЛЭП, особенно проходящих в черте населенных пунктов. В связи с этим возникают задачи обеспечения нормативных требований вблизи опор и устойчивости этих характеристик во времени.

Учитывая изложенное, выполнено математическое моделирование характеристик безопасности и долговечности питающей линии 110 кВ к подстанции Кировская. Вид жилой территории, на которой установлены упомянутые опоры представлен на рис. 1.

Решение поставленной проблемы представляется двум частями. В первой

части решается вопрос о скорости коррозии и долговечности заземлителей опоры. Расчет выполняется методом многоэлектродных электрохимических систем [2]. Во второй части выполняется расчет напряжения прикосновения вблизи опоры. Расчет производится методом наведенных потенциалов [3].



Рис. 1 Опора питающей линии 110 кВ к подстанции Кировская

Ключевым этапом первой этапа расчета является определение сопротивления поляризации электродов в многоэлектродной системе. В данной работе используется специальный прибор PSuper2. В приборе реализован коммутационный метод [4].

При проведении расчета требуются экспериментальные данные по состоянию грунта в районе опоры и поляризационных характеристиках электродов рассматриваемой системы: четыре фундамента и два стальных заземлителя (рис. 2)

Расчетные сопротивления растеканию тока для электродов 1,2,3,4 равны 11,7 Ом, а для электродов 5,6 – 6,4 Ом [5]. Учитывая наличие искусственного заземлителя в системе, нормальные требования по значению сопротивления заземляющего устройства приведенной сети соблюдаются [6]. С помощью прибора PSuper2 были получены данные об удельных сопротивлениях поляризации стали и арматуры. Следующие данные, приведенные в табл. 1, позволяют утверждать, что скорость коррозионного воздействия незначительна.

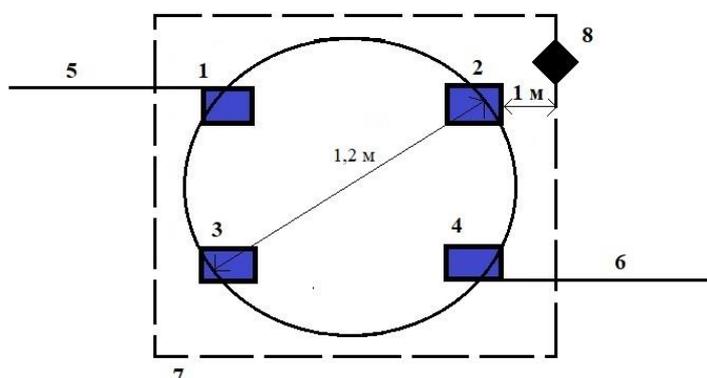


Рис. 2 Схема заземляющего устройства опоры:

1,2,3,4 – вертикальные электроды (фундаменты); 5,6 – горизонтальные электроды (стальные заземлители); 7 – контурный заземлитель; 8 – положение человека относительно опоры

Таблица 1

Номер электрода в системе	1	2	3	4	5	6	Сумма
Суммарный потенциал электрода, В	-0,200	-0,200	-0,200	-0,200	-0,500	-0,500	-
Полное сопротивление электрода, Ом	12,014	12,014	12,014	12,014	15,287	15,287	-
$I=E/R$, А	-0,017	-0,017	-0,017	-0,017	-0,033	-0,033	-0,132
$1/R$, См	0,083	0,083	0,083	0,083	0,065	0,065	0,464
Е, В	-	-	-	-	-	-	-0,285
$I_{кор}$, А	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	0,014	0,014	-
Плотность тока коррозии, А/м ²	-0,010	-0,010	-0,010	-0,010	0,005	0,005	-
Скорость коррозии, мм/год	-	-	-	-	0,006	0,006	-

Второй этап расчета предполагает определение напряжения прикосновения вблизи опоры. Воспользовавшись полученными выше значениями, вычислим общее сопротивление заземляющего устройства и сведем в табл. 2

Таблица 2

	Горизонтальный электрод	Вертикальный электрод
R, Ом	6,35	11,75
$1/R$, См	0,16	0,09
$1/R$ (суммарное), См	0,32	0,34
Общая проводимость, См	0,66	
Общее сопротивление, Ом	1,53	

При токе короткого замыкания 4,2 кА потенциал опоры будет равен 6426 В. Для взятой точки на расстоянии 1 м от конструкций опоры (рис. 3) рассчитано напряжение прикосновения, равное 4016 В.

Для снижения значений напряжения, под которое может потенциально попасть человек, прикоснувшись к опоре, необходимо дополнительные меры защиты в виде контурного заземлителя на расстоянии 1 м от периметра опоры (рис. 3). Шину заземления необходимо разместить на глубине 0,5-0,7 м. Поверхность земли по периметру опоры на расстоянии 1,5 м заасфальтировать. Указанные меры позволят уменьшить напряжение прикосновения до 143 В.

Произведен расчет заземляющего устройства опоры ВЛ. Проведена оценка коррозионной устойчивости искусственного заземлителя и напряжения прикосновения возле опоры. Для улучшения условий электробезопасности были даны рекомендации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасов А. Г. Воздушные линии. Проблемы жизнестойкости фундаментов опор / А. Г. Тарасов, Ю. В. Целебровский // Новости электротехники. - 2013 - № 1 (79) - С. 66-68.

2. Демин, Ю. В. Обеспечение долговечности электросетевых материалов и конструкций в агрессивных средах [Текст] / Ю. В. Демин / Новосибирская гос. акад. вод. трансп. – Новосибирск, 1998.
3. Бургсдорф В.В., Якобс А.И. Заземляющие устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 400 с.
4. Волков Б.Г., Тесов Н.И., Шувалов В.В. Справочник по защите подземных металлических сооружений от коррозии. - Л.: Недра, 1975. - 224 с.
5. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках.-М.: Энергоатомиздат, 1984.-448 с.
6. Правила устройства электроустановок. – 7 изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.

PROVIDING POWERLINE SAFETY IN RESIDENTIAL AREA

Aseev Georgiy Evgenievich, Candidate of Tech. Sc, e-mail:

agebtnstu@gmail.com

Ermoshin Aleksandr Vladimirovich, student, e-mail: sasha.1541@yandex.ru

*Novosibirsk State Technical University, 20 Prospect K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russian Federation*

Abstract: Considered electrical safety conditions near power lines in a residential area including the problem of the corrosive behavior of grounding devices. There are concerns about the stability of these conditions over time. The assigned tasks for definition the safety characteristics are performed using calculations of the corrosion rate of earthing and touch voltages. The calculation results determined the necessary measures to improve the electrical safety conditions.

Keywords: corrosion; grounding; power pole; reliability; electrical safety; polarization.

К ВОПРОСУ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Зыкина Марина Олеговна, магистрант; Тихонова Ольга Васильевна, к.т.н.,
доцент*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел.+7 (913)751-84-43

Зыкина М. О., email marina10.96@bk.ru

Тихонова О.В., email tihonova.olga654@yandex.ru

*Адрес для корреспонденции: Зыкина Марина Олеговна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел.+7 (913)751-84-43*

Аннотация

В данной статье рассматривается анализ разработанного положения по производственному контролю на предприятии по производству майонеза и соответствие его с международными и отечественными стандартами.

Ключевые слова

Промышленная безопасность, охрана труда, пищевая промышленность, стандарт качества, опасные производственные объекты, система управления, производственный контроль.

Производственный контроль является составной частью системы управления промышленной безопасностью и осуществляется эксплуатирующей организацией путем проведения комплекса мероприятий, направленных на обеспечение безопасного функционирования опасных производственных объектов, а также на предупреждение аварий на этих объектах и обеспечение готовности к локализации аварий и инцидентов, и ликвидации их последствий.

Разработка программы производственного контроля требует определенных знаний по гигиене, санитарии, экологии. Поэтому такая работа должна выполняться специалистами в этих областях или работниками, прошедшими специальную подготовку, например, в учреждениях Роспотребнадзора. Кроме того, специалист, разрабатывающий программу производственного контроля, должен хорошо знать предприятие, разбираться в особенностях технологии производства той или иной продукции [4].

Анализ международной практики в области промышленной безопасности показал, что вопросы мониторинга опасностей и прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций природного, природно-техногенного и техногенного характера имеют особое значение. Оценка материальных и финансовых резервов, необходимых для локализации и ликвидации аварийных последствий,

зависит от достоверности выявления опасности и оценки территориальных рисков.

Объектом исследования выбрано предприятие в г. Новосибирске, основным видом деятельности которого является производство майонеза, маринадов, соусов, а также производство тары.

Актуальность данной тематики в том, что в настоящее время мало внимания уделяется промышленной безопасности и охране труда. В связи с этим мы решили разработать план мероприятий по улучшению безопасности труда на предприятии и минимизации рисков.

Целью работы является выявление нарушений и несоответствий в положении по производственному контролю, их анализ, а также доработка и подготовка мероприятий по их устранению.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить основы законодательства и правового регулирования в области промышленной безопасности и охраны труда на предприятиях пищевого производства.
2. Собрать данные на предприятии о технологии производства, статистические данные о травматизме.
3. Рассмотреть стандарты системы менеджмента качества ISO 9000.
4. Сопоставить существующие системы управления промышленной безопасностью на предприятиях РФ по ПБ, ОТ и ОС с СМК серии ISO 9000, ISO 14000, ISO 9001, ISO 9004, ISO 9011.

Для предупреждения производственного травматизма и минимизации рисков на предприятии необходимо соблюдать некоторые условия. Каждый новый сотрудник должен проходить предварительный медосмотр, и, раз в год периодический, при приеме на работу также необходимо пройти вводный инструктаж по охране труда, пожарной безопасности и инструктаж по ГО и ЧС [1,2]. После оформления и до начала работы работник проходит инструктаж на рабочем месте и стажировку, для того, чтобы понять специфику работы, ознакомиться со всем оборудованием и опасными объектами на предприятии. Работодатель должен обеспечить работника СИЗ (средства индивидуальной защиты), смывающими-моющими средствами и провести на рабочем месте специальную оценку условий труда, для того, чтобы понять есть вредные и опасные факторы труда или нет [3].

На диаграммах 1 и 2 показана динамика травматизма за 5 лет с 2011 по 2015 гг. Основываясь на статистических данных, можно сказать, что благодаря внедрению системы охраны труда и промышленной безопасности, количество несчастных случаев на производстве сокращается.

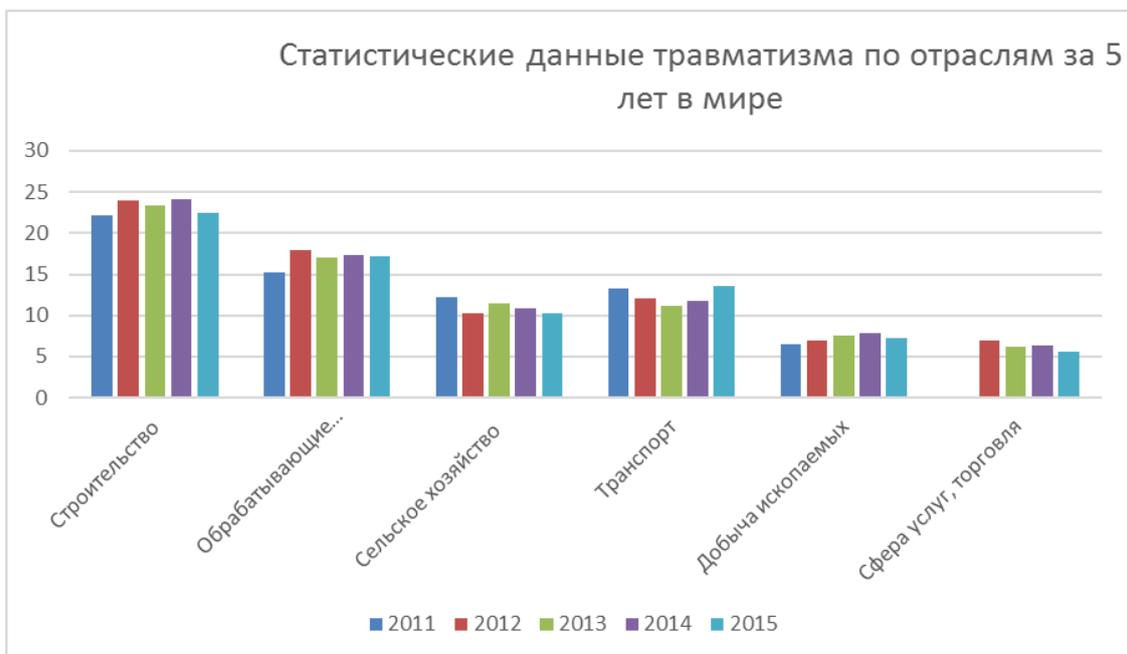


Диаграмма 1. Статистические данные травматизма в мире

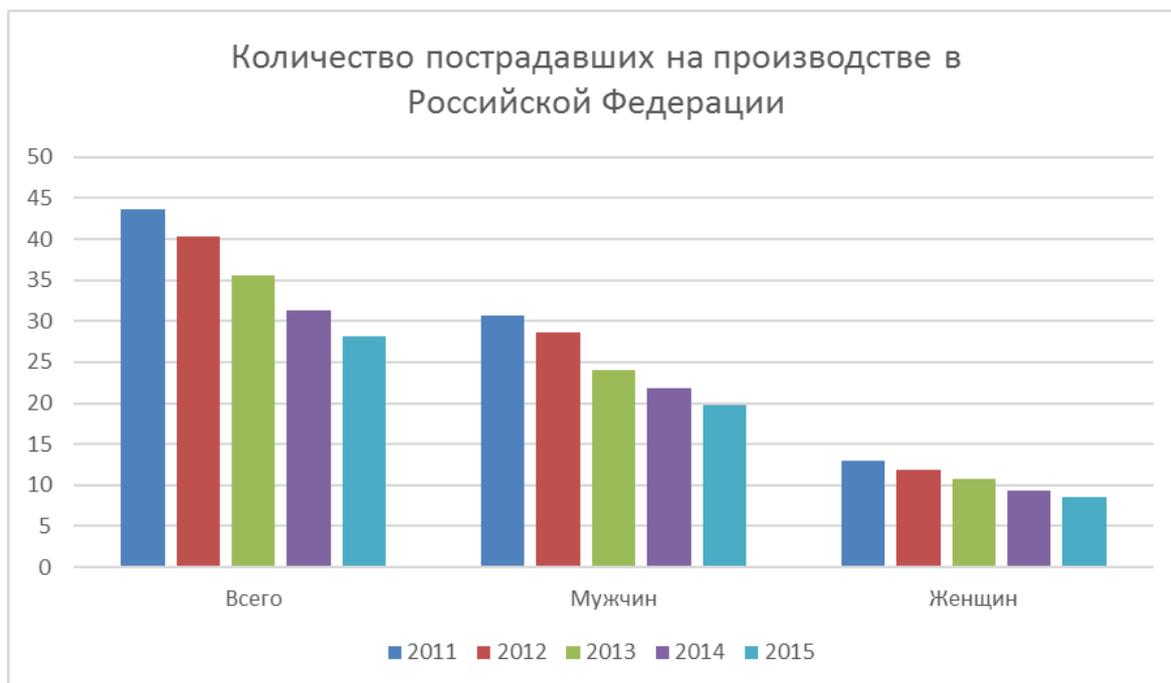


Диаграмма 2. Статистические данные в РФ

Проанализировав литературу и собрав данные по предприятию, был сделан сравнительный анализ недостатков в положении производственного контроля с законодательной базой. Данные исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Анализ положения производственного контроля промышленной безопасности на предприятии на соответствие требованиям правового регулирования.

№ п/п	Требования к документационному обеспечению систем управления промышленной безопасностью (утв. постановлением Правительства РФ от 26 июня 2013 г. N 536)	Положение о системе управления промышленной безопасностью на предприятии пищевого производства
1	задачи эксплуатирующих организаций в области промышленной безопасности;	В положении указаны несколько задач, одни из которых контроль за соблюдением мер ПБ и разработка мер, направленных на улучшение состояния ПБ
2	описание структуры системы управления промышленной безопасностью и ее места в общей системе управления эксплуатирующих организаций;	Структуры расширенной не указано, так как на предприятии всего одно ответственное лицо, которое подчиняется управляющему. Службы производственного контроля нет. Из-за этого могут быть не совсем достоверные данные проверки и контроля, так как комиссии не создано.
3	перечень производственных объектов, на которые распространяется действие системы управления промышленной безопасностью;	Перечень есть, состоит из одного опасного объекта - котельной
4	функции, права и обязанности руководителей эксплуатирующих организаций, их заместителей, работников;	Функции, права и обязанности указаны в полном объеме
5	порядок проведения консультаций с работниками производственных объектов и их представителями по вопросам обеспечения промышленной безопасности; организация материального и финансового и документационного обеспечения мероприятий, осуществляемых в рамках данной системы управления;	В положении не указан данный порядок работ, и не проводятся с работниками консультации, мероприятия, проводилось только обучение специалистов
6	организация информационного обеспечения;	В положении прописан порядок подготовки и представления сведений об организации производственного контроля, но для работников организации не указано
7	порядок проведения предаттестационной подготовки и аттестации руководителей и работников; порядок проведения обучения и проверки знаний работников;	Указан порядок подготовки и аттестации работников. Аттестация специалистов проходит в территориальных аттестационных комиссиях Ростехнадзора.
8	порядок работы с подрядными организациями, осуществляющими деятельность на производственных объектах;	Не осуществляется
9	обеспечение безопасности опытного применения технических устройств в случаях, предусмотренных Федеральным законом "О промышленной безопасности опасных производственных объектов";	Присутствует
10	порядок идентификации опасностей и оценки риска возникновения аварий.	Присутствует

Таким образом, оценка нормативно-правовой базы проведения производственного контроля, повышающего промышленную безопасность на предприятии по производству майонеза, указывает на необходимость ее усовершенствования.

Список использованных источников

1. Постановление Правительства РФ от 26 июня 2013 г. N 536 "Об утверждении требований к документационному обеспечению систем управления промышленной безопасностью"
2. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 29.07.2018) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов"
3. Gi Heung Choi, Byoung Gook Loh/ Control of Industrial Safety Based on Dynamic Characteristics of a Safety Budget-Industrial Accident Rate Model// Safety and Health at Work 8 (2017) 189-197
4. Julia C. Bendula, Henning Blunckb/ The design space of production planning and control for industry// Computers in Industry 105 (2019) 260–272
5. Berend Denkena, Marc- André Dittrich, Sören Wilmsmeier/ Automated production data feedback for adaptive work planning and production control//Procedia Manufacturing 28 (2019) 18–23

TO THE QUESTION OF LEGAL REGULATION OF THE PROCESS OF INDUSTRIAL CONTROL AT THE FOOD INDUSTRY ENTERPRISE

Marina Olegovna Zykina, graduate student¹

Tikhonova Olga Vasilyevna, Candidate of Technical Sciences, assistant professor

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

Zykina M. O., e-mail marina10.96@bk.ru

Tikhonova O.V., e-mail tikhonova.olga654@yandex.ru

Address for correspondence: Zykina Marina Olegovna, Novosibirsk State Technical University, 6300 Karl Marx Ave., Novosibirsk, Russia, Tel. + 7 (913) 751-84-43

Abstract.

This article discusses the analysis of the developed provisions for production control at an enterprise for the production of mayonnaise and its compliance with international and domestic standards.

Keywords:

Industrial safety, labor protection, food industry, quality standard, hazardous production facilities, management system, production control.

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

*Кисилёва Дарья Владимировна, магистрант; Дьяченко Геннадий Иванович,
канд. геол.-минерал. наук*

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

Кисилёва Д. В., email gold150494@gmail.com

Дьяченко Г. И., e-mail dyachenko@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Кисилёва Дарья Владимировна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (905)952-52-80

Аннотация: В настоящее время все большую актуальность приобретают современные средства «Малой энергетики». Это объясняется тем, что в последние годы заметно ухудшилось состояние систем электро- и теплоснабжения городов Российской Федерации. Возросли потери тепловой энергии на транспорте и распределении теплоносителей вследствие износа систем транспортировки [1]. Из-за дефицита финансовых ресурсов для замены и реконструкции источников и энергосетей увеличилось количество аварий, что приводит к снижению надежности и качеству энергоснабжения. В данной работе рассматривается газификация населенного пункта в сельской местности. Обеспечение газовыми ресурсами сельскую местность положительно скажется на социальной политике государства, так как. Газификация безусловно улучшает социальные условия и делает более комфортной жизнь сельского населения и увеличит его концентрацию [2].

Ключевые слова: газификация; газопоршневая электростанция; энергосети; обогреватели; газопровод; природный газ.

Россия обладает значительными запасами природного газа, и газ является основным источником первичной энергии. Ежегодно у нас сжигается и перерабатывается 420 млрд кубометров газа [3]. На экспорт идёт 30% добываемого газа.

Актуальной задачей для государства была и остается газификация населенных пунктов, особенно в сельской местности. От ее решения во многом зависит результативность и эффективность всей социальной политики государства. Газификация безусловно улучшает социальные условия и делает более комфортной жизнь сельского населения, увеличит его концентрацию.

В качестве объекта исследования был взят поселок Саймасай (Александровка), расположенный на юге Казахстана, в Алматинской области. Площадь Саймасай 38,6 км², а численность населения 5021 человек (перепись

2017 года). В настоящее время в поселке возведено 330 частных домов. Для их отопления жители используют традиционные источники - каменный уголь и дрова.

При выборе данного округа послужило несколько причин:

- 1) На юге территории проходят несколько магистральных газопроводов (рис). Ближайшая компрессорная станция КС – 7 находится в городе Шелек (Чилик), которая обслуживается ТОО «Азиатский газопровод», введена в эксплуатацию в 2012 году. Пропускная способность – 30 млрд. м³ газа в год. Общая мощность 30,22 МВт (4 газотурбинные установки).
- 2) Экономический фактор: дороговизна 1 тонны угля на Юге Казахстана. Например, стоимость угля в Восточно – Казахстанской области составляет 8 тысяч тенге, а в нашем регионе 20 тысяч тенге. Как мы видим, разница в 2,5 раза. Так же обстоит дело с дровами, стоимость 1 куба метра рубленых дров составляет 10 тысяч тенге, тогда как в Восточном Казахстане они стоят 7 тысяч тенге.
- 3) Низкое качество используемого угля. Население использует Карагандинский уголь (смесь каменного и бурого угля). Бурый уголь принадлежит к низшей степени углефикации. Он содержит 50-70% углерода (каменный уголь 72-90%), много летучих веществ и воды. Вода и большое количество примесей (кислород и азот) значительно снижают теплотворную способность бурого угля, она составляет около 15 МДж/кг (удельная теплота сгорания каменного угля 22-26 МДж/кг). А летучие вещества облегчают розжиг: бурый уголь легко воспламеняется. Повышенное содержание примесей и летучих веществ приводит к образованию большого количества золы при сжигании — до 40%, коптящего пламени и осаждению сажи в ах. Бурый уголь содержит много серы. Горение этого вида топлива сопровождается запахом гари.
- 4) Преимущественно используется дрова таких деревьев, как сосна, клён и карагач. Особенность горения хвойных дров (сосна, ель) состоит в том, что имея низкую теплопроводность, они способствуют образованию смолистых отложений в трубах. Клён и карагач относятся к лиственной породе средней твердости. Дрова такой породы обеспечивают относительно стабильную температуру в топке и имеют среднюю удельную теплопроводную способность, но выделяют много дыма.

Для правильного выбора энергообеспечения данного населенного пункта были проведены расчеты. Расчет денежных затрат на покупку угля, дров. Частные дома расположены в трех разных частях города, на улицах Рыспекова, Александровской и Мира. Отопительный сезон в Саймасайском сельском округе составляет 5 месяцев. Далее было рассчитано количество энергии выделяемой при сжигании угля и дров. Обычный вес дров составляет 460 кг/м³. Расчеты представлены в двух размерностях (в ккал и кДж). Все расчеты представлены в таблице 1. Анкетирование выполнено во время практики 2017 г.

Таблица 1. Денежные затраты и количество энергии

Показатели	ул. Рыспекова, д. 6	ул. Александровская, д. 34	ул. Мира, д.8
Количество, тонн (стоимость, тенге)	4 (80 000)	5 (100 000)	4 (80 000)
Количество энергии (ккал/ кДж)	25,8/ 108	32,25/ 135	25,8/ 108
Количество, куб метра (стоимость, тенге)	2 (20 000)	2 (20 000)	2 (20 000)
Количество энергии (ккал/ кДж)	3,41/ 14,26	3,41/ 14,26	3,41/ 14,26
Итого денежные затраты, тенге	100 000	120 000	100 000
Итого, Гкал/ГДж	29,21/122,26	35,66/149,26	29,21/122,26
Количество газа, м ³	3484	4195	3484
Стоимость, тенге	48776	58730	48776

Из таблицы видно, что при использовании природного газа (метан) экономические затраты населения снижаются примерно в два раза. Газификация сельских населенных пунктов затруднено. В населенном пункте дома расположены не компактно: хозяйственные постройки, огород, заборы и прочее. Необходимо к каждой усадьбе тянуть по поверхности трубу или ставить газгольдер. В обоих случаях в морозные дни давление газа будет падать и его поступление снижаться. Эффективность отопления может опуститься до критического. После того, как газ подведен необходимо установить водогрейный котел и провести соответствующие коммуникации к батареям в помещении и газ на кухню. В результате для значительной части пользователей возникает сложная проблема эксплуатации всей системы, а для коммунальных служб надзора за ее состоянием и обслуживанием. При этом стоит помнить, что речь идет о населенных пунктах, которые потеряли наиболее активную и технически лучше подготовленную часть населения.

Значит нам необходимо выбрать такое решение, которое позволит незатруднительно эксплуатировать систему без каких-либо проблем. Такая система существует: кварцевые обогреватели «ТеплЭко» (табл. 2). Обогреватели работают на электроэнергии, не требуют дополнительной постройки коммуникаций и обладают несколькими преимуществами над другими обогревателями. Во-первых, они не сжигают кислород, что позволяет свободно дышать в отапливаемом помещении. Плюс к этому они не пережигают и пыль, поэтому нет того характерного запаха горелой пыли. Во-вторых, это терморегулятор. Он служит для того, чтобы поддерживать температуру в помещении на любом заданном уровне даже в ваше отсутствие. В-третьих, ничего экономичнее кварцевого обогревателя еще не придумано. Этот прибор использует электроэнергию не все время, а только в процессе накопления

кварцем тепла. После этого обогреватель для дома ТеплЭко несколько часов отдает ровное тепло, не потребляя при этом электроэнергии.

Таблица 2. Технические данные обогревателя «ТеплЭко»

Наименование параметра	Значение кварцевого обогревателя
Номинальная мощность, кВт	0,4
Количество элементов	1
Номинальное напряжение питающей сети, В	220±10%
Номинальный ток, А	1,8
Расход электрической энергии кВт/час	0,4
Температура излучающей поверхности, °С	95
Время нагрева излучающей поверхности до 75 °С	Не более 20 мин
Средняя скорость падения температуры на излучающей поверхности при отключенном питании (перепад температуры 20 °С)	1,5-2 °С в минуту
Габаритные размеры, мм	600×350×25
Масса, кг	12
Обогреваемый объем воздуха (при минимальных теплопотерях), м ³	18

Одним из основных факторов, является экономический фактор. В таблице 3 показаны денежные затраты населения для обслуживания обогревателей «ТеплЭко» в месяц.

Таблица 3. Необходимое количество электроэнергии

Показатели	ул. Рыспекова, д. 6 (13 обогревателей)	ул.	
		Александровская, д. 34 (11 обогревателей)	ул. Мира, д.8 (12 обогревателей)
Электроэнергия для собственных нужд, кВт (тенге)	420 (7694)	230 (4213)	270 (4946)
Электроэнергия для обслуживания обогревателей, кВт (тенге)	3744 (68590)	3168 (58037)	3456 (63313)
Итого, кВт (тенге)	4164 (76284)	3398 (62250)	3726 (68259)

Как показывают расчеты (табл. 3), при полном использовании электроэнергии (освещение, кухня, отопление) традиционное энергоснабжение для сельского населения будет обходиться слишком дорого. Даже ограниченное потребление электроэнергии в малых населенных пунктах всегда дотационно. В городах значительная часть потребителей также оплачивает электроэнергию по льготным ценам. Распространение льгот на все население едва ли возможно. По-видимому, наиболее целесообразно создание специализированных малых предприятий - электростанций на базе газопоршневых электростанций. В настоящее время ГПЭ различной мощности широко используются как автономный источник энергии на в газо-нефтяных

промыслах, в лесной промышленности, на крупных фермерских хозяйствах.

Преимуществом таких установок является не только низкая себестоимость электроэнергии, но и возможность использование газа с низким метановым числом, в том числе биогаза.

Создание местных систем электроснабжения одновременно решает ряд социальных проблем - создаются новые рабочие места, привлекаются квалифицированные кадры, резко снижается опасность материальных и людских потерь.

Следует ожидать, что широкое внедрение автономного электроснабжения встретит определенное сопротивление крупных компаний, монопольно получающих государственные дотации, и потребует разработки соответствующих законодательных норм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годовые отчеты ПАО «Газпром» 2005-2015 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gazprom.ru/investors/disclosure/reports/2016/>
2. О реализации Программы газификации регионов Российской Федерации [Электронный ресурс] / А. Миллер. – Режим доступа: <http://government.ru/media/files/tbYe0YkkBtPaPL4OCUAEFuNXuaNsXNXb.pdf>
3. Генеральная схема развития газовой отрасли России на период до 2030 г. - М., 2008. - 145 с.

POWER SUPPLY OF SMALL SETTLEMENTS

Dyachenko Gennady Ivanovich, Candidate of Geol.-Mineral. Sc., e-mail: dyachenko@corp.nstu.ru

Kisilyova Darya Vladimirovna, student, e-mail: gold150494@gmail.com
Novosibirsk State Technical University, 20 Prospect K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russian Federation

Abstract

Nowadays, the increasing relevance is acquired by modern means of «small – sale power generation». This results from the fact that in recent years the condition of supplies of the cities of the Russian Federation considerably worsened. Loses of thermal energy in transport and distribution of heat carriers owing to wear of systems of transportation have increased. Because of deficiency of financial resources for replacement and reconstruction of sources and power networks the number of accidents increased that leads to decrease in reliability and quality of power supply. This work is considering gasification of the settlements in rural areas. Providing with gas recourses in rural areas will positively affect, on social policy of the state. Because gasification certainly improves social condition and makes country people is life more comfortable and it will increase it is concentration.

Keywords

Gasification, gas piston power plant, power networks, heaters, gas pipeline, natural gas.

РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ ГОРЮЧИХ И ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ

Киселёва Людмила Ивановна, магистрант; Илюшов Николай Яковлевич, кандидат технических наук

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

Илюшов Н.Я., e-mail kamchatka1234@rambler.ru

Киселёва Л.И., e-mail tilulove@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Илюшов Николай Яковлевич, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Аннотация

Температура вспышки играет существенную роль в оценке пожаровзрывоопасности веществ и материалов. В связи с этим развитие не только базы данных по экспериментальным значениям температуры вспышки веществ и материалов, но и расчетных методов по прогнозированию этого показателя пожарной опасности имеет большое значение.

Целью является создание расчета температуры вспышки с использованием минимального количества справочных данных, а опираясь только на химическую формулу вещества или материала.

Ключевые слова

Температура вспышки, давление насыщенного пара.

1. Введение

Температура вспышки – наименьшая температура летучего конденсированного вещества, при которой пары над поверхностью вещества способны вспыхивать в воздухе под воздействием источника зажигания, однако устойчивое горение после удаления источника зажигания не возникает [1].

2. Методика расчета

Анализ литературы показывает, что в ней описываются различные методы, где наиболее точным принимается метод определения температуры вспышки по формуле Блинова (1) [2]:

$$T_{\text{всп}} = \frac{A}{P_n D_0 \beta} \quad (1)$$

где P_n - давление насыщенного пара, Па;

D_0 - коэффициент диффузии паров горючего в воздухе, м²/с;

β - стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения;

A – константа метода определения.

Основным параметром в формуле Блинова является давление насыщенного пара. Главный метод, который используется чаще всего для расчета давления насыщенного пара - метод расчета давления насыщенного пара по формуле Антуана (2) [2]:

$$\lg P_{\text{H}} = A - \frac{B}{(t_{\text{p}} + C_A)} \quad (2)$$

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.

Целесообразнее рассчитать давление насыщенного пара используя методику расчета давления насыщенного пара по корреляции Миллера (3) [3]:

$$\lg P = A - \frac{B}{T} + C_1 \cdot T + C_2 \cdot T^2 \quad (3)$$

где T – расчётная температура, К;

A , B , C_1 и C_2 – константы, рассчитываемые по формулам (4 – 7):

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

$$B = 0,980 \cdot k \cdot T_{\text{кр}} \quad (5)$$

$$C_1 = \frac{-1,448 \cdot k}{T_{\text{кр}}} \quad (6)$$

$$C_2 = \frac{0,607 \cdot k}{T_{\text{кр}}^2} \quad (7)$$

где k – коэффициент, рассчитываемый по формуле (8):

$$k = \frac{\Delta H_{\text{исп}, T_1}}{\left[4,576 \cdot T_{\text{кр}} \cdot \left(1 - \frac{T_1}{T_{\text{кр}}} \right)^{0,38} \right]} \quad (8)$$

где $\Delta H_{\text{исп}, T_1}$ – теплота парообразования при нормальной температуре

кипения, кал/моль;

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

$T_{\text{кр}}$ – 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].

Для более точного расчета необходимо включить в методику расчета давления насыщенного пара по корреляции Миллера следующие расчеты:

1. Расчет теплоты парообразования по формуле Ветере (9)

$$\Delta H_{vb} = RT_c T_{br} \frac{0.4343 \ln P_c - 0.68859 + 0.89584 T_{br}}{0.37691 - 0.37306 T_{br} + 0.14878 P_c^{-1} T_{br}^{-2}} \quad (9)$$

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

$T_{\text{кр}}$ – критическая температура, К;

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

$P_{\text{кр}}$ – критическое давление, атм.

2. Расчет критического давления по уравнению Лидерсена (10)

$$P_{\text{кр}} = \frac{M}{(\Phi + 0,33)^2} \quad (10)$$

где M – молекулярный вес;

Φ – константа, которая определяется сложением атомных и структурных инкрементов.

3. Расчет температуры кипения по формуле Огата – Цухида (11)

$$T_{\text{кип}} = \alpha R + b \quad (11)$$

где R – величина, которая определяется типом органического радикала;

α и b – константы, которые зависят от вида функциональной группы, входящей в состав молекулы.

4. Расчет критической температуры по формуле Лидерсена (12)

$$T_c = T_b [0,567 + \sum \Delta_T - (\sum \Delta_T)^2]^{-1} \quad (12)$$

где Δ_T – сумма парциальных вкладов в критическую температуру [3].

Таким образом, собрав все вышеперечисленные методы расчета воедино, мы получим цельный достоверный метод определения температуры вспышки.

3. Результаты

Апробация этого метода была проведена на 5 веществах, результаты которой приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчетов температуры вспышки

Вещество	Температура вспышки, °С		Погрешность, %
	Справочное значение	Рассчитанное значение	
Аллиловый спирт	21	25,7	22,3
Акролеин	- 26	-21,8	16,15
Пропаналь	-20	-15,9	20,5
Анилин	73	87,38	19,7
Толуол	7	8,32	18,9

4. Выводы

Таким образом, доказано что составленная методика расчета температуры вспышки является более точной, так как исключает использование справочных данных (в частности констант Антуана) и дает возможность рассчитать параметры, используя только химическую формулу вещества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Area classification code for installations handling flammable fluids. Part 15 of the IP model code of safe practice in the petroleum industry. – L.: Energy Institute, 2005. – 155 p.
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 N1).
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.

THE METHOD OF DETERMINING THE FLASH POINT OF FLAMMABLE AND COMBUSTIBLE LIQUIDS

Kiseleva Lyudmila Ivanovna, master's degree student; Ilyushov Nikolay Yakovlevich, candidate of technical Sciences

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

Ilyushov N. I., e-mail kamchatka1234@rambler.ru

Kiseleva L. I., e-mail tilulove@mail.ru

Correspondence address: Nikolay Yakovlevich Ilyushov, Novosibirsk state technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073, Russia

Abstract

Flash point plays a significant role in the assessment of fire and explosion hazards of substances and materials. In this regard, the development of not only a database of experimental values of the flash point of substances and materials, but also the calculation methods for predicting this indicator of fire danger is of great importance.

The aim is to create a flash point calculation using a minimum number of reference data, and relying only on the chemical formula of the substance or material.

Keyword

Flash point, saturated vapor pressure.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОФЗАБОЛЕВАНИЙ ЗАНЯТЫХ НА ПОЛИГРАФИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ РАБОТНИКОВ

*Колесникова Галина Михайловна, магистрант;
научный руководитель: к.т.н, доцент, Коробенкова Александра Юрьевна*

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

Колесникова Г.М., email galina.1995@mail.ru

Коробенкова А.Ю., email astra-alex1@yandex.ru

Адрес для корреспонденции: Колесникова Галина Михайловна

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (953)80-40-738

Аннотация

В данной работе проанализирована полиграфическая отрасль в РФ. Выявлено, что за 2017 год отрасли произошло 560 несчастных случаев связанных с воздействием на человека различных факторов. Также рассмотрен цех газетной печати на полиграфическом предприятии АО «Советская Сибирь», в котором за последние 5 лет был зарегистрирован 1 случай профессионального заболевания связанный с шумом. Установлено печатное оборудование, работа которого превышает предельно допустимые уровни от 1,7дБ до 13,6дБ. Выявлены проблемы в обеспечении безопасности работников цеха офсетной печати и предложено проведение дополнительных исследований для разработки мероприятий по улучшению условий труда.

Ключевые слова

источник шума, технология печати, несчастный случай, профессиональные заболевания, требования безопасности, производство.

Введение

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. Среди многочисленных вредных воздействий, которым может подвергаться обслуживающий персонал в полиграфии, одним из самых распространенных является шум. Шум и вибрация являются сегодня двумя важными факторами, создающими опасность для здоровья на рабочих местах. Проявление вредного воздействия шума на организм человека весьма разнообразно, начиная от раздражения и утомляемости и заканчивая частичной потерей слуха. Особое значение приобретают вызываемые шумом постепенные повреждения слуха, поскольку они носят необратимый характер и ведут к увеличению доли повреждения слуха среди профессиональных заболеваний. В связи с этим актуальным является вопрос оценки уровней шума на рабочих

местах, в помещениях и других зонах возможного воздействия на человека шума.

Материалы и методы

Охрана здоровья трудоспособного населения в различных сферах деятельности, в том числе на полиграфических предприятиях, является одной из приоритетных задач российского здравоохранения.

Всего по данным Минтруда России за 2017 год в стране произошло 37 600 несчастных случаев, из которых 5960 с тяжелыми последствиями и 1600 со смертельным исходом[1]

По статистике на 2018 год в Российской Федерации находятся более 9 525 полиграфических компаний с различными технологиями печати и автоматизацией. Новосибирск входит в тройку лидеров по количеству полиграфических организаций, в соответствии с таблицей 1 на его долю приходится 430 организации [2].

Таблица 1

Количество полиграфических организаций в городах РФ

Город	Количество полиграфических организаций
Москва	3936
Санкт-Петербург	1813
Новосибирск	430

Полиграфическое производство является отраслью с малым числом регистрируемых несчастных случаев. Не известно, связано ли это с сокрытием факта несчастного случая, либо с тем, что в отрасли соблюдаются все требования охраны 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 на рисунке 1, что именно послужило результатом травмирования людей.[4]

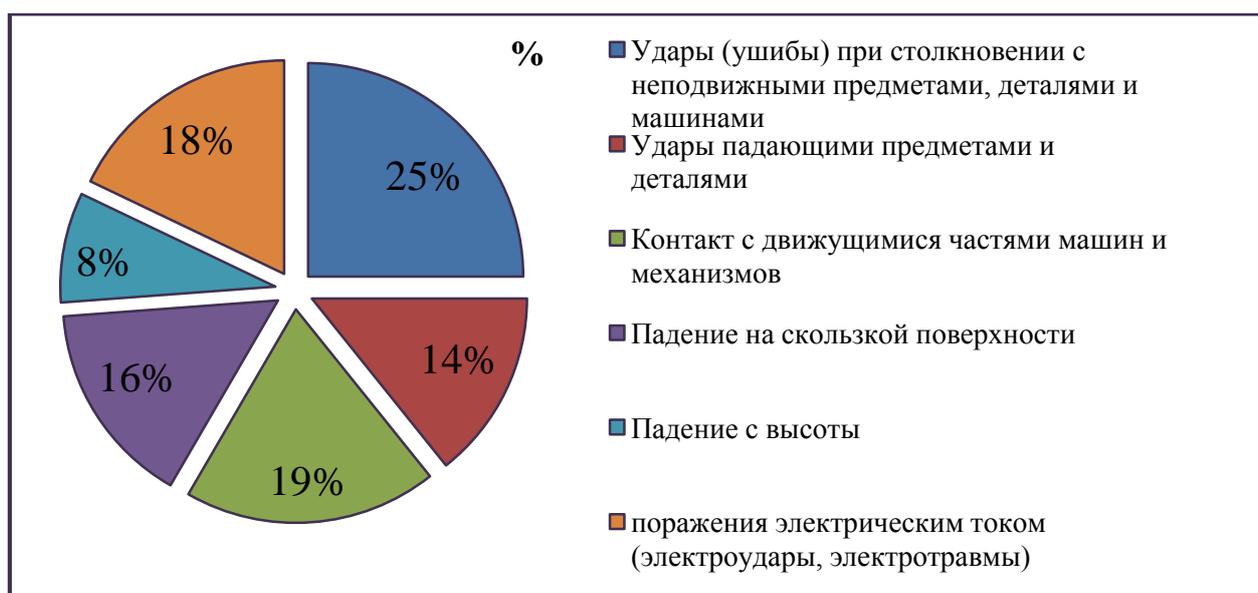


Рис. 1 –Процентное соотношение причин травмирования по РФ в полиграфических организациях за 2017 год

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

Издательство и типография «Советская Сибирь» была основана в Новосибирске в 1923 году. В настоящее время является крупнейшей типографией за Уралом. Общая численность работников, занятых на производстве печатной продукции, на 2018 год составляет 327 человек занятых на производстве печатной продукции.

Среди многочисленных вредных воздействий, которым может подвергаться обслуживающий персонал в полиграфии, одним из самых распространенных является шум. Шум и вибрация являются сегодня двумя важными факторами, создающими опасность для здоровья на рабочих местах.

Результаты и обсуждение

В АО «Советская Сибирь» за последние 5 лет в цехе газетной печати был зарегистрирован 1 случай профессионального заболевания, связанного с шумом. Поэтому были выявлены источники шума, превышающие ПДУ на данном предприятии в конкретном подразделении. По данным проведенной специальной оценки условий труда на рабочих местах шум печатных машин имеет превышение предельно допустимых норм, результаты представлены в таблице 2. Одной из возможных причин возникновения профзаболеваний в АО «Советская Сибирь» является использование документации системы управления охраной труда, не отвечающей требованиям действующего законодательства.

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
Печатник	Печатная машина КВА ALBERT A 200 S	3,2	На 13.6дБ
Старший механик	Печатная машина Uniset-70	3,2	На 12.4дБ
Печатник	Печатная машина ROLAND 705 LV HiPrint	3,2	На 10.2дБ

Таким образом, была проанализирована полиграфическая отрасль как в целом, так и отдельный цех на предприятии АО «Советская Сибирь», в котором был выявлен основной вредный производственный фактор – шум. Установлено

оборудование, работа которого превышает предельно допустимые уровни от 1,7дБ до 13,6 дБ.

В полиграфии проблема шума возникла на рубеже 50-60-х годов. Это вызвано внедрением в промышленность скоростного оборудования, превышающего действовавшие в то время гигиенические нормы на 5-20 дБ в различных полосах частот для различных типов машин.

Отсюда видно, что шум является одним из основных вредных факторов, которыми сопровождается работа большинства видов полиграфических машин. 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. Поэтому решение задачи определения уровней шума и снижения повышенного шума источников - является на данный момент актуальной.

Действующая методика измерения шума для оценки воздействия на человека весьма сложна. Полиграфическое оборудование может быть признано соответствующим и не соответствующим требованиям безопасности с точки зрения создаваемого шума, т.к. это зависит от качества проведенного анализа рабочей обстановки и обоснованности выбора стратегии измерения шума. Поэтому для разработки мероприятий по улучшению условий труда и обеспечению безопасности на рабочих местах цеха газетной печати в АО «Советская Сибирь» нужно выполнить дополнительные исследования и измерения шума и актуализировать устаревшую документацию системы управления охраной труда.

Заключение

Решение данного вопроса с помощью непосредственного измерения уровней шума осуществимо лишь в определенной области поставленных задач, например, при текущем контроле состояния рабочих мест, мест пребывания большого количества людей, при сборе информации уже существующих объектов и влиянии шума на организм человека

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт Минтруда России: [https:// rosmintrud.ru/labour/safety/274](https://rosmintrud.ru/labour/safety/274) (дата обращения от 23.03.2019)
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 26.03.2019)
4. Онлайн сервис для управления охраной труда в организации: <http://www.trudcontrol.ru/>(дата обращения 26.03.2019)
5. Официальный сайт международной организации труда: <http://www.ilo.org/global/lang--en/index.htm> (дата обращения 28.03.2019)

ANALYSIS OF POSSIBLE CAUSES OF OCCUPATIONAL DISEASES EMPLOYED IN PRINTING PLANT WORKERS

Galina Mikhailovna Kolesnikova, master student; supervisor:

*Ph. D., associate professor, Alexandra Yurievna
Korobenkova*

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

G. M. Kolesnikova, email galina.1995@mail.ru

A.Y. Korobenkova, email astra-alex1@yandex.ru

Address for correspondence: *Galina Mikhailovna Kolesnikova*

Novosibirsk State Technical University, Karl Marks Ave., 20, Novosibirsk, 630073,
Russia, tel. (953)80-40-738

Abstract

This paper analyzes the printing industry in Russia. It was revealed that in 2017 there were 560 accidents related to human exposure to various factors. Also considered is the shop of newspaper printing at the printing enterprise JSC "Soviet Siberia", in which for the last 5 years 1 case of occupational disease associated with noise was registered. The printing equipment is installed, the work of which exceeds the maximum permissible levels from 1.7 dB to 13.6 dB. Identified problems in ensuring the safety of employees of the offset printing shop and proposed additional research to develop measures to improve working conditions.

Keywords

noise source, printing technology, accident, occupational diseases, safety requirements, production.

УДК 536.46

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АГЛОМЕРАЦИИ АЛЮМИНИЯ ПРИ ГОРЕНИИ МОДЕЛЬНЫХ СМЕСЕВЫХ ТОПЛИВ

*Корчемкина Полина Геннадьевна^{1,2}, студент; Глотов Олег Григорьевич^{1,2},
к.ф.-м.н., заведующий лабораторией*

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (999) 452-78-47

² Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук,

630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3

Корчемкина П. Г., e-mail Polishka25@mail.ru

Глотов О. Г., e-mail glotov@kinetics.nsc.ru

*Адрес для корреспонденции: Корчемкина Полина Геннадьевна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (999) 452-78-47*

Аннотация

Экспериментально оценены возможности экспресс-методики, предназначенной для определения основных параметров агломерации металла при горении смесевых алюминизированных топлив путём отбора конденсированных продуктов горения в жидкость. На примере 11 модельных топлив показано, что измеряемые параметры заметно изменяются при вариации компонентного и гранулометрического состава топлив. Выявлено, что расчет размера агломератов по известной модели Коэна для исследованных топлив невозможен. Проведена оценка концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны, они не превышают ПДК.

Ключевые слова

Смесевое топливо; алюминий; агломерация; горение; конденсированные продукты горения (КПГ); модель «карманов» для расчета размера агломератов; установка для отбора КПГ; безопасные условия труда при работе на установке

Введение

Информация о параметрах дисперсной фазы алюминизированного топлива (в частности, об агломератах) необходима при конструировании двигателя и для расчётов внутрикамерных процессов, поэтому разработаны различные методики для экспериментальных исследований этих параметров [1–4]. Наиболее информативными оказались методики отбора, суть которых заключается в гашении частиц, их отборе и последующих анализах отобранных проб. Цели работы – оценка возможностей разрабатываемой экспресс-методики для

определения основных агломерационных параметров топлив, оценка возможностей расчёта размеров агломератов простейшими методами, оценка безопасных условий труда при работе на установке для сжигания миниатюрных образцов алюминизированного топлива.

Экспериментальная методика

Разрабатываемая методика основана на сжигании в малогабаритном сосуде высокого давления («минибомбе») исследуемого образца при заданном давлении и отборе продуктов горения в жидкость. Давление создается азотом из баллона и контролируется манометром. Под образцом устанавливается стакан с замораживающей жидкостью (дистиллированной водой). Диаметр стакана соответствует внутреннему диаметру бомбы. Расстояние от поверхности образца до поверхности жидкости устанавливается строго 2 см.

Для экспериментов использовали 12 модельных смесей. Смеси имели консистенцию пластилина. Для сжигания смеси помещали в стаканчики с размером $\varnothing 3 \times 3$ мм. Масса топлива типично составляла 0.2 г. Все эксперименты проведены при давлении 0.2 МПа. В ходе эксперимента проводили видеосъемку горения через окно бомбы. Видеосъемка позволяет определить время горения образца и по известной длине образца оценить его скорость горения. По окончании опыта стакан извлекали, отобранные частицы препарировали и исследовали следующим образом.

Суспензию из стакана процеживали через сито с размером ячеек 80 мкм. Согласно [2] частицы крупнее 80 мкм считаются агломератами. Остаток на сите высушивали при комнатной температуре и взвешивали. Высушенный остаток подвергали гранулометрическому анализу с применением оптического микроскопа и получали гистограмму распределения числа частиц по размерам. По гистограмме вычисляли средний размер D_{43} [5].

Результаты экспериментов

Основные результаты экспериментов – скорость горения r , средний размер D_{43} и безразмерная масса агломератов m_{ag} . Выявлены основные тенденции изменения скорости горения r и безразмерной массы агломератов m_{ag} при вариации состава топлив.

Расчет размеров агломератов

Размеры агломератов рассчитывали с помощью модели «карманов» Коэна [6]. Расчёты показали, что при массовой доле крупного ПХА больше 0.54 предположение о расположении частиц в вершинах кубической решетки приводит к тому, что расстояние между частицами становится отрицательным. Основная причина – использование высокоплотного связующего. Модель Коэна не может быть использована для исследованных топлив.

Оценка безопасности проведения экспериментов в лаборатории

Безопасность проведения экспериментов с минибомбой оценивали с точки зрения выделения вредных веществ [7]. Для этого были вычислены

концентрации продуктов сгорания в вытяжном шкафу. Показано, что даже при выключенном моторе вытяжного шкафа концентрации вредных веществ-продуктов горения после сжигания образца не превышают предельно допустимых значений [8]. Работа на установке для отбора конденсированных продуктов горения с выпуском продуктов горения в объём вытяжного шкафа является безопасной.

Заключение

1. На основании экспериментального исследования 11 модельных топлив установлено, что результаты определения массовых и размерных параметров агломератов, полученные на малых образцах с помощью отбора остатков горения в жидкость, чувствительны к изменению компонентного и гранулометрического состава топлив, поэтому разработку экспресс-методики необходимо продолжить.

2. Выявлено, что расчет объёма карманов и размера агломератов по модели Коэна для исследованных топлив с высокоплотным связующим невозможен.

3. Показано, что работа на установке для отбора конденсированных продуктов горения с образцами массой 0.2 г в вытяжном шкафу является безопасной (концентрации вредных веществ-продуктов горения в воздухе рабочей зоны не превышают ПДК).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Price E. W., Sigman R. K., Sambamurthi J. R., Park C. J. Behavior of aluminum in solid propellant combustion. AFOSR-TR-82-0964. Georgia Institute of Technology, 1982;
2. Фролов Ю. В., Похил П. Ф., Логачев В. С. Воспламенение и горение порошкообразного алюминия в высокотемпературных газовых средах и составе гетерогенных конденсированных систем // Физика горения и взрыва, 1972, Т. 8, № 2, с. 213-236;
3. Глотов О.Г., Зырянов В.Я. Конденсированные продукты горения алюминизированных топлив. I. Методика исследования эволюции частиц дисперсной фазы, // Физика горения и взрыва, 1995, Т. 31, № 1, с. 74-80;
4. Иванов Н. Н., Иванов А. Н. Приборы и установки контактной диагностики и их использование в исследовании высокотемпературных двухфазных потоков // Физика горения и взрыва, 1991, Т. 27, № 6, с. 87-101;
5. Глотов О. Г., Зарко В. Е., Карасев В. В. Проблемы и перспективы изучения агломерации и эволюции агломератов методом отборов // Физика горения и взрыва, 2000, Т. 36, № 1, с. 161-172;
6. Коэн Н. С. Модель «карманов» для описания процесса агломерации алюминия в смесевых ракетных топливах // Аэрокосмическая техника, 1984, Т. 2, № 2, с. 67-75;
7. Забелин Л. В., Гафиятуллин Р. В., Гусева Л. Р. Экологические аспекты проблемы утилизации зарядов твердотопливных ракетных двигателей (РДТТ) // Химия в России, 1999, № 2, с. 4-7;

8. ГН 2.2.5.3532-18 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны" от 13 февраля 2018 г.

EXPERIMENTAL AND COMPUTATION STUDY OF THE ALUMINIUM AGGLOMERATION UNDER COMBUSTION OF MODEL COMPOSITE PROPELLANTS

Korchemkina Polina Gennadievna^{1,2}, student;

Glotov Oleg Grigorievich^{1,2}, head of laboratory

¹ Novosibirsk State Technical University, Karl Marx Avenue, 20, Novosibirsk, 630073, Russia

² Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ICKC SB RAS), Institutskaya 3, Novosibirsk, 630090, Russia

Korchemkina P. G., e-mail Polishka25@mail.ru

Glotov O. G., e-mail glotov@kinetics.nsc.ru

Abstract

The possibilities has been experimentally estimated for the express-technique intended for measurements of the key parameters of metal agglomeration during combustion of composite aluminized propellant via sampling the condensed combustion products into liquid. It was shown on the basis of 11 model propellants that the measured parameters change considerably at the variation of propellant formulation and the powder components particle size. It was revealed that calculation of the size of agglomerates using known Cohen "pocket" model is impossible for the propellants under study. The concentrations of harmful substances in air of the work area were estimated. These concentrations do not exceed maximum permissible concentration (MPC).

Keywords: Composite solid propellant; aluminum; agglomeration; combustion; condensed combustion products (CCP); "pockets" model for the agglomerate size calculation; set-up for CCP sampling; safety working conditions for sampling set-up.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВОЗГОРАНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

*Корыткина Надежда Станиславовна, магистрант ФЭН гр. ЭнБМ-81;
Илюшов Николай Яковлевич, к.т.н., доцент кафедры БТ.*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (952) 904-72-82

Корыткина Н.С., email korytkina_ns@mail.ru

Илюшов Н.Я., e-mail kamchatka1234@rambler.ru

Адрес для корреспонденции: Корыткина Надежда Станиславовна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (952) 904-72-82

Выявление причин повреждений и предупреждение отказов силовых трансформаторов играет важную роль в обеспечении нормального функционирования процесса генерации и передачи электрической энергии. Поэтому исследования, направленные на решение указанных проблем, сохраняют свою актуальность.

Ключевые слова: трансформатор, междувитковое замыкание, пробой изоляции.

Аварии, связанные с возгоранием трансформаторов имеют место быть, а их последствия имеют колоссальный масштаб. Пожарная опасность трансформаторов сильно зависит от типа трансформатора. Наиболее часто применяются масляные и сухие трансформаторы. Масляные обладают значительно большей пожарной опасностью, так как содержат трансформаторное масло, которое является как изолятором, так и теплоносителем, охлаждающим обмотки трансформатора. В основном загорания трансформаторов связаны с перегрузками, превышающими предельно допустимые согласно [1], межвитковые короткие замыкания, короткие замыкания в сети, приводящие к нагреву обмоток трансформаторов, коммутационные и грозовые перенапряжения, приводящие к пробоям изоляции трансформаторов и межвитковым замыканиям.

В нормальных условиях эксплуатации трансформатора между отдельными частями его обмоток, а также между обмотками и заземленными магнитопроводом и корпусом действуют синусоидальные напряжения номинальной частоты, не представляющие опасности для электрической изоляции. Однако периодически возникают условия, при которых между указанными элементами трансформатора появляются перенапряжения. В зависимости от причин, их порождающих, перенапряжения разделяются на два

вида: внутренние и внешние.[2]

Внутренние перенапряжения. Возникают либо в процессе коммутационных операций, например отключения или включения трансформатора, либо в результате аварийных процессов (короткое замыкание, дуговые замыкания на землю и др.). Значение внутреннего перенапряжения обычно в 2-3 раза выше номинального напряжения.

Внешние (атмосферные) перенапряжения. Обусловлены атмосферными разрядами: либо прямыми ударами молний в провода или опоры линий электропередач, либо грозовыми разрядами, индуцирующими в проводах линии электромагнитные волны высокого напряжения. Значение перенапряжения в этом случае может достигать нескольких тысяч киловольт. Увеличение напряжения от 0 до максимума (фронт волны) происходит за очень короткий отрезок времени, измеряемый часто десятными долями микросекунды.

При толчкообразных нагрузках или коротких замыканиях происходит деформация секций от механических усилий при токах короткого замыкания и повреждение изоляции трансформатора от атмосферных перенапряжений. Перечисленные повреждения приводят к междувитковым замыканиям в обмотках, секционным пробоям и замыканиям. [3]

Возникающие виды развивающихся повреждений изоляции высоковольтного оборудования - трансформаторов, реакторов, двигателей, генераторов, подземных и воздушных линий электропередачи неразрывно связаны с частичными разрядами (ЧР). ЧР - это электрические разряды малой мощности, которые шунтируют часть изоляции между электродами.

Каждый разряд оказывает негативное воздействие на диэлектрик за счет образования активных радикалов, излучения и повышенной температуры. С течением времени их разрушающее действие может нарастать. Это ведет к постепенному разложению материала диэлектрика, появлению проводящих частиц (обуглероживанию), и, в конце концов, к разрушению изолятора.

Появление частичных разрядов – начальная стадия развития большинства дефектов в высоковольтной изоляции. Возникшие частичные разряды со временем перерастают в искровые и дуговые разряды, приводящие к авариям.

Длительное воздействие ЧР на изолятор может привести к электрическому пробую и разрушению диэлектрика [4]. Поэтому опасность для оборудования представляют не сами разряды, а результат их воздействия на изоляцию.

Как правило, пробой происходит там, где большая разность потенциалов, малое расстояние между витками и плохая изоляция. Витки изолируются друг от друга лаком, бумагой, лакотканью, маслом и т. д. в зависимости от типа трансформатора. Если изоляция плохая - происходит пробой. Когда происходит пробой начинаются сложные переходные процессы поскольку мгновенно меняется коэффициент трансформации (т.к. изменилось количество витков в одной из обмоток трансформатора).

Пробой одного из слоёв изоляции может привести к непропорциональному усилению неравномерности распределения импульсного напряжения по слоям изоляции и, соответственно, ускоренному старению. Более подробно данный

вопрос был изучен в статье [5].

Обобщая научные труды ряда исследователей [6], были выявлены механизмы развития межвиткового замыкания на землю:

– Межвитковая неисправность приводит к появлению циркулирующих токов среди короткозамкнутых витков. Что приводит к высоким потерям мощности, которые ухудшают изоляцию обмотки. В следствие деформации короткозамкнутые витки оказываются близко к сердечнику, что приводит к замыканию на землю.

– Стоит отметить, что пробой между первичной обмоткой и корпусом (сердечником) трансформатора опасен, в связи с возможностью воспламенения изоляционных материалов, применяемых при изготовлении трансформатора.

Взрывы и пожары трансформаторов обычно являются следствием пробоя изоляции. Энергия электрической дуги, возникающая в результате пробоя изоляции, вызывает резкий скачок локальной температуры. Она также генерирует большое количество взрывчатых и горючих газов, которые провоцируют очень быстрое увеличение давления в баке трансформатора.

Затем трансформатор взрывается в течение долей секунды, и крышка бака при этом обычно срывается. Большое количество масло-газовой смеси выплескивается на значительное пространство. Контакт взрывчатых и горючих газов с воздухом (кислородом) может привести к мощному взрыву, который в некоторых случаях распространяет огонь по всей электростанции. В то же время температура поверхности масла в баке быстро достигает точки воспламенения, и трансформатор загорается.

Взрывы высоковольтного маслонаполненного электрооборудования (ВМЭО) приводят к значительному материальному ущербу.

Проведенные исследования [7] показали, одной из проблем существующих систем защиты ВМЭО является то, что: скорость возрастания давления в баке, возникающего вследствие короткого замыкания, значительно превышает время реагирования всех систем защиты трансформатора. Это, в особенности, относится к клапану сброса давления, который не рассчитан для быстрой эвакуации необходимого количества масла, что позволило бы избежать взрыва бака трансформатора. При сильных коротких замыканиях клапан сброса давления иногда не успевает открыться вообще.

Все известные методы защиты ВМЭО [7] направлены на создание дополнительного объема, в который может расширяться трансформаторное масло в случае роста давления после возникновения внутреннего короткого замыкания.

В литературе обсуждаются два метода создания дополнительного объема для трансформаторного масла. Первый метод основан на покрытии внутренней поверхности трансформатора демпферным пористым материалом [8], который может сжиматься под действием высокого давления расширяющегося парогазового пузыря. Но он не может быть эффективен для трансформаторов больших габаритов.

Суть метода: Предполагается, что под действием высокого давления

пористый материал сожмется, появится свободный объем, который заполнится расширяющимися газообразными продуктами разложения изоляции. Это ограничит рост давления внутри корпуса. Дополнительный защитный эффект может быть достигнут, если работа сжатия материала достаточно велика, так что заметная часть кинетической энергии потока трансформаторного масла потратится на сжатие. Метод «пористых покрытий» может быть эффективным только при условии, что значительное сжатие пористого материала происходит при сравнительно низком избыточном давлении – порядка 0,3-0,5 МПа, при этом эффективный модуль Юнга не должен превышать 0,5 МПа.

Второй метод защиты можно назвать методом «разрушаемой мембраны». Суть этого метода состоит в установке на корпусе ВМЭО защитных мембран, которые разрушаются под действием импульсного давления, и через которые ТМ вытекает в специальную емкость [9]. Считается, что таким образом можно удержать давление в баке ВМЭО в допустимых пределах. Второй метод защиты используется достаточно широко, например, в системе Transformer Protector фирмы SERGI.

Испытания макетов защиты показали, что они не предохраняют его корпус от значительной пластической деформации, которая может закончиться его разрушением.

На основании недостатков существующих систем защиты ВМЭО от взрыва [2] можно сформулировать основные требования:

- Время реакции системы на рост давления внутри бака не должно превышать 5 мс;
- Система должна ограничивать максимальное давление в баке трансформатора на уровне 0,3-0,5 МПа.
- Система защиты должна быть установлена вблизи особо проблемных узлов трансформатора, если не представляется возможным защитить всю внутреннюю поверхность в целом.

За счет совершенствования конструкции ВМЭО и систем защиты можно добиться значительного уменьшения вероятности возникновения взрывов и существенно снизить материальный ущерб.

Проведенный анализ показывает, что известные системы защиты ВМЭО от взрыва не являются достаточно эффективными и необходима разработка новых систем защиты.

В настоящее время такая система разрабатывается, но неизвестно когда она будет реально создана и начнет применяться в энергосистемах. Таким образом, актуальность предотвращения пожаров не исчезает и данная тема все еще исследуется.

Как было выяснено в ходе работы: одна из причин возникновения пожара - это витковые замыкания, происходящие в результате частичных разрядов. Выявление витковых замыканий на начальной стадии развития позволило бы своевременно произвести замену трансформатора и тем самым минимизировать перерыв в электроснабжении потребителей, а также сократить затраты на ремонт самого трансформатора.

Список литературы:

1. ГОСТ 14209-85 Трансформаторы силовые общего назначения. Допустимые нагрузки. – М.: Стандартинформ, 2000.
2. Фомина, И.А. Внутренние резонансные процессы в трансформаторе тока ИМВ 550 / А.Г. Овсянников, С.С. Шевченко // Новое в российской электроэнергетике, №2, 2017. – С. 45 – 56
3. Идрис И., Жексембиева Н. С. Дефекты силовых трансформаторов // Актуальные проблемы энергетики АПК : матер. междунар. науч.-практ. конференции. Саратов : ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2010. 408 с.
4. Русов В.А. "Измерение частичных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования"
5. Borghetti, A. Lightning-induced overvoltages transferred through distribution power transformers / A. Borghetti, A. Morched [и др.] // IEEE Trans. on Pow. Deliv. – 2009. – vol. 24. – No. 1. – pp. 360 – 372.
6. Valenta, Leoš & Černý, Ivan & Maternik-Demontoux, Anna. (2016). Power Transformers and Environmental Protection. IFAC-PapersOnLine. 49. 18-22. 10.1016/j.ifacol.2016.10.693.
7. Л.А. Дарьян, В.П. Полищук, А.В. Шурупов. Бездуговые испытания высоковольтного маслонаполненного электрооборудования на взрывобезопасность // 3rd International Colloquium Transformer Research and Asset Management Split, Croatia, October 15 – 17, 2014
8. Мишуев А.В., Казеннов В.В., Громов Н.В. Устройство защиты электрического трансформатора от взрыва и пожара при коротком замыкании. Патент RU 2334332.
9. Манье Ф. Устройство для предотвращения взрыва электрических трансформаторов. Патент RU 2263989.

RESEARCH OF THE REASONS OF IGNITION OF POWER TRANSFORMERS

*Korytkina Nadezhda Stanislavovna, undergraduate of faculty of power EnBM-81;
Ilyushov Nikolay Yakovlevich, PhD in Technological Sciences, associate
professor of safety of work*

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl
Marx Ave., 20, ph. (952) 904-72-82

Korytkina N.S., email of korytkina_ns@mail.ru

Ilyushov N.Ya., e-mail of kamchatka1234@rambler.ru

The address for correspondence: Korytkina Nadezhda Stanislavovna,
Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx
Ave., 20,
ph. (952) 904-72-82

Annotation.

Identification of the reasons of damages and prevention of failures of power transformers plays an important role in ensuring normal functioning of process of generation and transfer of electric energy. Therefore the researches directed to the solution of the specified problems keep the relevance.

Keywords: transformer, turn-to-turn fault, insulation fault.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ СЕЛИТЕБНОЙ ЗОНЫ Г. НОВОСИБИРСКА

Красовская Анна Юрьевна, магистрант; Сторожко Ирина Вадимовна, студент; Удальцов Евгений Анатольевич, канд. ветеринар. наук, доцент

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

Красовская А. Ю., e-mail: anya777.96@mail.ru

Сторожко И. В., e-mail: storozhko.irisha@gmail.com

Удальцов Е. А., e-mail: ugodnic@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Удальцов Евгений Анатольевич, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск пр. Карла Маркса, 20, кафедра БТ, +7(952)900-88-74

Аннотация

В данной работе представлены основные результаты исследований почв на содержание тяжелых металлов. Определены влажность, рН и зольность почв, по значениям этих показателей сделаны некоторые предварительные суждения о закономерности миграции и аккумуляции тяжелых металлов в почве. Выявлено превышение предельно-допустимых концентраций следующих элементов: Cu, Pb, As, Ni, Cr, Zn. Максимальное загрязнение зафиксировано на расстоянии 0,4 км от Новосибирского оловянного комбината, с увеличением расстояния загрязнение почв снижается, но прослеживается даже в районе естественной парковой зоны.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почва, аккумуляция, миграция.

1. Введение

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами является всемирной проблемой, которая активировалась после промышленной революции и усиливается в настоящий момент из-за быстрой урбанизации и развития промышленности [1]. Во всем мире более 20 млн. га земли загрязнены следующими элементами: As, Cd, Cr, Hg, Pb, Co, Cu, Ni, Zn и Se, их содержание превышает фоновые и нормативные уровни [2].

Тяжелые металлы аккумулируются в объектах окружающей среды, что может поставить под угрозу функционирование водных и наземных экосистем. Основным хранилищем этих элементов является почва, сильное загрязнение которых может привести к появлению техногенных пустынь, избыточному поступлению тяжелых металлов в пищевые цепи, к болезням и гибели живых организмов, в том числе человека.

Загрязнение окружающей среды происходит в результате миграции

вредных веществ, генерируемых источниками загрязнения. Самыми мощными поставщиками тяжелых металлов являются металлургические предприятия [3].

В связи с этим, цель нашей работы заключается в оценке содержания тяжелых металлов в почвах селитебной зоны вблизи металлургического предприятия.

В Новосибирске крупным предприятием цветной металлургии является Новосибирский оловянный комбинат, расположенный в Кировском районе. На расстоянии примерно 1 км от него располагаются жилые комплексы, детские площадки. В 500-х метрах находится семейный торговый центр «Мега», а за ним дачные участки. На расстоянии 2-х километров от завода находится парк культуры и отдыха «Бугринская роща». В связи с этим, мы решили оценить воздействие данного предприятия на близлежащую селитебную зону.

2. Методика экспериментального исследования

В соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84 мы отобрали пробы почвенного грунта на расстоянии 0,45 - 2,3 км в 10 точках, расположенных к северо-востоку от промышленной площадки с учетом юго-западного направления розы ветров.

Все исследования проводились в лабораториях Института химии твердого тела и механохимии СО РАН.

Первоначально, в отобранных образцах по общепринятым методикам определили величину рН, зольности и влажности почвы.

После соответствующей пробоподготовки в соответствии с методикой ПНДФ 16.2.22.371-2011 методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной атомизацией определили содержание следующих элементов: медь, свинец, мышьяк, цинк, хром и никель.

3. Результаты и обсуждение

По определенным нами показателям (влажность, рН, зольность) можно предварительно сделать выводы об основных закономерностях распределения металлов в почве.

Исследуемые почвы характеризуются нейтральной и слабощелочной реакцией (рН от 6,93-8,47), следовательно, подвижность свинца будет незначительна, а мышьяк и цинк будут более подвижны, чем никель и медь [3].

По величине зольности можно судить о количестве зольных элементов питания (фосфор, калий, кальций) и органики в почве. Средняя зольность исследуемых образцов составляет 78% - это соответствует преимущественно минеральному составу почв, из которых растениями будет потребляться металлов больше, чем из органических почв [4].

Влажность изменяется в пределах от 11 до 23 %, то есть это почвы с непромывным режимом, и накопление металлов в них будет сильнее, чем во влажных почвах [4].

В результате сопоставления нормативов (ПДК для почвы), выявлено превышение по всем исследуемым элементам. Содержание металлов в зависимости от расстояния до промышленной площадки оловозавода представлено в таблице 1.

Таблица 1

Результаты исследований почв на содержание тяжелых металлов

Расстояние до объекта км	0,46	0,61	0,88	1,15	1,21	1,38	2,09	2,16	2,32	2,34	ПДК, мг/кг
Cu	75,2	83,7	59,3	52,8	42,8	32,3	25,0	34,8	27,3	15,5	3
Ni	48,3	37,6	41,9	39,2	40,6	41,4	35,4	56,3	32,9	29,9	4
Cr	44,2	36,0	26,0	40,1	38,6	41,9	33,5	35,3	45,4	25,6	6
Pb	108,6	192,1	77,5	59,8	48,2	38,8	36,7	29,2	23,4	17,4	6
As	134,7	68,3	149,9	75,5	17,2	24,4	41,1	12,2	4,1	5,8	10
Zn	95,7	459,5	99,8	112	57,4	38,2	41,8	108,3	112,8	24,4	23

Как видно из таблицы, концентрация для многих элементов уменьшается с увеличением расстояния от промышленной площадки завода. Стоит отметить, что загрязнение почв прослеживается даже в районе естественной парковой зоны (на расстоянии 2 и более км от оловокомбината).

4. Выводы

В ходе работы было определено содержание цинка, свинца, меди, никеля, хрома и мышьяка в почве селитебной зоны вблизи Новосибирского оловокомбината, и выявлен высокий уровень загрязнения почв данными элементами. Сделаны основные закономерности накопления и миграции химических элементов в почве, которые подтверждены полученными результатами.

Авторы выражают особую благодарность Шацкой Светлане Станиславовне, старшему научному сотруднику ИХТТМ СО РАН за оказанную помощь при проведении данного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Saeed A., Muhammad F., Aftab A. Integrated phytobial heavy metal remediation strategies for a sustainable clean environment // *Chemosphere*. 2019. – Vol. 217. P. 925-941.
2. Lianwen L., Wei L., Weiping S., Mingxin G. Remediation techniques for heavy metal-contaminated soils: Principles and applicability // *Science of the Total Environment*. 2018. – V. 633. P. 206 – 219.
3. Джувеликян Х. А., Щеглов Д. И., Горбунова Н. С. Загрязнение почв тяжелыми металлами. Способы контроля и нормирования загрязненных почв // Учебно-методическое пособие для вузов. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2009. - 22 с.
4. Иваненко Н. В. Экологическая токсикология: Учебное пособие. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2006. – 108 с.

THE CONTENTS OF HEAVY METALS IN THE SOILS OF THE RESIDENTIAL AREA OF NOVOSIBIRSK

Krasovskaya Anna Yurievna, master's Degree student; Storozhko Irina Vadimovna, student; Udaltsov Evgeny Anatolyevich, Cand. Sc. (Veterinary), associate Professor¹

Novosibirsk state technical university, Russia, 630073,
Novosibirsk, Prospekt Karla Marksa, 20

Krasovskaya A. Yu., e-mail: anya777.96@mail.ru

Storozhko I. V., e-mail: storozhko.irisha@gmail.com

Udaltsov E. A., e-mail: ugodnik@gmail.com

Address for correspondence: Udaltsov E. A., Novosibirsk state technical university, 630073, Russia, Novosibirsk, Prospekt Karla Marksa, 20, +7(952) 900-88-74

Abstract

This paper presents the main results of soil studies on the content of heavy metals. Humidity, pH and ash content of soils were determined, some preliminary regularities of migration and accumulation of heavy metals were made by the values of these indicators. Excess of maximum permissible concentrations of the following elements was revealed: Cu, Pb, As, Ni, Cr, Zn. The maximum pollution was recorded at a distance of 0.4 km from the Novosibirsk tin plant, with increasing distance, soil pollution is reduced, but can be traced even in the natural Park area.

Keywords: heavy metals, soil, accumulation, migration

МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ И СОСУДОВ ПОД ДАВЛЕНИЕМ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Нарушев Андрей Олегович, магистрант

Новосибирский государственный технический университет
630073, Россия, Новосибирск, просп. Карла Маркса, 20.

Нарушев А.О., email: andrey_auf@mail.ru

Аннотация. В статье раскрываются методы неразрушающего контроля, используемые для проведения экспертизы трубопроводов и сосудов под давлением в нефтехимической промышленности. Приведены и описаны наиболее часто используемые методы неразрушающего контроля, которые являются действенным инструментом в обеспечении безопасности эксплуатации оборудования. Так же в статье отображены основные положительные и отрицательные стороны того или иного метода контроля. Сделан вывод о целесообразности использования ряда методов дефектоскопии в рамках экспертизы промышленной безопасности.

Ключевые слова: обеспечение безопасности, неразрушающий контроль, экспертиза промышленной безопасности, нефтехимическая промышленность, трубопроводы и сосуды под давлением, дефектоскопия.

Нефтехимическая промышленность – отрасль обрабатывающей промышленности, охватывающая производство синтетических материалов и изделий преимущественно на основе продуктов переработки нефти и природных горючих газов. На предприятиях нефтехимической промышленности производятся различные продукты, такие как бензин, каучук, дизельное топливо, этилен, парафин, пропилен, смазочные материалы, полиэтилен, моющие средства, некоторые минеральные удобрения, резиновые изделия и многое другое.

В условиях эксплуатации на протяжении длительного времени трубопроводы подвергаются различным внешним и внутренним воздействиям, в результате чего происходит деградация материала, коррозионные повреждения, возникают и развиваются трещины усталости на поверхностях труб и другие виды дефектов [1].

Нефтехимическая промышленность – одна из лидеров, наряду с нефтегазовой промышленностью, по величине воздействия коррозионно-агрессивных сред на оборудование и трубопроводы [2]. Несмотря на то, что проектирование трубопроводов по современным кодам и технология изготовления и монтажа должны обеспечить реализацию назначенного ресурса, исключить возможность возникновения таких дефектов не удается. Чтобы

избежать серьезных последствий появления и развития дефектов, проводят различные обследования, применяя методы неразрушающего контроля.

Неразрушающий контроль – это незаменимый инструмент для выявления ряда внутренних и поверхностных дефектов, который широко применяется в техническом диагностировании и экспертизе промышленной безопасности. Он является действенным элементом технического диагностирования, так как позволяет получить объективные данные о дефектах и повреждениях оборудования без разрушения материалов [3].

История самого старого метода контроля показывает наглядный переход от сложного процесса реализации контроля, зависящего от человеческого фактора, к автоматизированным и экологически чистым методам в настоящее время [4]. В настоящее время обследования методами неразрушающего контроля следует производить в соответствии с нормативной документацией [5–7], что позволит существенно повысить показатель надежности при эксплуатации. Зарубежные же источники, в частности [8–10], рассматривают возможности применения методов неразрушающего контроля для повышения уровня точности результатов.

Для оценки технического состояния оборудования и трубопроводов нефтехимической промышленности чаще всего используют следующие основные виды неразрушающего контроля.

Визуальный и измерительный контроль. Используется для выявления поверхностных дефектов с помощью зрения и простейших измерительных средств, таких как: лупа, рулетка, штангенциркуль и т.п. Перечень дефектов, которые можно идентифицировать таким методом, варьируется в широком диапазоне: коррозия, трещины, деформации, эрозионный износ, дефекты сварных швов и другие. Визуальный контроль можно проводить не только с внешней стороны, но и с внутренней. В последнее время сильно развивается эндоскопирование (исследование внутренних полостей при помощи эндоскопа) при проведении этого вида контроля. Современные эндоскопы могут применяться для оценки состояния как вертикальных резервуаров, трубопроводов, так и сосудов под давлением. Визуальный и измерительный контроль, например, полимерных и композитных материалов, сварных соединений, сооружений и технических устройств, проводят с требованиями специально разработанной документации [11]. Инструкции базируются на правилах безопасности утвержденных Ростехнадзором. Это Простой и информативный метод контроля, не требующий какого либо дорогостоящего оборудования или специальных навыков. Достаточно высокая скорость проведения. К минусам данного типа контроля можно отнести ограниченность исследования только видимой части конструкции [12].

Радиационный контроль (рентгенографический). Применяется для проверки материалов на наличие скрытых дефектов. Радиографический контроль использует способность рентгеновских волн глубоко проникать в различные материалы. Такой вид преимущественно используется для контроля сварных соединений. Объект помещается между источником излучения и

устройством обнаружения (обычно это пленка, в которую радиация может проникнуть на протяжении требуемого промежутка времени). В результате фиксируется двумерная проекция образца с видимым скрытым изображением различной плотности в зависимости от количества излучения в каждой области. Радиографический контроль используется для обнаружения в сварных швах таких дефектов, как трещины, непровары, шлаковые включения, газовые поры и др. Такие дефекты, как расслоения и планарные трещины обнаружить с помощью рентгенографии трудно [13].

Акустическая эмиссия. Техническая диагностика, основанная на явлении возникновения и распространения упругих колебаний (акустических волн). Это пассивный метод неразрушающего контроля. Главная цель ее использования – это выявление трещин, разломов, расслоений, коррозионных процессов. При этом она помогает находить не статические, а развивающиеся дефекты. Именно они являются наиболее опасными, так как грозят серьезными неприятностями в самом ближайшем будущем. В отличие от других методов, контроль акустической эмиссией не требует применения каких-либо внешних источников сигнала. Он предполагает улавливание упругих колебаний, генерируемых самим проверяемым объектом, благодаря чему обеспечивается высокая точность обнаружения деформаций. Приборы для акустико-эмиссионного контроля включают в себя два преобразователя и комплект устройств для получения информации с датчиков, ее обработки и вывода на периферийное оборудование, каждый из которых регистрирует время улавливания сигнала [14].

Ультразвуковой контроль. Суть метода заключается в точечном излучении в объект и последующем принятии отраженных ультразвуковых колебаний с помощью специального оборудования (ультразвукового дефектоскопа) и дальнейшем анализе полученных данных с целью определения наличия дефектов, а также их эквивалентного размера, формы (объемный/плоскостной), вида (точечный/протяженный), глубины залегания и пр. В этот же раздел можно внести ультразвуковую толщиномирию (оценка фактического значения толщины стенок оборудования). Ультразвуковой контроль не разрушает и не повреждает исследуемый образец, что является его главным преимуществом. Возможно проводить контроль изделий из разнообразных материалов, как металлов, так и неметаллов. Кроме того можно выделить высокую скорость исследования при низкой стоимости и опасности для человека (по сравнению с рентгеновской дефектоскопией) и высокую мобильность ультразвукового дефектоскопа. Использование пьезоэлектрических преобразователей требует подготовки поверхности для ввода ультразвука в металл, в частности создания шероховатости поверхности не ниже определенного класса, в случае со сварными соединениям ещё и направления шероховатости (перпендикулярно шву). Ввиду большого акустического сопротивления воздуха, малейший воздушный зазор может стать непреодолимой преградой для ультразвуковых колебаний. Для устранения воздушного зазора, на контролируемый участок изделия предварительно наносят контактные жидкости, такие как вода, масло, глицерин [15].

Капиллярный контроль. Метод, основанный на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей (пенетрантов) в поверхностные и сквозные дефекты. Образующиеся индикаторные следы регистрируются визуальным способом или с помощью преобразователя. С помощью капиллярных методов определяется расположение дефектов, их протяженность и ориентация на поверхности. Контроль капиллярным методом проводится в соответствии с ГОСТ 18442. Капиллярная дефектоскопия применяется при необходимости выявления малых по величине дефектов, к которым не может быть применен визуальный контроль. Капиллярные методы используются для контроля объектов любых размеров и форм, изготовленных из черных и цветных металлов и сплавов, стекла, керамики, пластмасс и других неферромагнитных материалов. С помощью капиллярной дефектоскопии возможен контроль объектов из ферромагнитных материалов в случае, если применение магнитопорошкового метода невозможно в связи с условиями эксплуатации объекта или по другим причинам [16].

В заключении хочется отметить, что каждый из методов контроля обладает своими достоинствами и недостатками, поэтому применение различных методов в комплексе позволяет получить точные результаты. Использование целого набора методов способствует повышению качества технического диагностирования и повышает объективность результатов с ростом точности определения остаточного ресурса оборудования.

Таким образом, неразрушающий контроль является действенным инструментом обеспечения безопасности эксплуатации оборудования в нефтехимической промышленности.

Библиографический список

1. Афанасьев В.Б., Чернова Н.В. Современные методы неразрушающего контроля // Успехи современного естествознания. — 2011. — № 7 — С. 73–74.
2. Нигай А.Т., Носков С.Ю., Горбатов И.Н., Герасимов В.А., Зарва А.А. Обеспечение безопасной эксплуатации оборудования нефтегазовой промышленности // Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. — 2016. — № 2 (83) — С. 54–56.
3. Петин С.В., Сидоренко В.Г. Обзор методов дефектоскопии при обследовании трубопроводов // Молодой ученый. — 2016. — №2. — С. 194-199.
4. Сайфутдинов С.М. Капиллярный контроль: история и современное состояние. М., 2008.
5. СНиП III-18–75. Металлические конструкции. М., 1976.
6. ГОСТ 23118- 99. Конструкции стальные строительные. Общие технические условия. М., 2001.
7. Пособие по методам контроля качества сварных соединений металлических конструкций и трубопроводов, выполняемых в строительстве (к

СНиП Ш-18-75)/ ЦНИИ Проектстальконструкция им. Мельникова. – М.: Стройиздат, 1988.

8. Kline R.A., Hsiao C.P., Fidaali M.A. Nondestructive evolution of adhesively bonded joints // Trans.ASME: J.Eng. Mater and Technol. 1986. — 108. — N 3. p. 214–217.

9. Pollock A.A. Nondestructive Testing. 1969, — 9. — p. 178.

10. Defect Detection in Stainless Steel Uranus 45 FiG-Welded Joints // Materials Evaluation. 1987, -45, N 3, p. 348–352.

11. РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю. М., 2004.

12. Калиниченко Н.П., Калиниченко А.Н. Визуальный и измерительный контроль. Учебное пособие для подготовки специалистов I, II и III уровня. — Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2010. — 299 с.

13. Антипов В.С., Васильев В.Д., Удралов Ю.И. Радиографический контроль сварных швов // Дефектоскопия — 2015. — № 22 — С. 45–49.

14. Шайко-Шайковский А.Г., Богорош А.Т., Воронов С.А., Марченко Е.В. Обзор применения акустической эмиссии для выявления микро- и нанодфектов // Надежность и качество сложных систем — 2016. — № 1 (13) — С. 47–56

15. Сотникова Е.В., Цыганков Н.М., Богданов В.В. Методика ультразвукового контроля сварных швов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики систем — 2012. — № 1— С. 103–104

16. Коновалов Н.Н. Обоснование применения методов неразрушающего контроля для оценки качества сварных конструкций // Известия Томского политехнического университета — 2004. — № 7— С. 102–103

NON-DESTRUCTIVE CONTROL METHODS FOR ENSURING THE SAFE OPERATION OF PIPELINES AND VESSELS UNDER PRESSURE OF PETROCHEMICAL INDUSTRY

Narushev Andrey Olegovich, master's student, email: andrey_auf@mail.ru

Novosibirsk state technical University

630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20.

Abstract.

The article describes the methods of non-destructive testing used for the examination of pipelines and pressure vessels in the petrochemical industry. The most frequently used methods of non-destructive testing, which are an effective tool in ensuring the safety of equipment operation, are described and described. Also in the article the main positive and negative aspects of a particular control method are displayed. The conclusion is made about the expediency of using a number of flaw detection methods as part of industrial safety expertise.

Keywords: safety assurance, non-destructive testing, industrial safety expertise, petrochemical industry, pipelines and pressure vessels, defectoscopy.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ

*Никифорова Елена Валерьевна, магистрант; Илюшов Николай Яковлевич,
к.т.н., доцент*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (983)123-42-78

Никифорова Е.В., email: helen2151@mail.ru

Илюшов Н.Я., email: kamchatka1234@rambler.ru

*Адрес для корреспонденции: Никифорова Елена Валерьевна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. (983)123-42-78*

Аннотация

В статье приведены исследования причин возникновения пожаров на трансформаторных подстанциях, а также количественная оценка опасных факторов пожара при проливе трансформаторного масла. Актуальность данного исследования заключается в том, что в последние годы количество пожаров, возникших при эксплуатации электроустановок, увеличивается. Имеют место пожары также от разрядов молнии и статического электричества.

Ключевые слова: электроэнергетика; трансформаторные подстанции; масляные силовые трансформаторы; изоляция обмоток трансформатора; градиентные перенапряжения; взрыв; пожар; интенсивность теплового излучения.

Одним из главных условий повышения результативности пожарно-профилактической работы в области электроэнергетики, является исследование причин возникновения пожаров и взрывов в электроустановках, а также изучение нормативно-технических требований, обеспечивающих пожаро- и взрывобезопасность.

По статистическим данным МЧС России наибольшее количество пожаров произошло на трансформаторных подстанциях (более 4 тыс. пожаров в период 2005-2016гг.) [1].

Источниками пожарной опасности на трансформаторной подстанции являются:

- масляные силовые трансформаторы, автотрансформаторы и реакторы (далее – трансформаторы);
- силовые и контрольные кабели, изоляция и оболочки которых содержат горючие материалы;
- шкафы релейной защиты и управления с микропроцессорными и вычислительными устройствами;

– шкафы силовых распределительных устройств.

Наибольшую опасность представляют трансформаторы. Их системы изоляции и охлаждения связаны с использованием трансформаторного масла, количество которого, в зависимости от мощности трансформаторов, может составлять до 60 тонн. Количество масла определяет мощность трансформатора, температура кипения масла составляет 350-400°С [2].

Во время работы трансформаторов на изоляцию обмоток могут воздействовать внешние (грозовые) и внутренние (коммутационные, дуговые и др.) перенапряжения. Электромагнитные волны грозового происхождения, набегающие по линиям электропередачи на подстанции, приводят к возникновению импульсных перенапряжений в трансформаторах.

В обмотке трансформатора под действием приложенного импульсного напряжения развивается переходный процесс, приводящий к перенапряжениям на изоляции между соседними элементами обмотки – витками, катушками или слоями (на продольной изоляции) и на изоляции обмотки относительно заземленных частей трансформатора – магнитопровода и бака (на главной изоляции). Причиной переходного процесса является несоответствие начальных и установившихся напряжений (распределений этих напряжений) на элементах обмотки трансформатора. Из-за переходных процессов внутри обмотки возникают градиентные перенапряжения, которые определяются мгновенной разностью потенциалов соседних катушек и имеют длительность в несколько микросекунд или даже долей микросекунды.

В пустотах внутренней продольной изоляции образуются частичные разряды, то есть такие разрядные процессы в изоляции, которые распространяются лишь на часть изоляционного промежутка. Они возникают при перенапряжениях и могут сохраняться при рабочих напряжениях, тем самым за короткое время разрушают изоляцию, что влечёт к межвитковым замыканиям и появлению электрической дуги [3].

Возникновение электрической дуги приводит к недопустимому повышению давления в масляном баке. В результате этого происходит вскипание трансформаторного масла и его термическое разложение (пиролиз) на горючие газы (водород, метан, этилен и другие углеводороды). Источником пиролиза может быть и простой открытый огонь, занесенный извне, способный воспламенить газообразные продукты, выделяющиеся из бака в режиме нормальной эксплуатации.

Развитие пожара в трансформаторах на начальной стадии происходит следующим образом: вначале возникает очаг горения, пламя которого может достигать высоту 4-5 метров. Если на этой стадии пожар не потушен, то происходит разогрев масла, количество выделяющихся газообразных продуктов пиролиза увеличивается, масло от нагрева расширяется и начинает вытекать из бака через края, интенсивность горения возрастает. Если пожар не прекращается, то это приводит к взрыву (разрушению) трансформатора и растеканию горящего масла. Размеры пожара в этом случае определяются количеством выброшенного масла.

В работе приведен один из возможных сценариев развития пожара, заключающийся в разрушении одного из трансформаторов с горючей жидкостью (трансформаторным маслом), образованием объемного пролива в границах обваловки и последующем воспламенении пролива.

Вышеописанный процесс рассмотрен на примере объекта моего исследования – крупнейшего электросетевого комплекса «ТЛ1-ТЛ2», включающего в себя воздушные линии 110 кВ, транзитные линии и подстанцию 110/10 кВ «Животновод».

Наибольшую опасность на рассматриваемой подстанции представляют два трансформатора ТДН-16000/110. Общее количество трансформаторного масла в сумме составляет 29,8 тонн с номинальной мощностью 16 000 кВ·А каждый.

Произведен расчет в соответствии с Национальным стандартом РФ ГОСТ Р 12.3.047-2012 [4]. Результаты расчета сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты проведенных расчетов

r	X	b	A	B	C	D	E	F	F _v	F _н	F _q	τ	Q
10	14	3,4	5,47	4,08	3,38	0,73	0,98	3,24	0,13	0,00128	0,13	0,99	8,28
15	19	4,63	6,5	4,8	4,6	0,8	0,72	4,52	0,068	0,0007	0,068	0,99	4,33
20	24	5,8	7,5	5,8	5,7	0,84	0,57	5,7	0,046	0,00056	0,046	0,99	2,9
30	34	8,3	9,8	7,9	8,25	0,93	0,4	8,84	0,0182	0,00024	0,0182	0,99	1,16
40	44	11,01	12,4	10,5	10,95	0,91	0,3	10,96	0,0130	0,00014	0,0130	0,97	0,81

Таким образом, в результате произведенного расчета определена интенсивность теплового излучения на объекты, находящиеся на близлежащем расстоянии от границы очага пожара трансформатора, при ветре со скоростью $w_0 = 2$ м/с в направлении облучаемого объекта.

В соответствии с типичными значениями предельно допустимой интенсивности теплового излучения, приведенными в таблице В.2 ГОСТ Р 12.3.047-2012, расстояние 30 ÷ 40 метров от очага пожара является безопасным и не несет негативных последствий для человека и объектов, расположенных вблизи. Нахождение человека на расстоянии менее 30 метров от очага пожара является безопасным лишь для человека в брезентовой одежде (пожарного).

Максимальные расчётные значения получены на расстоянии менее 15 метров от очага пожара и являются небезопасными для человека и материалов, что соответствует следующим степеням поражения: непереносимая боль через 20-30 с, ожог 1-й степени через 15-20 с, ожог 2-й степени через 30-40 с, воспламенение хлопка-волокна через 15 мин.

Вывод

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что одним из ключевых шагов при проектировании новых и оценке существующих подстанций является определение возможных причин пожаров.

Взрыв трансформатора может произойти под действием как внешних

(грозовых), так и внутренних (коммутационных, дуговых) перенапряжений. Необходимо проводить проверки состояния изолирующего материала в процессе эксплуатации, чтобы своевременно выявлять развивающиеся разрушения и предотвращать аварийные отказы из-за частичных разрядов на оборудовании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2005-2015 году: статистический сборник. Статистика пожаров и их последствий / Под общ. ред. Матюшина А.В. М.: ВНИИПО МЧС России, 2006-2016. 124 с.
2. Пожарная безопасность электроустановок: учеб. пособие / В.К. Грунин, П.В. Рысев, В.К. Федоров, – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. – 139 с.
3. Техника высоких напряжений: учебное пособие / В.Ф. Важов, ТЗ8 Ю.И. Кузнецов, Г.Е. Куртенков, В.А. Лавринович, В.В. Лопатин, А.В. Мытников; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 208 с.
4. ГОСТ 12.3.047-2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. – Введ. с 01.01.2014 г.

STUDY OF THE CONDITION OF FIRE SAFETY OF ENERGY OBJECTS

Nikiforova Elena Valerievna, Master's Degree student,

e-mail: helen2151@mail.ru

Nikolay Yakovlevich Ilyushov, Ph.D.Eng.Sc.,

e-mail: kamchatka1234@rambler.ru

Novosibirsk State Technical University, 20 Prospect K. Marksa, Novosibirsk,
Russia, 630073

Abstract.

The article presents studies of the causes of fires at transformer substations as well as a quantitative assessment of the fire dangerous factors in a case of the transformer oil spillage. The relevance of this study lies in the fact that in recent years the number of fires that have arisen during the electric installations operation has increased. There are also fires caused by lightning and static electricity.

One of the main conditions for improving the effectiveness of fire prevention work in the field of electric power engineering is the study of the causes of fires and explosions in electric installations, as well as the study of regulatory and technical requirements ensuring fire and explosion safety.

Keywords: electric power engineering; transformer substations; oil power transformers; insulation of transformer windings; gradient overvoltage; explosion; fire; thermal radiation intensity.

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА НАРУШЕНИЙ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Остахов Денис Сергеевич, магистрант; научный руководитель: к.т.н, доцент, Тихонова Ольга Васильевна

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

Остахов Д.С., email d_ostakhov95@mail.ru

Тихонова О.В., email tihonova.olga654@yandex.ru

Адрес для корреспонденции: Остахов Денис Сергеевич, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (923)17-17-565

Аннотация

Своевременное выявление профессиональных рисков позволяет значительно сократить возможные финансовые потери, связанные с травматизмом работников, обеспечить их безопасность и непрерывность производственного процесса. Оценка профессиональных рисков даёт возможность повысить эффективность и обоснованность принятия решений о финансировании мероприятий по охране труда и выявить приоритетные направления деятельности в области охраны труда.

В данной статье приводится алгоритм оценки и управления профессиональными рисками на предприятии пищевой промышленности города Новосибирск. Затем для определения вероятности наступления ущерба в ОАО «Сибирский-Гурман» Новосибирск используются как отдельно, так и в совокупности следующие методы исследования:

- анализ статистических данных;
- метод логического анализа дерева событий;
- метод вербальных функций;
- экспертную оценку специалистов в данной области.

Цель исследования - повышение эффективности и обоснованности принятия решений об управлении охраной труда на основе результатов оценки профессиональных рисков.

Ключевые слова

Риск; оценка рисков; ущерб здоровью; идентификация опасностей; опасный фактор; вредный фактор.

Введение

В настоящее время в Российской Федерации для обеспечения безопасных условий и охраны труда необходимо осуществлять расчет и управление профессиональными рисками [1].

Основной целью оценки профессионального риска является предоставление на основе объективных свидетельств информации, необходимой для принятия обоснованного решения относительно способов снижения риска [2].

Оценка профессионального риска обеспечивает:

- понимание потенциальных опасностей и воздействия их последствий на достижение установленных целей организации;
- получение информации, необходимой для принятия решений;
- понимание опасности и ее источников;
- идентификацию ключевых факторов, формирующих риск, уязвимых мест организации и ее систем;
- возможность сравнения риска с риском альтернативных организаций, технологий, методов и процессов;
- обмен информацией о риске и неопределенностях;
- информацию, необходимую для ранжирования риска;
- предотвращение новых инцидентов на основе исследования последствий произошедших инцидентов;
- выбор способов обработки риска;
- соответствие правовым и обязательным требованиям;
- получение информации, необходимой для обоснованного решения о принятии риска в соответствии с установленными критериями;
- оценку риска на всех стадиях жизненного цикла продукции;
- определяет базовый уровень опасности в организации для сравнения и оценки непрерывного совершенствования системы управления охраной труда в организации;
- позволяет стать основанием для принятия решений о применении или совершенствовании системы управления охраной труда.

Деятельность по оценке профессиональных рисков осуществляется в рамках деятельности комитета (комиссии) по охране труда. При необходимости к работе могут привлекаться внешние экспертные организации, имеющие опыт работы по данному вопросу. Схема оценки профессионального риска представлена на рисунке 1.



Рис. 1 – Схема оценке профессионального риска

Материалы и методы

Оценку рисков на рабочем месте производят с использованием формулы (1) в такой последовательности[3]:

$$R = \sum_{i=1}^N P_i * U_i \quad (1)$$

где N - количество дискретных значений возможных ущербов (одного типа, одной размерности) или объединяющих их групп;

P_i - вероятность наступления дискретных значений ущерба здоровью и жизни работника;

U_i - дискретное значение ущерба здоровью и жизни работника.

1) Идентифицируют опасности и при необходимости их проявления.

2) Каждой идентифицированной опасности ставят в соответствие возможный ущерб и соответствующий ему весовой коэффициент (таблица 1).

Таблица 1

ТРЕХУРОВНЕВАЯ ШКАЛА ТЯЖЕСТИ УЩЕРБА

Тяжесть ущерба	Весовой коэффициент	Вербальное описание ущерба
Малый	5	Пострадавшему работнику не требуется оказания медицинской помощи; в худшем случае 3-дневное отсутствие на работе
Средний	10	Пострадавшего работника доставляют в организацию здравоохранения или требуется ее посещение; отсутствие на работе до 30 дней; развитие хронического заболевания
Большой	15	Несчастный случай вызывает серьезное (неизлечимое) повреждение здоровья; требуется лечение в стационаре; отсутствие на работе более 30 дней; стойкая утрата трудоспособности или смерть

3) Определяют качественные значения вероятностей наступления ущербов и исхода, не связанного с наступлением ущерба, и соответствующие им весовые коэффициенты с использованием вербального описания вероятностей (частот) (таблица 2). Численные значения указанных вероятностей (частот) рассчитывают по формуле (2).

Таблица 2

ТРЕХУРОВНЕВАЯ ШКАЛА ВЕРОЯТНОСТЕЙ (ЧАСТОТ)

Вероятность	Весовой коэффициент	Вербальное описание вероятностей (частот) проявления опасностей и наступления ущерба
Низкая	1	Опасность или ее проявления, которые могут вызвать определенный ущерб, не должны возникнуть за все время профессиональной деятельности работника
Средняя	3	Опасность или ее проявления, которые могут вызвать определенный ущерб, возникают лишь в определенные периоды профессиональной деятельности работника
Высокая	7	Опасность или ее проявления, которые могут вызвать определенный ущерб, возникают постоянно в течение всей профессиональной деятельности работника

$$P_j = \frac{A_i}{\sum_{j=1}^{k+1} A_j} \quad (2)$$

4) Путем перемножения численных значений вероятностей (частот) наступления ущербов на соответствующие весовые коэффициенты ущербов определяют риски по каждой из идентифицированных опасностей.

5) По шкале оценки значимости рисков оценивают значимости рисков по каждой из идентифицированных опасностей (см. таблицу 3).

Таблица 3

ТРЕХУРОВНЕВАЯ ШКАЛА ОЦЕНКИ ЗНАЧИМОСТИ РИСКОВ

Интервал значений риска	$0 < R \leq 5$	$5 < R \leq 10$	$10 < R \leq 15$
Значимость риска	Низкий	Умеренный	Высокий

6) Путем сложения рисков для каждой идентифицированной опасности на рабочем месте определяют общий риск.

7) По шкале оценки значимости рисков оценивают значимость риска на рабочем месте (таблица 3).

Результаты и обсуждение

По алгоритму представленному выше был определен ущерб от идентифицированных опасностей и качественного значения вероятностей на примере профессии укладчик-упаковщик производственной линии. Результат данной оценки:

Таблица 4

Определение возможного ущерба от идентифицированных опасностей и качественного значения вероятностей на примере профессии укладчик-упаковщик производственной линии

Идентифицированные опасности	Механические
Источник возможного возникновения или при каких видах работ вероятен	затягивание в подвижные части конвейерных аппаратов элементы одежды, частей тела
Возможный ущерб	Большой (травмы конечностей и тела)
Весовой коэффициент ущерба	15
Качественное значение вероятности наступления ущерба	Высокая (прецеденты присутствуют)
Весовой коэффициент вероятности наступления ущерба	7
Численное значение вероятности наступления ущерба (формула 2)	0,218
Риски по идентифицированным опасностям	3,27
Оценка значимости риска по отдельной опасности	низкая
Риск на рабочем месте	9,655
Оценка значимости риска на рабочем месте	Умеренный

Заключение

Таким образом, метод оценки профессионального риска с использованием трёхуровневых шкал тяжести ущерба, вероятностей и значимости рисков является универсальным, его можно применять как для отдельно взятой профессии, так и для цеха, участка, предприятия или отдельного вида экономической деятельности, он позволяет оценить как риск для здоровья работников, так и риск возникновения производственных травм, ранжировать профессии по уровню безопасности, дает возможность разработки соответствующих мероприятий по снижению риска, на основе данных, приведенных в Карте безопасности труда, а также позволяет проводить сравнение первоначального состояния охраны труда, с текущим.

Данный метод использовался для определения возможного ущерба от идентифицированных опасностей и качественного значения вероятностей на предприятии пищевой промышленности ОАО «Сибирский-Гурман» Новосибирск.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019);
2. Левашов С.П. Профессиональный риск: методология системного анализа и моделирования. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2008- 156 с
3. ГОСТ Р 12.0.010-2009 ССБТ. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков

ASSESSMENT OF PROFESSIONAL RISK OF VIOLATIONS OF HEALTH OF WORKERS OF THE FOOD INDUSTRY

Denis Sergeevich Ostakhov, master student; Scientific adviser: Ph.D., associate professor, Olga Vasilyevna Tikhonova

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

D.S. Ostakhov, email d_ostakhov95@mail.ru

O.V. Tikhonova, email tihonova.olga654@yandex.ru

Address for correspondence: *Denis Sergeevich Ostakhov*, Novosibirsk State Technical University, Karl Marks Ave., 20, Novosibirsk, 630073, Russia, tel. (923)17-17-565

Abstract

Timely identification of professional risks will allow to reduce considerably possible financial losses, the bound to traumatism of workers, to ensure their safety and the continuity of production. Assessment of professional risks will allow to increase effectiveness and validity of a decision making about financing of actions for labor protection and to reveal priority activities in the field of labor protection.

The algorithm of assessment and management of professional risks at the enterprise of the food industry of the city of Novosibirsk is given in this article. Then for determination of probability of approach of damage in JSC Sibirsky-Gurman Novosibirsk the following research techniques are used both separately, and in total:

- analysis of statistical data;
- method of the logical analysis of a tree of events;
- method of verbal functions;
- expert assessment of experts in the field.

Research objective - increase in effectiveness and validity of a decision making about management of labor protection on the basis of results of assessment of professional risks.

Keywords

Risk; risk assessment; damage to health; identification of dangers; dangerous factor; harmful factor.

ПРИЗНАНИЕ ПРИГОДНОСТИ К ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИАЦИОННОГО ИСТОЧНИКА, ПУНКТА ХРАНЕНИЯ

Салин Николай Владиславович, магистрант;

Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (923)189-44-41

Салин Н.В., email Nikolay-nasdaq@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Салин Николай Владиславович,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (923)189-44-41

Аннотация

Особенности предоставления права на «эксплуатацию радиационных источников» по видам деятельности в соответствии с действующим законодательством в области использования атомной энергии «ФЗ №170 от 21.11.1995г «Об использовании атомной энергии» со стороны органов государственного регулирования в области использования атомной энергии.

Особенности процедуры получения свидетельства «Признания пригодности к эксплуатации радиационных источников, пунктов хранения РВ и РАО организации осуществляющей заявленный вид деятельности в области использования атомной энергии» с наличием соответствующей лицензии на виды работ «эксплуатация радиационных источников» в соответствии со ст.4 ФЗ №170 от 21.11.1995г «Об использовании атомной энергии». [1]

Ключевые слова

Радиационный источник, пункт хранения, радиоактивные вещества, радиоактивные отходы, виды деятельности в области использования атомной энергии, свидетельство о пригодности к эксплуатации, органы государственного управления в области использования атомной энергии, органы государственного регулирования в области использования атомной энергии, свидетельство о пригодности эксплуатировать радиационный источник, нормы и правила, «СГУК РВ и РАО», радиоактивные отходы, физическая защита, объекты использования атомной энергии, виды деятельности в области использования атомной энергии.

Введение

Деятельность в области использования атомной энергии в видах предусмотренных статьей 4 ФЗ №170 «Об использовании атомной энергии от 21.11.1995», на сегодняшний день в Российской Федерации осуществляется только при наличии лицензии (разрешения). Лицензия на вид деятельности в области использования атомной энергии, выдается Федеральной службой по

экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), которые относятся к категории федеральных органов исполнительной власти.

Выдача лицензии соискателю лицензии (лицензиату) на виды деятельности в области использования атомной энергии, осуществляется согласно ведомственным документам Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Документ, разрабатываемый органами уполномоченными осуществлять государственный надзор в области использования атомной энергии, где далее именуется - административный регламент по оказанию государственной услуги по лицензированию деятельности в области использования атомной энергии «Приказ Ростехнадзора от 24.10.2017г №444». [1]

Теория методика и материалы экспериментального исследования

В настоящее время в Российской Федерации на уровне Правительства Российской Федерации, обозначен список органов государственного управления в области использования атомной энергии. Список органов государственного управления в области использования атомной энергии, который уполномочен выдавать и признавать пригодными к эксплуатации организации. В сложившейся практике, на сегодняшний день, механизм выдачи такого рода документов на федеральном уровне, отводится «Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», кроме процедуру выдачи «свидетельств о признании», осуществляют и ведомственные органы - Министерства. [3 – 7]

Медицинская организация

На примере исследуемом в данной статье, можно взять во внимание лечебное учреждение, в котором в силу действующего законодательства Российской Федерации в области использования атомной энергии, эксплуатируются радиационные источники. Примем во внимание, и исследуем механизм выдачи «свидетельств о признании пригодности для эксплуатации» на уровне типичного специализированного лечебного учреждения. Исследуемый вид деятельности а также объект данного вида деятельности, определены заранее Постановлением Правительства Российской Федерации № 412 от 03.07.2006г, является подведомственной организацией Министерства здравоохранения Российской Федерации. В соответствии таблицы 1. [3 – 7]

Таблица 1

Федеральные органы исполнительной власти (уполномоченные)

№ п.п.	Наименование органа государственного управления
1	Министерство обороны Российской Федерации
2	Министерство здравоохранения Российской Федерации
3	Министерство промышленности и торговли Российской Федерации
4	Министерство энергетики Российской Федерации
5	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
6	Федеральное агентство по недропользованию
7	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
8	Федеральное агентство морского и речного транспорта
9	Федеральное медико-биологическое агентство
10	Государственная корпорация по атомной энергии "Росатом"

Уполномоченные организации (государственное регулирование)

№ п.п.	Наименование органа государственного регулирования
1	Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
2	Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации
3	Федеральная служба по надзору в сфере природопользования
4	Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору
5	Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
6	Федеральное медико-биологическое агентство

Полнота действий

Представленное и изученное выше Постановление Правительства Российской Федерации, отражает требование и полноту требований статьи 34 Федерального закона «Об использовании атомной энергии». Проводя детально рассмотрение утвержденных рекомендаций со стороны Министерства здравоохранения Российской Федерации, в поле зрения попадает факт существенного количества пунктов указываемых в рекомендациях. Каждый пункт содержит информацию в части обеспечения радиационной безопасности, а также обеспечения безопасности в части использования атомной энергии «система государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в организации, физическая защита радиационного источника, пункта хранения радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в организации». [3 – 7], [10 – 13]

Обеспечение безопасности

Обеспечение безопасности как понятно стало при детальном изучении, носит комплексный характер. Приняв во внимание данный фактор, в реалиях сегодняшнего дня, зачастую рассматриваются для понятия термины «потенциальный риск», «человеческий фактор». Существующая система обеспечения безопасности на мировом уровне под руководством «МАГАТЭ», научилась с помощью системного анализа предварительно выявлять и сводить к минимуму появление негативных ситуаций в первой части «потенциальный риск», но вторая часть вопроса обеспечения безопасности «человеческий фактор», заставляет каждый раз исследовать, предпринимать различные действия, разрабатывать новейшие методики. [1 – 11], [12,13]

Федеральные нормы и правила

Проводя детальное изучение, ознакомление с рекомендациями сформулированными со стороны Министерства здравоохранения Российской Федерации, исследователь выделил некоторую особенность, которая состоит в большом внимании на понятие «физическая защита». Самостоятельно если рассматривать целую часть обеспечения безопасности, как и в обычном случае требование носит комплексный характер, но в случае обеспечения требований физической защиты, добавляется профессиональный термин «система государственного учета радиоактивных веществ и радиоактивных отходов». В соответствии с таблицей 3. [1]

Таблица 3

Федеральные нормы и правила

№ п.п.	Наименование	Область применения
1	НП-038-16	Общие положения обеспечения безопасности радиационных источников
2	НП-067-16	Основные правила учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в организации
3	НП-034-15	Правила физической защиты радиоактивных веществ, радиационных источников и пунктов хранения
4	НП-014-16	Правила расследования и учета нарушений при эксплуатации и выводе из эксплуатации радиационных источников, пунктов хранения радиоактивных веществ и радиоактивных отходов и обращении с радиоактивными веществами и радиоактивными отходами
5	НП-058-14	Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения
6	НП-091-14	Обеспечение безопасности при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии. Общие положения

Исследователь, проводя работу по формированию пакета документов, в большинстве случаев обращается и большую часть времени работает с Федеральным законом «Об использовании атомной энергии». Подтверждением все этому служит, описание требований предъявляемых к организациям лицензиатам, организациям (юридическим лицам) эксплуатирующим

радиационные источники, напомним читателю – медицинское учреждение. [1], [3 – 7]

Признание пригодности к эксплуатации

Прямая связь получения лицензии предоставляющей право на эксплуатацию радиационных источников в лечебном учреждении, прослеживается в обязательном предоставлении данной категории документа в составе пакета документов обосновывающих обеспечение безопасного вида деятельности в области использования атомной энергии, и не является документом предъявляемым заявителем в качестве предоставляемого по желанию соискателя лицензии. [3 – 7]

Выделяемой особенностью имеющую значительную долю, подразумевается отсутствие некоторого набора проектной документации, в виду того, что конструктивная часть здания «радиологического корпуса» выполнена в середине 60-х годов прошлого века. В настоящее время архивы с содержимым проектной документации данного лечебного учреждения претерпели значительные изменения, а некоторые были вовсе преобразованы в отдельные коммерческие учреждения в период массовой приватизации государственного имущества в начале 1990-х годов прошлого века. [3 – 7], [12,13]

Тотальная приватизация, последующая реструктуризация бывших государственных институтов, госучреждений, вносит негативный отпечаток на сохранность данного рода документов. Попытки ответственных должностных лиц объектов использования атомной энергии в лице руководителя организации не увенчались успехом, а лишь к сожалению только подтвердили опасение в отсутствии проектной документации на «радиологические корпуса», которые на пространстве бывшего СССР строились зачастую по типовым проектам, лишь некоторые конструктивные моменты зависели от региона строительства. [12,13]

В заключении исследователь также просит обратить читателя на главное, получение «свидетельства о пригодности к эксплуатации», позволяет в дальнейшем снижать риски в получении лицензии на право эксплуатировать радиационные источники, предоставляет право медицинской организации на получение субсидий со стороны Государственной корпорации «Росатом».

Заключение

Предварительно проработав над детальным исследованием выделяется значительная роль наличия документа выдаваемого органом государственного управления использования атомной энергии.

Особенность состоит в том, что исследователь не нашел четкого обозначения последовательности действий, лишь отчасти мы может принять факт того, что получать лицензию на вид деятельности в области использования атомной энергии, необходимо параллельно со свидетельством о признании пригодности к эксплуатации выдаваемого Министерством здравоохранения Российской Федерации в соответствии с действующим законодательством.

В дальнейшем лечебное учреждение способно претендовать на получение субсидии в полном праве, что в свою очередь позволяет оптимизировать финансовые затраты, которые при модернизации медицинского оборудования в

лечебном учреждении в значительной степени позволяют сократить расходы выделяемые на этапы вывода из эксплуатации, радиационных источников и последующей их модернизацией.

Список литературы

1. Федеральный закон от 21.11.1995 № 170-ФЗ (ред. От 18.03.2019) «Об использовании атомной энергии».
2. Федеральный закон от 11.07.2011 N 190-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" (с изм. и доп., вступающими в силу с 16.07.2013).
3. Постановление Правительства РФ от 03.07.2006 N 412 (ред. от 28.09.2018) "О федеральных органах исполнительной власти и уполномоченных организациях, осуществляющих государственное управление использованием атомной энергии и государственное регулирование безопасности при использовании атомной энергии".
4. Постановление Правительства РФ от 17.02.2011 N 88(ред. от 22.10.2012)"Об утверждении Положения о признании организации пригодной эксплуатировать ядерную установку, радиационный источник или пункт хранения и осуществлять собственными силами или с привлечением других организаций деятельность по размещению, проектированию, сооружению, эксплуатации и выводу из эксплуатации ядерной установки, радиационного источника или пункта хранения, а также деятельность по обращению с ядерными материалами и радиоактивными веществами".
5. Рекомендации по представлению документов согласно требованиям Постановления Правительства Российской Федерации от 17.02.2011 г. № 88.
6. Приказ Минздрава России от 23.10.2013г №776 (рекомендации организациям, подающим заявления в Минздрав России для формирования пакета документов).
7. Приказ Минздрава России от 23.10.2013 N 776 "О комиссии Министерства здравоохранения Российской Федерации по рассмотрению заявлений организаций, направляемых с целью признания их пригодными эксплуатировать ядерную установку, радиационный источник или пункт хранения и осуществлять собственными силами или с привлечением других организаций деятельность по размещению, проектированию, сооружению, эксплуатации и выводу из эксплуатации ядерной установки, радиационного источника или пункта хранения, а также деятельность по обращению с ядерными материалами и радиоактивными веществами".
8. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 N 47 "Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09" (вместе с

- "НРБ-99/2009. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности. Санитарные правила и нормативы").
9. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26.04.2010 N 40 (ред. от 16.09.2013) "Об утверждении СП 2.6.1.2612-10 "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)" (вместе с "СП 2.6.1.2612-10. ОСПОРБ-99/2010. Санитарные правила и нормативы").
 10. Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при лучевой терапии закрытыми радионуклидными источниками: Методические указания.–М.; Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2007. –46 с.
 11. Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики с помощью радиофармпрепаратов; Методические указания. – М.; Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 55с.
 12. Расчет и проектирование систем и средств безопасности труда (общие положения): учебное пособие / А.В. Гуськов, К.Е. Милевский. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – 87с.
 13. Расчет и проектирование средств индивидуальной защиты органов дыхания, зрения, слуха: учебное пособие / А.В. Гуськов, К.Е. Милевский, Ю.А. Волков. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 171с.

RECOGNITION OF THE SUITABILITY TO OPERATE A RADIATION SOURCE, STORAGE POINT

Salin Nikolay Vladislavovich, master's degree student;

Novosibirsk State Technical University, Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073,
Russia, tel. (923) 189-44-41

Salin N.V., email Nikolay-nasdaq@mail.ru

Address for correspondence: *Salin Nikolay Vladislavovich*, Novosibirsk State
Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (923)
189-44-41

Abstract.

The article reflects a causal relationship in the process of obtaining a license for "the right to exploit radiation sources" in a medical organization. A medical organization as defined in the article is subordinate to the Ministry of Health of Russia.

The article reflects the mechanism of interaction of a medical organization planning to be "recognized as suitable to operate a radiation source, a storage point".

The article describes the regulatory legal acts of the Russian Federation that regulate activities in the field of the use of atomic energy, note a feature in the operation of radiation sources.

Keywords: Radiation source, storage point, radioactive substances, radioactive waste, activities in the field of atomic energy use, certificate of serviceability, state administration bodies in the field of atomic energy use, government bodies in the field of atomic energy use, certificate of fitness to operate a radiation source, norms and rules, radioactive waste, physical protection, objects of atomic energy use, types of activities in the field of atomic energy use.

УДК 620.193

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РЕЗЕРВУАРА ПО КРИТЕРИЮ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА

*Сереброва Ольга Сергеевна, магистрант; Асеев Георгий Евгеньевич,
кандидат технических наук*

Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия,

г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19
Сереброва О.С., email olga.serebrova.95@mail.ru

Асеев Г.Е., email agebtnstu@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Сереброва Ольга Сергеевна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. +7 (913) 956-04-16

Аннотация

Проведена оценка остаточного ресурса резервуара, включающая в себя расчет глубины коррозии, расчет максимальной скорости коррозии, а также определен гарантированный остаточный срок службы элемента резервуара.

Ключевые слова: резервуар; коррозия; ресурс; износ; эксплуатация.

Введение

Резервуары являются необходимым элементом системы добычи, переработки и транспортирования нефти и нефтепродуктов. Вследствие обводнения хранимых нефтепродуктов резервуары подвергаются коррозии, которая приводит к утечке нефтепродуктов. Возникающие утечки, помимо существенных экономических потерь, сопряжены с большим экологическим ущербом и опасностью возникновения пожара и взрыва [1].

Таким образом, поддержание резервуаров в исправном состоянии является задачей обеспечения промышленной безопасности. В процессе решения этой задачи необходимо проводить диагностику состояния резервуаров и выполнять расчеты их остаточного ресурса [2].

Методика расчета

Оценка остаточного ресурса резервуаров по критерию коррозионного износа осуществляется согласно методике, изложенной в руководящем документе «Инструкция по диагностике и оценке остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров» [3]. Прогнозирование остаточного ресурса осуществляется на основе результатов проведенных периодических обследований резервуара: измерения фактических толщин стенки, днища и

покрытия. Данные измерений и обработки используются в расчёте остаточного ресурса по каждому конструктивному элементу резервуара [3].

Для проведения расчетов, была использована пластина с размерами 70см×30см, вырезанная из стального вертикального резервуара. Пластина имела значительные коррозионные повреждения.

На первом этапе расчета определяется максимальная глубина коррозии исследуемой конструкции. Максимальную вероятную глубину коррозии на всей поверхности, подлежащей обследованию, можно определить по формуле 1:

$$h_{max} = a[-\ln(-\ln(\frac{\gamma}{M}))]^{\frac{1}{b}} = 0.4\text{см} \quad (1)$$

Где γ - требуемая достоверность оценки, $\gamma = 0,95$;

M- показатель масштаба, находим по формуле 1.1:

$$M = \frac{F}{F_0} = 1,1 \quad (1.1)$$

F – площадь поверхности, подлежащая обследованию, $F=2100 \text{ см}^2$;

F_0 – площадь поверхности, приходящаяся на одно независимое измерение, $F_0 = 1900 \text{ см}^2$.

b-параметр Вейбула $b=2,7$, определяется по значению коэффициента вариации v глубины коррозии по поверхности, который равен $v=0,4$.

a-значение параметра масштаба, $a=0,45 \text{ см}$, определяется по формуле 1.2:

$$a = \frac{h}{K_b} = 0,34\text{см} \quad (1.2)$$

h-средняя глубина коррозии, $h=0,3\text{см}=3\text{мм}$;

K_b - параметр Вейбула, $K_b = 0,88$;

На втором этапе рассчитывается остаточный срок службы элемента резервуара по формуле 2:

$$T^i = \frac{\sigma_i - \sigma_m^i}{C^i} = 14 \text{ лет} \quad (2)$$

Где σ_i - средняя толщина i-го элемента, $\sigma_i=10\text{мм}$;

σ_m^i - минимально допустимая толщина i-го элемента, $\sigma_m^i=4\text{мм}$;

C^i - средняя скорость коррозии i-го элемента, $C^i=0,8 \text{ мм/год}$.

Максимальная скорость коррозии определяется из зависимости 3:

$$C_{max}^i = \frac{h_{max}}{T^i} = 0,03\text{см/год} \quad (3)$$

Гарантированный остаточный срок службы элемента резервуара по

критерию коррозионных повреждений вычисляется по формуле 4:

$$T_r^i = \frac{\sigma_{min}^i - [\sigma]_{min}^i}{C_{max}^i} = 20 \text{ лет} \quad (4)$$

Заключение

На основании полученных результатов расчета сделана оценка остаточного ресурса резервуара. Исходя из полученных оценок, рекомендуется дальнейшая эксплуатация с периодическим повторным обследованием; при необходимости следует провести ремонт нижнего пояса с заменой наиболее поврежденных элементов.

Рассмотренный метод оценки остаточного ресурса резервуаров позволяет не только более точно обосновать оценки полного или остаточного ресурсов, но и дает исходные данные для анализа рисков безопасной эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aloko Dare, Bright Edward. Corrosion Control of On-Grade Petroleum Products Storage Tank Bottoms using Impressed Current Cathodic Protection System with Continuous Anodesbed. CORROSION 2016, 6-10 March, Vancouver, British Columbia, Canada.
2. ГОСТ Р 52910–2008. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия. М. : Стандартинформ, 2008.
3. РД 153-112-017-97. Инструкция по диагностики и оценке остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров. Уфа, 1997.

ASSESSMENT OF RESIDUAL LIFE OF THE TANK BY THE CRITERION OF CORROSIVE WEAR

Serebrova Olga Sergeevna, graduate student; Aseev Georgiy Evgenyevich, candidate of technical Sciences

Novosibirsk State Technical University, Karl Marx Ave., 20, 630073, Russia
Serebrova O.S., email olga.serebrova.95@mail.ru

Aseev G.E., email agebtntstu@gmail.com

Address for correspondence: Serebrova Olga Sergeevna, Novosibirsk State Technical University, Karl Marks Ave., 20, Novosibirsk, 630073, Russia, tel. (913)956-04-16

Annotation

The estimation of the residual life of the tank, including the calculation of the depth of corrosion, the calculation of the maximum corrosion rate, as well as the guaranteed residual life of the tank element.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

*Слободян Андрей Валерьевич, магистрант; Поляков Юрий Олегович, к.т.н.,
доцент*

Новосибирский государственный технический университет, Россия
630073, Новосибирск, просп. Карла Маркса, 20.
Слободян А.В., email: slobodyan-andrei@mail.ru
Поляков Ю.О., email: yu.polyakov@corp.nstu.ru

Аннотация.

В соответствии с требованиями промышленной безопасности для диагностики объектов нефтехимической промышленности в последнее время применяют акустико-эмиссионный метод неразрушающего контроля (НК). Рассмотрены физические процессы генерации акустических волн, условия их распространения, регистрации и расшифровки полученной информации. Приведены особенности применения метода акустической эмиссии при контроле резервуаров для хранения нефтепродуктов.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, акустическая эмиссия, пьезоэлектрический преобразователь, акустический импеданс.

Важнейшей частью НК является дефектоскопия-выявление поверхностных и внутренних дефектов типа нарушений сплошности материалов изделий (трещин, расслоений, газовых раковин и т. п.). Для повышения достоверности и надежности обнаружения дефектов в объектах ответственного назначения в первую очередь применяют классические методы НК [1]. Перспективным направлением считается синтез методов для комбинированного применения в составе комплексной системы НК [2]. Достоверное диагностирование технического состояния крупных объектов невозможно без надежных интегральных методов НК зарождающихся дефектов. Одним из таких методов является метод акустической эмиссии (АЭ) [3]. Развитие дефектов вызывает изменение напряженно-деформированного состояния материала контролируемого объекта (КО). При достаточно высоких скоростях перехода из одного равновесного состояния в другое происходит выделение значительного количества упругой энергии в виде акустических волн ультразвукового диапазона, исходящих из локализованных областей материала. Активация таких источников АЭ в КО (рисунок 1) происходит под действием процессов, создающих в материале неравновесное состояние (например, нагрев или охлаждение, механическое нагружение и т. п.). Наиболее характерными примерами таких процессов в материалах являются образование и рост трещин. Поэтому основной областью применения АЭ в настоящее время считается

решение задачи выявления развивающихся в КО дефектов типа нарушений сплошности (трещин).

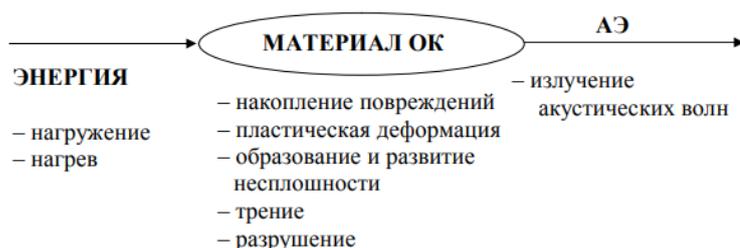


Рисунок 1. – Физические процессы, вызывающие АЭ.

Имеется прямая связь измеряемых параметров сигналов АЭ с характером развития дефектной структуры, не свойственная другим методам. Физические процессы, вызывающие АЭ, регистрируются специальными чувствительными преобразователями и измерительной аппаратурой.

Метод АЭ обеспечивает обнаружение и регистрацию только развивающихся дефектов, что позволяет классифицировать дефекты не по размерам, а по степени их опасности. В производственных условиях метод АЭ позволяет выявить приращение трещины на десятые доли миллиметра. Предельная чувствительность соответствует выявлению скачка трещины протяженностью 1 мкм на величину 1 мкм, что указывает на весьма высокую чувствительность к растущим дефектам. Свойство интегральности метода АЭ обеспечивает контроль всего объекта с использованием нескольких преобразователей, неподвижно установленных на поверхности объекта. Положение и ориентация дефектов не влияют на их выявляемость. Особенностью метода, затрудняющей его применение, является задача выделения сигналов АЭ из помех и их расшифровка, так как АЭ является случайным импульсным процессом (рисунок 2).

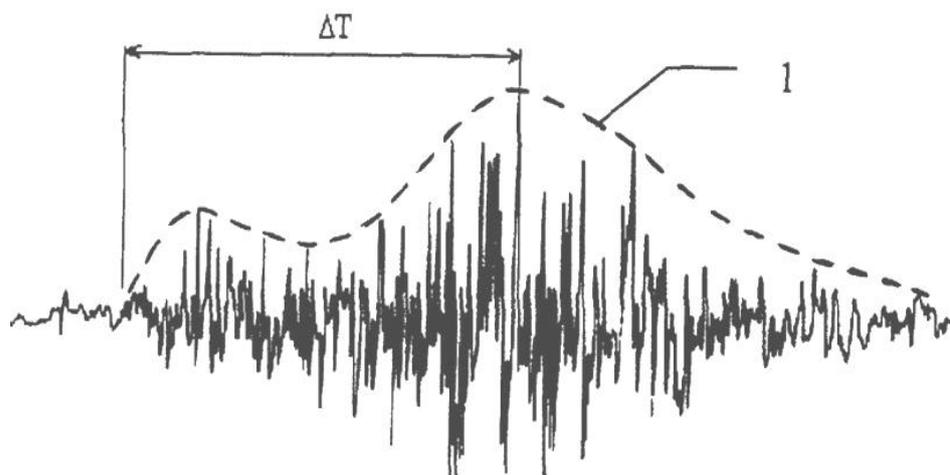


Рисунок 2. Сигнал АЭ на выходе преобразователя при развитии трещины.

1-огибающая сигнала; ΔT - условный полупериод сигнала.

В соответствии со статистическими данными монтажных организаций классификация причин отказов резервуаров по видам повреждений отражается следующим образом (Таблица 1).

Таблица 1- Классификация причин отказов резервуаров по видам повреждений

Причины отказа	Отказы (число)	%
Коррозионные повреждения	359	72,2
Дефекты сварных швов	16	3,2
Дефекты основного металла	10	2,0
Потеря геометрической формы	3	0,6
Отказ оборудования	109	22

Как следует из таблицы, большую часть повреждений, приведших к отказу оборудования, занимает коррозионный износ металла стенки и днища резервуара. При этом критериями предельного состояния резервуара являются:

- коррозионное утонение любого пояса стенки до исчерпания запаса прочности;
- коррозионное утонение поясов стенки, начиная со второго, до исчерпания запаса устойчивости;
- коррозионное утонение окрайки и центральной части днища до исчерпания запаса прочности;
- нарушение герметичности (образование хотя бы одного сквозного коррозионного повреждения).

Результаты анализа показывают, что аварий (разрушений) с катастрофическими последствиями не зафиксировано. Днище и первый пояс стенки относятся к наиболее значимым элементам конструкции РВС, связанных с влиянием следующих неблагоприятных эксплуатационных и технологических факторов:

- коррозией внутренней и внешней поверхности, обусловленной, соответственно, агрессивной средой хранимых продуктов и воздействием внешних факторов, в том числе перепадов температуры, осадков, уровня влажности воздуха и т. п.;
- качеством изготовления РВС, в том числе фундамента и основания;
- эффективностью электрохимической защиты (ЭХЗ).

По действующим правилам для контроля состояния металла днища и стенки РВС

рекомендовано использование следующих методов [4,5]:

– акустико-эмиссионное обследование (АЭ);

- другие методы НК.

Для проведения АЭ контроля рекомендован комплекс дефектоскопический акустико-эмиссионный ALINE-32D.

Ниже приведена рекомендуемая схема расположения датчиков при контроле донной части резервуара с нагружением наливом жидкости (рисунок 3).

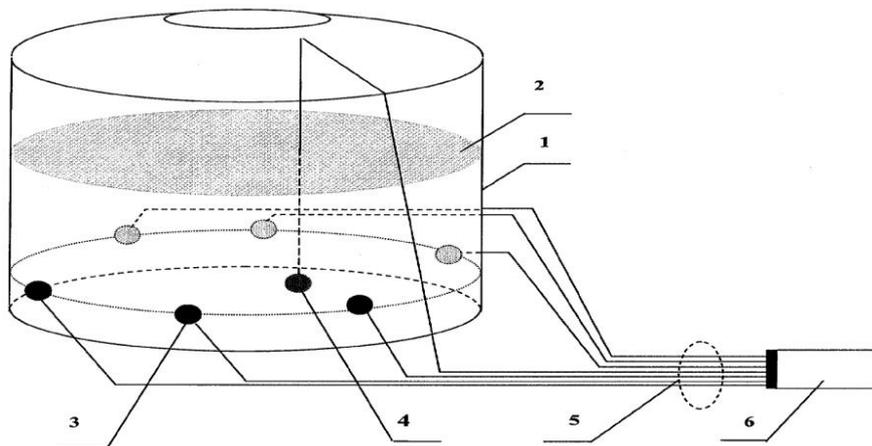


Рисунок 3. Схема проведения контроля дна резервуара типа РВС методом АЭ.

1-корпус резервуара; 2-уровень налива продукта; 3,4-преобразователи; 5-соединительные кабели; 6-электронное оборудование.

Каждый преобразователь акустической эмиссии (ПАЭ) должен устанавливаться непосредственно на поверхность объекта для обеспечения акустического контакта.

Координаты источников акустической эмиссии вычисляют с помощью прикладных программ методом триангуляции по разнице времени прихода сигналов на преобразователи, расположенные на поверхности КО.

При акустико-эмиссионном контроле резервуаров для хранения нефти, нефтепродуктов и других жидких сред используют максимальную величину нагрузки равную:

$$P_{\text{исп.}} = 1,05 \cdot P_{\text{раб.}}$$

При контроле объектов, испытываемых под налив, время выдержки их при максимальном допустимом уровне заполнения должно быть не менее 2 ч. Нагружение осуществляется гидростатическим способом путем налива соответствующего уровня жидкости. Испытания объекта подразделяют на предварительные и рабочие (рисунок 4) с программным изменением режимов нагружения.

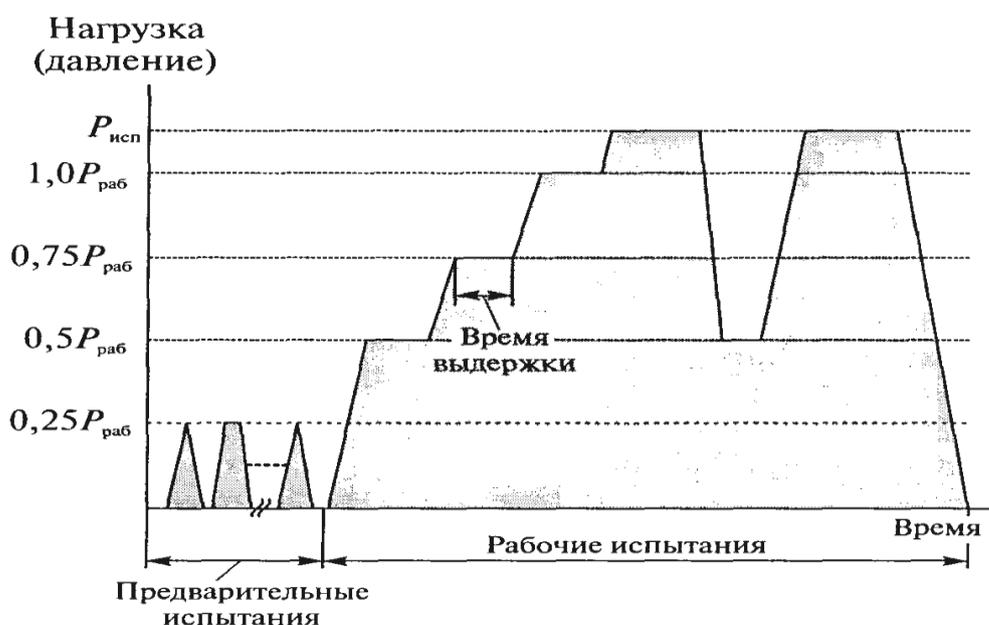


Рисунок 4. Типовая схема нагружения КО при контроле методом АЭ,

После обработки принятых сигналов результаты контроля представляют в виде идентифицированных и классифицированных источников АЭ:

- источник I класса - пассивный источник;
- источник II класса - активный источник;
- источник III класса - критически активный источник;
- источник IV класса - катастрофически активный источник.

Рекомендованы действия персонала, выполняющего АЭ контроль, при выявлении источников АЭ того или иного класса.

Источник I класса (пассивный):

- регистрируют для анализа динамики его последующего развития.

Источник II класса (активный):

- регистрируют и следят за развитием ситуации в процессе выполнения данного контроля;
- отмечают в отчете и записывают рекомендации по проведению дополнительного контроля с использованием других методов.

Источник III класса (критически активный):

- регистрируют и следят за развитием ситуации в процессе выполнения данного контроля;
- предпринимают меры по подготовке возможного сброса нагрузки.

Источник IV класса (катастрофически активный):

- производят немедленное уменьшение нагрузки до 0 либо до величины, при которой класс источника АЭ снизится до уровня II или III класса;
- после сброса нагрузки проводят осмотр объекта и при необходимости применяют контроль другими методами НК.

Библиографический список

1. Поляков Ю.О. Неразрушающие методы контроля качества боеприпасов : учеб. пособие. Ч. 1/ Ю.О. Поляков. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2009. - 80с.
2. Экспериментально-теоретические исследования быстропротекающих процессов : колл. монография / под ред. А.В. Гуськова. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. -262 с.
3. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, А.В. Ковалев и др.; Под ред. В.В. Клюева. 3-е изд. испр. и доп. - М.: Машиностроение, 2005. 656 с.
4. ПБ 03-593-03 Об утверждении правил организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов постановление от 9 июня 2003 г. №77.
5. ППБО-85 Правила пожарной безопасности в нефтяной промышленности.

APPLICATION OF THE ACOUSTIC EMISSION METHOD IN THE DIAGNOSIS OF STEEL TANKS

Slobodyan Andrey, master's student,
Polyakov Yuri Olegovich, Ph. D., associate Professor
Novosibirsk state technical University, Russia
630073, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20.
Slobodyan A.V., email: slobodyan-andrei@mail.ru
Polyakov Yu. O., email: yu.polyakov@corp.nstu.ru

Annotation.

In accordance with the requirements of industrial safety for the diagnosis of petrochemical facilities in recent years, often used acoustic emission method of non-destructive testing (NDT). Physical processes of acoustic waves generation, conditions of their propagation, registration and decoding of the received information are considered. The features of the application of the acoustic emission method in the control of tanks for storage of petroleum products.

Keywords: non-destructive testing, acoustic emission, piezoelectric transducer, acoustic impedance.

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ОБЪЕКТАХ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

*Таякина Наталья Алексеевна; Научный руководитель: Поляков Юрий
Олегович, к.т.н.*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20
Таякина Н. А., tayakina.natalia@yandex.ru

Аннотация.

В данной статье рассмотрена основная статистика аварийности и производственного травматизма на объектах нефтепереработки России и проанализированы их основные причины.

Ключевые слова: авария, пожар, выброс вредных веществ, опасный производственный объект, промышленная безопасность, система управления промышленной безопасностью.

На территории России действует 4721 опасный производственный объект нефтехимических, нефтегазоперерабатывающих производств и производств нефтепродуктообеспечения (далее - опасные производственные объекты) над которыми осуществляется надзор в области промышленной безопасности. В том числе из них:

- опасные производственные объекты I класса опасности - 416;
- опасные производственные объекты II класса опасности - 418;
- опасные производственные объекты III класса опасности - 3672;
- опасные производственные объекты IV класса опасности - 215 [1].

По официальной статистике Ростехнадзора в 2017 году на опасных производственных объектах произошло 19 аварий, что на одну больше чем годом ранее. Распределение аварий по отраслям промышленности представлено в таблице 1.

Таблица 1- Распределение аварий по отраслям промышленности

Отрасли промышленности	2016 г.	2017 г.
Нефтегазоперерабатывающие производства	12	14
Нефтехимические производства	3	2
Объекты нефтепродуктообеспечения	3	2
Объект не зарегистрирован в государственном реестре	0	1
Всего:	18	19

Как видно из таблицы 1, за 2017 год увеличилось количество аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающих производств, а количество аварий на опасных объектах нефтехимических производств и нефтепродуктообеспечения уменьшилось.

За 2017 год количество травмированных в результате аварии составило 13 человек, из них со смертельным исходом - 12, за тот же период 2016 года количество травмированных в результате аварии составило 23 человека, в том числе со смертельным исходом - 12. Статистические данные о распределении показателей травматизма со смертельным исходом на 2017 год не изменились по сравнению с 2016 годом (таблица 2).

Таблица 2 - Распределение смертельного травматизма по отраслям промышленности

Отрасли промышленности	2016 г.	2017 г.
Нефтегазоперерабатывающие производства	8	8
Нефтехимические производства	2	2
Объекты нефтепродуктообеспечения	2	2
Всего:	12	12

Динамика аварийности и производственного травматизма имеет скачкообразный характер, количество аварий и производственного травматизма со смертельным исходом на опасных производственных объектах на 2007-2017 гг. представлено на рисунке 1.

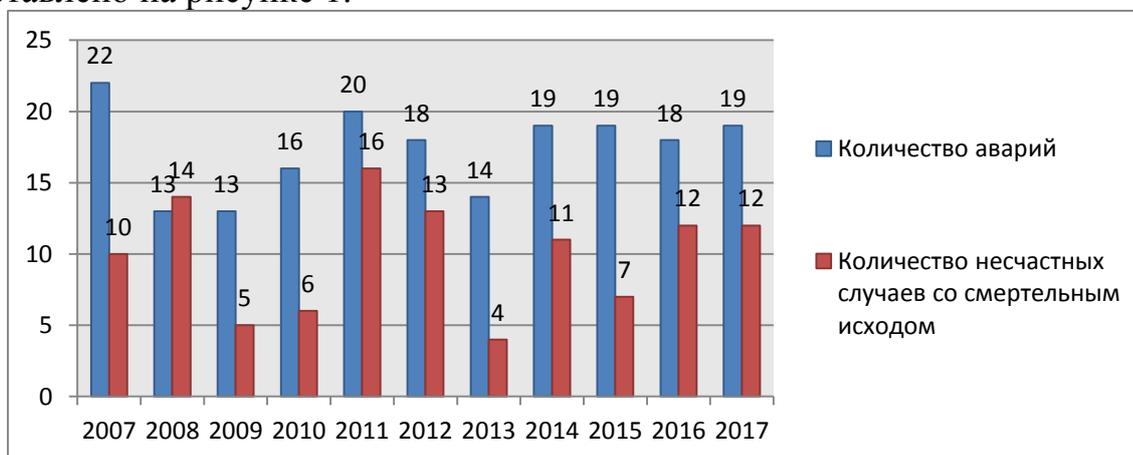


Рисунок 1 - Динамика аварийности и производственного травматизма со смертельным исходом на опасных производственных объектах в 2007-2017 годах.

В 12 случаях производственного травматизма в 2017 году причиной смертельного исхода являлось термическое воздействие.

К основным видам аварий на опасных производственных объектах нефтяной промышленности относят (таблица 3):

- взрывы;
- пожары;
- выбросы вредных веществ.

Таблица 3 - Распределение аварий по видам на опасных производственных объектах в 2016-2017 годах

Виды аварий	Количество аварий			
	2016 г.		2017 г.	
		%		%
Взрыв	8	44,4	6	31,6
Пожар	3	16,6	9	47,3
Выброс опасных веществ	7	39	4	21,1
Всего:	18	100	19	100

Анализ результатов технических расследований аварий показывает, что основными причинами возникновения аварий на производстве являлись:

- внутренние опасные факторы, которые связаны с разгерметизацией и разрушением технических устройств (причина 10 аварий);
- ошибки персонала, связанные с нарушением требований организации и производства газоопасных, огневых и ремонтных видов работ, а также организации работ по обслуживанию оборудования (причина 9 аварий).

Стоит отметить, что по данным Ростехнадзора, в результате проведения государственного надзора в 2017 году были выявлены 26 870 нарушений требований промышленной безопасности. Из них наиболее характерными являются:

- отсутствие систем управления технологическими процессами и противоаварийной автоматической защиты;
- неудовлетворительная организация и проведение работ по техническому обслуживанию и ремонту технологического оборудования, а также зданий и сооружений, в том числе повышенной опасности;
- несвоевременное проведение экспертизы промышленной безопасности технических устройств, а также их эксплуатация при отклонении регламентированных параметров при ведении технологических процессов;
- отсутствие аттестации в области промышленной безопасности руководителей и специалистов;
- неудовлетворительное ведение и оформление эксплуатационной документации (в том числе после проведения ремонтов и испытаний оборудования);
- неудовлетворительная организация и осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах.

В ходе проведения работы было выявлено, что динамика аварийности и производственного травматизма на опасных производственных объектах нефтяной промышленности имеет скачкообразный характер. По данным на 2017 год произошло 19 аварий, в 12 из 13 случаях травматизма в следствие этих аварий имел место смертельный исход.

Для уменьшения числа аварий и производственного травматизма на опасных производственных объектах нефтяной промышленности предложено:

- разработать систему управления промышленной безопасностью на объекте и организовать производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности;

- организовать работы по своевременному техническому обслуживанию и ремонту технологического оборудования;

- проводить периодический контроль за состоянием производственного оборудования и своевременное устранение неполадок;

- аттестовать руководителей и специалистов в области промышленной безопасности и охраны труда.

Библиографический список:

1. Контроль и надзор, лицензионная и разрешительная деятельность // Объекты нефтехимической и нефтегазоперерабатывающей промышленности и объекты нефтепродуктообеспечения // Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2017 году

2. Условия труда и производственный травматизм // Российский статистический ежегодник. 2017 г - Москва, 2017.

ANALYSIS OF ACCIDENTS AND INDUSTRIAL INJURIES AT THE FACILITIES OF OIL REFINING

Tayakina Natalia Alekseevna; supervisor: Polyakov Yuriy Olegovich, Ph. D.
Novosibirsk state technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073,
Russia

Tayakina N. A. tayakina.natalia@yandex.ru

Annotation.

This article discusses the main statistics of accidents and industrial injuries at oil refineries in Russia and analyzes their main causes.

Keywords: accident, fire, emission of harmful substances, hazardous production facility, industrial safety, industrial safety management system.

АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ САМОВОЗГОРАНИЯ СЕНА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ХРАНЕНИЯ

Тыныбаева Анар Кайратовна, магистрант; Илюшов Николай Яковлевич, кандидат технических наук

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)393-89-83

Илюшов Н.Я., e-mail kamchatka1234@rambler.ru

Тыныбаева А.К., e-mail tynybaeva_anara@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Илюшов Николай Яковлевич, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Аннотация

Для предотвращения возможности самовозгорания в местах складирования сена необходимо следить за условиями окружающей среды. Таким образом, одним из важнейших параметров является критическая температура окружающей среды, при которой возможно самовозгорание материала.

В работе определена критическая температура окружающей среды для самовозгорания сена, хранящегося в разных условиях.

Сделаны выводы и рекомендации по условиям обеспечения безопасности самовозгорания в сенохранилищах.

Ключевые слова

Самовозгорание, сено, критическая температура.

Методика расчета

Хранение сена в сенохранилище производится в цельном, измельченном и прессованном виде. При этом будет различной насыпная плотность сена ρ . Для цельного сена $\rho = 70 \text{ кг/м}^3$, измельченного – $\rho = 95 \text{ кг/м}^3$, прессованного при хранении без досушивания активным вентилированием – $\rho = 125 \text{ кг/м}^3$, и для прессованного сена при хранении с досушиванием активным вентилированием $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$. [1]

Условия теплового самовозгорания сена ранее изучались экспериментально, вследствие чего были получены значения параметров кинетики термоокисления - энергии активации реакции и предэкспоненциального множителя. [2]

Исходные данные для расчета представлены в таблице 1:

Таблица 1

Исходные данные для расчета

Материал	E, Дж/моль	Q* k ₀ /λ, м*К/(кг)	ρ, кг/м ³	c, Дж/кг*К	Q, Дж/кг
Цельное сено	179050	8,67*10 ²²	70	1294	14,7
Измельченное сено	179050	8,67*10 ²²	95	1294	14,7
Прессованное сено без досушивания	179050	8,67*10 ²²	125	1294	14,7
Прессованное сено с досушиванием	179050	8,67*10 ²²	100	1294	14,7

Примечание: E – энергия активации реакции окисления, Qk₀/λ – предэкспоненциальный множитель, ρ – насыпная плотность материала, c – теплоемкость исследуемого материала, Q – теплота реакции.

Расчет параметра Франк-Каменецкого

Параметр Франк-Каменецкого (δ₀) – критерий подобия, определяющий отношение скорости разогрева реакционного сосуда к скорости теплоотдачи. Исходными данными для его расчета являются форма и размеры компактной укладки материала при складировании.

Примем, что сено уложено в штабель, представляющий собой параллелепипед шириной 4,6 м, длиной 15,8 м и высотой 4 м. В расчете используются половины сторон: a, b, и c (a – наименьшая сторона), а также p = b/a, q = c/a. Отношение квадрата характерного размера a к квадрату радиуса эквивалентной сферы Франк-Каменецкого R₀ вычисляем по формуле (1):

$$\frac{a^2}{R_0^2} = \frac{2}{3\pi} \left[\arctg\left(\frac{pq}{\sqrt{1+p^2+q^2}}\right) + \frac{1}{p^2} \arctg\left(\frac{q}{p\sqrt{1+p^2+q^2}}\right) + \psi \right] \equiv \Omega \quad (1)$$

$$\text{где } \psi = \frac{1}{q^2} \arctg\left(\frac{p}{q\sqrt{1+p^2+q^2}}\right) + \frac{\sqrt{1+p^2+q^2}}{pq}$$

Подставляя p и q в эти равенства, получаем:

$$\frac{a^2}{R_0^2} = 0,467,$$

тогда R₀² = $\frac{2^2}{0,467}$ = 8,565 – средний радиус эквивалентной сферы Франк-

Каменецкого.

Средний радиус эквивалентной сферы Семенова определяется по формуле (2):

$$R_s = \frac{3V}{S}, \quad (2)$$

где V – объем упаковки материала, м³; S – ее внешняя поверхность, м².

$$R_s = \frac{3 \cdot 4,6 \cdot 15,8 \cdot 4}{2(4,6 \cdot 15,8 + 15,8 \cdot 4 + 4,6 \cdot 4)} = 2,826$$

Определяем отношение квадратов радиусов эквивалентных сфер Франк-Каменецкого и Семенова:

$$\sigma = \frac{R_0^2}{R_s^2} = \frac{8,565}{2,826^2} = 1,072$$

Фактор формы прямоугольного бруса находим по формуле (3):

$$j = 3\sigma - 1 \quad (3)$$

$$j = 3 \cdot 1,072 - 1 = 2,216$$

Функция $F(j)$ определяется по формуле (4):

$$F(j) = \frac{2j + 6}{j + 7} \quad (4)$$

$$F(j) = \frac{2 \cdot 2,216 + 6}{2,216 + 7} = 1,13$$

Теперь рассчитаем величину параметра Франк-Каменецкого (5):

$$\delta_0 = \frac{3F(j)a^2}{R_0^2} \quad (5)$$

$$\delta_0 = \frac{3 \cdot 1,13 \cdot 4}{8,565} = 1,583$$

Расчет критической температуры.

Используем формулу зависимости критического значения параметра Франк-Каменецкого от кинетических параметров реакции окисления [2], чтобы найти T_0 , подставив полученную в п.5 величину δ_0 вместо $\delta_{кр}$:

$$\delta_0 = \frac{Q \cdot \rho \cdot k_0}{\lambda} \cdot \frac{E}{RT_0^2} r^2 \cdot e^{-E/RT_0} \quad (6),$$

Для решения данного нелинейного уравнения (6) относительно температуры T_0 был использован метод бисекции. Для различных плотностей были получены следующие значения, представленные в таблице 2:

Таблица 2

Критическая температура окружающей среды для сена разной плотности

ρ , кг/м ³	70	95	100	120
T_0 , К	374.6910159351	372.6409665258	372.2988685136	371.0880420789

С помощью полученной величины по формулам (7) и (8) рассчитаем параметры:

$$\gamma = \frac{cRT_0^2}{QE} \quad (7)$$

где γ – параметр, определяющий выгорание вещества, и

$$\beta = \frac{RT_0}{E} \quad (8)$$

где β – параметр, характеризующий реакцию окисления.

При размерах складирования, превышающих 1 м, безразмерное значение критического параметра Франк-Каменецкого, учитывающего выгорание вещества и свойства реакции горения, определяется по формуле (9):

$$\delta_{кр} = \delta_0 \cdot (1 + 2,4 \cdot \gamma^{2/3}) \cdot (1 + \beta) \quad (9)$$

$$\delta_{кр} = 1,583 \cdot (1 + 2,4 \cdot 0,00039^{2/3}) \cdot (1 + 0,014) = 1,886$$

Таблица 2.

Результаты расчета параметров γ, β , и $\delta_{кр}$

ρ , кг/м ³	70	95	100	120
γ	0,00057385	0,00056759	0,00056655	0,0005626
β	0,0174	0,0173	0,01728	0,01723
$\delta_{кр}$	1,637236	1,636880926	1,636816372	1,636612787

Решая уравнение (6) относительно температуры с учетом $\delta_{кр}$, получим $T_0 = 362$ К или 87 °С.

Таблица 2.

Результаты расчета критической температуры окружающей среды

ρ , кг/м ³	70	95	100	120
T_0	374,9185709440	372,8645434185	372,5217645153	371,3086400170
ΔT_0	0,227555009	0,223576893	0,222896002	0,220597938

Новые значения критической температуры отличаются от предыдущих менее чем на 1 °С. Следовательно, самовозгорание штабеля сена с характеристическим размером 2 м возможно при температурах воздуха выше 371 К или 98 °С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по проектированию хранилищ сена (для животноводческих комплексов и ферм). – М.: Гипронисельхоз, 1988. – 12 с.
2. Методика обеспечения пожарной безопасности складирования самовозгорающихся материалов. – М.: ВНИИПО, 2008. – 46 с.

ANALYSIS OF THE HAZARD OF HAY'S SELF-IGNITION.

Tynybayeva Anar Kayratovna, master's degree student; Ilyushov Nikolay Yakovlevich, candidate of technical Sciences

Novosibirsk State Technical University, 630073, Novosibirsk, Russia, Prospekt Karla Marksa, 20, tel. (913)393-89-83

Ilyushov N. I., e-mail kamchatka1234@rambler.ru

Tynybayeva A. K., e-mail tynybaeva_anara@mail.ru

Correspondence address: Nikolay Yakovlevich Ilyushov, Novosibirsk State Technical University, 630073, Novosibirsk, Russia, Prospekt Karla Marksa, 20.

Abstract

It is necessary to monitor the temperature regime to prevent the possibility of spontaneous combustion in places of storage of hay. That's why one of the most important parameters is the critical ambient temperature, at which the material can spontaneously ignite.

The work determined the critical ambient temperature for spontaneous combustion of hay stored in different conditions.

Conclusions and recommendations on the conditions for ensuring the safety of spontaneous combustion in the hay storage are made.

Keyword

Spontaneous combustion, hay, critical temperature.

РАЗРАБОТКА ПЛОЩАДКИ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ БОЕПРИПАСОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ПОДХОДОВ (МЕТОДОВ)

*Шаризанова Н. В.; Копаненко А.С.; Таскаева Д. А.; Научный руководитель:
к.т.н. К.Е. Милевский*

Новосибирский государственный технический университет,

Г. Новосибирск, nailyayalian@gmail.com, kopanenko.2014@stud.nstu.ru,
taskaeva.2014@stud.nstu.ru

Аннотация.

Задачей данной статьи, рассмотреть варианты усовершенствования установок по расснаряжению боеприпасов, а также разработки новой промышленной площадки по устранению устаревших боеприпасов.

Великая Отечественная война закончилась 74 года назад, но снаряды того времени находят и по сей день. С каждым годом таких находок становится все больше и больше, так как, рельеф поверхности земли имеет свойство к движению и инородные тела поднимаются с каждым годом на пару сантиметров. Так, в 2010 г. во время ремонта теплотрассы в траншее на просп. Маршала Жукова обнаружили сразу 900 штук. Такие снаряды подлежат немедленной утилизации. [1]

Не использованные боеприпасы с истекшим сроком хранения являются источником чрезвычайных ситуаций, и их долгое хранение на складах приводит к возгораниям, детонациям и взрывам (Рисунок 1).

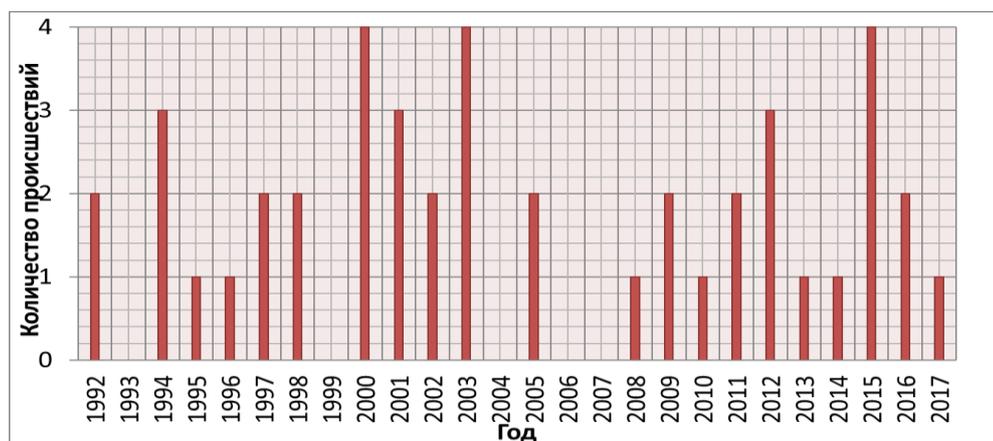


Рисунок 1 – Диаграмма ЧС на складах в период с 1992-1997гг.

Например, 23 августа на полигоне Ашулук в Астраханской области, на котором велась утилизация списанных боеприпасов, при выгрузке реактивных

снарядов для установок "Град" взорвался один из снарядов, что привело к детонации других. В результате ЧС шестеро военнослужащих погибли, еще 12 получили ранения, двое из них впоследствии скончались в больнице.[2]

Утилизация боеприпасов происходит либо полным уничтожением (взрыванием, сжигание, потоплением и т.д.), либо расснаряжением боеприпасов с последующей переработкой взрывчатых веществ и элементов корпусов боеприпасов. Уничтожению подлежат боеприпасы и их элементы опасные в служебном обращении, разрядка которых опасна, экономически нецелесообразна или технически невозможна. [3]

Так рассматривается внедрение новых методов утилизации устаревших боеприпасов, а также разработка промышленной площадки (Рисунок 2), где будут проводиться работы по расснаряжению и уничтожению устаревшего сырья. [4]

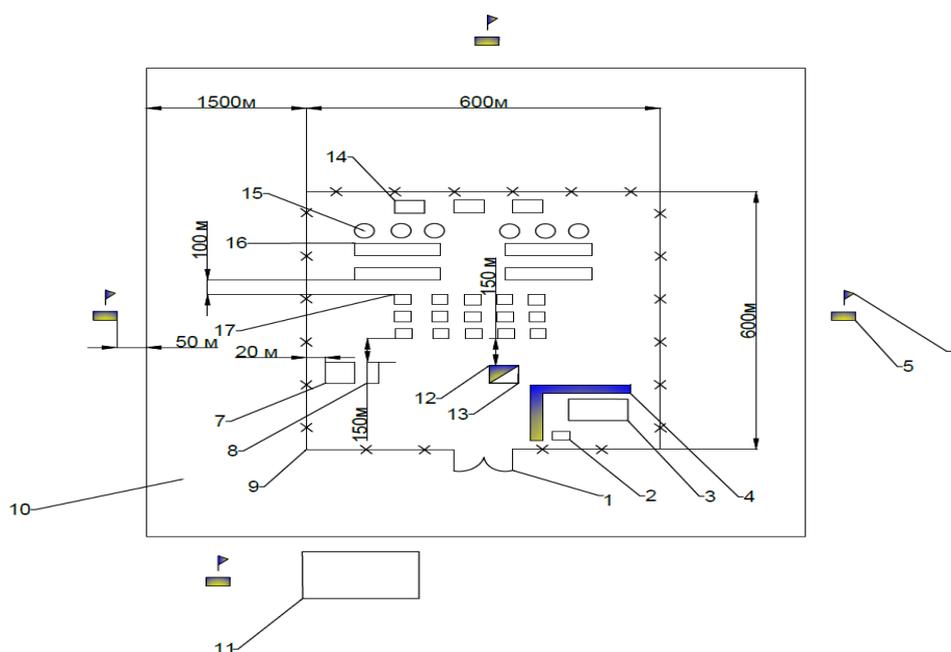


Рисунок 2 – промышленная площадка для утилизации боеприпасов (1 - двухстворчатые ворота, 2- место кратковременного хранения СИ, 3- место кратковременного хранения ВВ, 4- защитный вал, 5- укрытие для людей, 6- предупредительные знаки, 7- место складирования тары, 8- противопожарный пункт, 9- ограждение, 10- противопожарная зона, 11- место стоянки автомобилей, 12- сигнальная мачта, 13- укрытие для взрывников, 14- бронеплиты, 15- воронки для подрыва боеприпасов, 16- траншеи для подрыва боеприпасов, 17- площадки для выжигания ВВ из боеприпасов и сжигания порохов.) [4]

Разработан новый метод расснаряжения ВВ. Метод использующий воздействие низких температур на боеприпас. При истользовании данного метода предлагаются две полезные модели установок.

Установка для расснаряжения боеприпасов №1 (Рисунок 3) позволяет утилизировать боеприпас, предварительно охлажденный до наиболее низких температур, без нарушения целостности корпуса снаряда, но и не исключает эту возможность. Разрушение взрывчатого вещества происходит за счет комплекса воздействий, в который входят разность плотностей стали корпуса снаряда и взрывчатого вещества, создание низкого давления внутри боеприпаса путем подведения местных отсосов, а так же использование вибрации как фактора дополнительного разрушения.

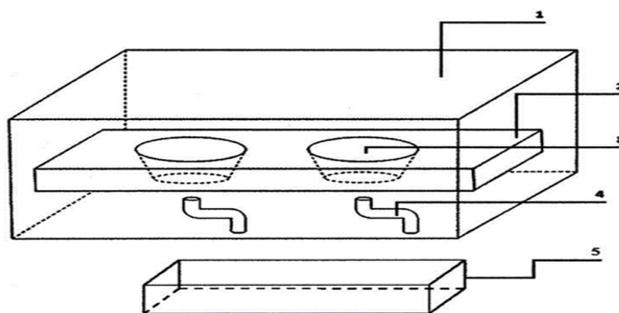


Рисунок 3 – Установка для расснаряжения боеприпасов № 1 (1 - охлаждающая камера компрессорного холодильника, 2 - вибростенд, 3 - коническое отверстие для установки БП, 4 - местный отсос, 5 - емкость для сбора ВВ)

Установка для расснаряжения боеприпасов №2 использует более глубокое охлаждение. Такое охлаждение более интенсивно разрушает взрывчатое вещество и еще больше снижает его чувствительность. При этом сталь за счет хладноломкости становится более податливой для механического резания боеприпаса в бронеканере, что существенно упрощает процесс утилизации и делает его более безопасным [5]

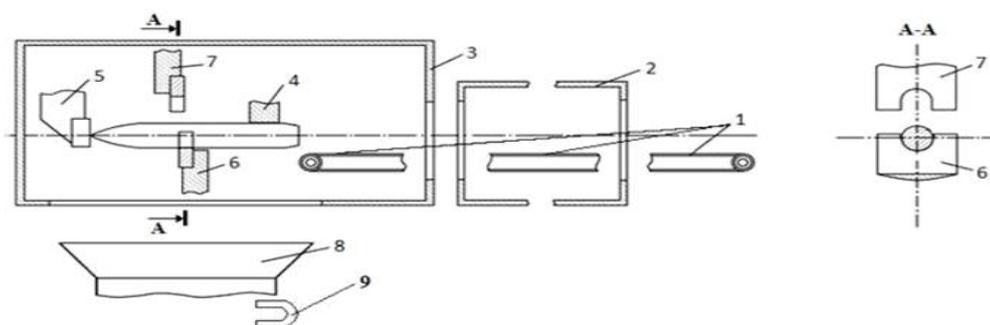


Рисунок 4 – Установка для расснаряжения боеприпасов № 2 (1 - конвейерная лента, проходящая через камеру охлаждения и бронеканеру, 2 - камера охлаждения, 3 - бронеканера, 4, 5 –фиксирующие упоры, находящиеся в бронеканере перед снарядом и сзади сверху соответственно, 6 – неподвижный

нож, расположенный в бронекамере под снарядом, 7 – подвижный нож, расположенный в бронекамере над снарядом, 8 – емкость для сбора ВВ и металлических осколков, 9 - мощный электромагнит)

Дополнительные предоставления территорий под строительство промышленных площадок для утилизации устаревших боеприпасов с применением новых методов утилизации снизит количество складов с опасным сырьем, а также ЧС происходящих при хранении, транспортировке и утилизации устаревших боеприпасов.

Литература:

1. МЧС: в Московской области; Информационное агентство «Красная весна» 21.01.19 г., [Электронный ресурс] // URL: <https://rossaprimavera.ru/news/4f9ab351>
2. Взрывы и пожары на складах боеприпасов в России в 2002-2012 гг; Информационное агентство; 11.06.2012 г., [Электронный ресурс] // URL: <https://ria.ru/20120611/671014188.html>
3. Перспективные методы расснаряжения и утилизации боеприпасов /В.Ю. Сладков, Ю.В. Дудина, [Электронный ресурс] // URL: <https://ria.ru/20120611/671014188.html>
4. Организация территории площадок для испытания взрывчатых веществ и уничтожения отходов / ПОСТАНОВЛЕНИЕ Госгортехнадзора РФ от 17.06.2003 N 93, [Электронный ресурс] // URL: <http://www.zakonprost.ru/content/base/part/322328>
5. Установка для расснаряжения боеприпасов / Гуськов Анатолий Васильевич, Милевский Константин Евгеньевич, Зезюлинский Ярослав Сергеевич, [Электронный ресурс] // URL: http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet

THE DEVELOPMENT OF A PLATFORM FOR RECYCLING OF AMMUNITION WITH THE USE OF NEW APPROACHES (METHODS)

Sharizanova N. V.; Kopanenko A. S.; Taskaeva D. A.; Supervisor: Ph. D. Milevsky
Novosibirsk state technical University ,
Novosibirsk, nailyayalian@gmail.com, kopanenko.2014@stud.nstu.ru,
taskaeva.2014@stud.nstu.ru

Annotation.

The purpose of this article is to consider options for improving the facilities for the unloading of ammunition, as well as the development of a new industrial site for the elimination of obsolete ammunition.

ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 544.478.1

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ $\text{CoMoP/Al}_2\text{O}_3$ КАТАЛИЗАТОРЫ ГИДРООЧИСТКИ С ПОВЫШЕННОЙ ГИДРОДЕАЗОТИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТЬЮ

*Богомолова Татьяна Сергеевна^{1,2}, магистрант; Ватутина Юлия
Витальевна², м. н. с.; Надеина Ксения Александровна² н. с., к. х. н.; Климов
Олег Владимирович², доцент, к. х. н.*

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

²Федеральный исследовательский центр Институт катализа им. Г. К.
Борескова СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика
Лаврентьева, 5

Богомолова Т.С., e-mail: bts@catalysis.ru

Ватутина Ю.В., e-mail: yuliy.vatutina@yandex.ru

Надеина К.А., e-mail: lakmallow@catalysis.ru

Климов О.В., e-mail: klm@catalysis.ru

*Адрес для корреспонденции: Богомолова Татьяна Сергеевна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. тел. +7(383)346-50-31*

Аннотация

В данной работе изучена возможность увеличения гидродеазотирующей (ГДА) и гидрообессеривающей (ГДС) активности $\text{CoMo/Al}_2\text{O}_3$ катализаторов гидроочистки дизельного топлива путём введения модифицирующей добавки — фосфора (Р). Были приготовлены образцы $\text{CoMoP/Al}_2\text{O}_3$ катализаторов гидроочистки с содержанием Р 0-2,5 масс.%. Для исследования физико-химических свойств и каталитической активности полученные образцы были исследованы методами азотной порометрии, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения (ПЭМВР), УФ-Вид спектроскопии, ИК-спектроскопии, адсорбированного СО. Катализаторы тестировали в условиях гидроочистки прямогонной дизельной фракции с использованием реактора неподвижного слоя. Обнаружено, что добавление фосфора приводит к значительному увеличению гидродеазотирующей активности, а также повышению активности в реакциях гидрообессеривания.

Ключевые слова: катализаторы, гидроочистка, фосфор, гидродеазотирование, гидрообессеривание, кислотные центры.

В связи с быстрым развитием автотранспорта увеличилась доля выбросов, поступающих в атмосферу от подвижных источников, в состав которых входят оксиды серы и оксиды азота. Эти соединения негативно влияют на здоровье людей, являются причиной формирования парникового эффекта, тем самым ухудшая экологическую обстановку в мире. Содержание серы в нефтепродуктах является строго регламентированным параметром, нормируемым ГОСТом Р 52368 – 2005 вид III. Для снижения содержания серы и азота, дизельную фракцию подвергают процессу гидроочистки, для которого используют биметаллические CoMo-системы, нанесённые на $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$.

С 2016 года дизельные топлива, производимые на российских нефтеперерабатывающих заводах должны соответствовать экологическому 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 ГДС в процессе гидроочистки дизельной фракции. Поэтому высокоактивные катализаторы должны обладать активностью как в реакциях ГДС, так и ГДА. Увеличить активность катализатора возможно путём введения модифицирующего агента — P [1...3]. Однако, литературные данные относительно влияния фосфора на свойства катализаторов гидроочистки довольно противоречивы.

Целью данной работы является получение высокоэффективных катализаторов гидроочистки дизельных фракций с добавлением фосфора, исследование влияния различного содержания P на свойства и каталитическую активность катализатора.

В ходе работы были приготовлены катализаторы с 0–2,5 масс.% 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 (мольное 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 термообрабатывали при 110 °С и 550 °С в токе воздуха. Для приготовления катализаторов в качестве предшественников Co и Mo использовали гидроксид кобальта и парамолибдат аммония, соответственно. Во всех случаях концентрации растворов были выбраны такими, чтобы получить в конечных катализаторах $12,5 \pm 0,2$ масс. % Mo; $3,5 \pm 0,1$ масс. % Co. Фосфор вводили на стадии приготовления пропиточного раствора совместно с предшественниками активных металлов. В качестве предшественника P использовали ортофосфорную кислоту H_3PO_4 . Для нанесения активных металлов использовали метод вакуумной пропитки. Катализаторы термообрабатывали при 120 °С. Катализаторы здесь и далее обозначены CoMo-x/Al, где x – содержание фосфора в катализаторе. В качестве образца сравнения был приготовлен образец без добавления модифицирующего агента – CoMo/Al. Носители и катализаторы

были исследованы комплексом физико-химических методов. Катализаторы испытывали в проточном трубчатом реакторе в гидроочистке прямогонного дизельного топлива с содержанием серы 3830 ppm и азота 192 ppm. Условия процесса следующие: $P=3,8$ МПа, $ОСПС=2,5$ ч⁻¹, объемное отношения водорода к сырью 544 нм³/м³, $T=370$ °С.

Сравнение результатов азотной порометрии катализаторов показывает, что катализаторы, имеют схожие текстурные характеристики. При увеличении концентрации фосфора отмечается закономерное снижение удельной поверхности катализатора. Полученные изотермы адсорбции-десорбции азота 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. Отсутствие изменений изотерм и сохранение формы петли гистерезиса указывает на равномерное распределение активного компонента по поверхности носителя и отсутствие блокировки пор.

По результатам ПЭМВР катализаторов обнаружено, что все полученные катализаторы содержат сульфидный активный компонент с близкой морфологией (средняя длина частиц активного компонента - $2,6 \div 2,9$ нм, среднее количество слоев в пакете активного компонента - $1,6 \div 2,0$). Увеличение количества слоёв в пакете активного компонента указывает на уменьшение взаимодействия между частицами активного компонента с носителем.

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]. По результатам разложения спектров Mo3d наблюдается увеличение содержания CoMoS-фазы с увеличением содержания фосфора в катализаторе. РФЭС спектры P2p содержат пик с энергией связи $134,9$ эВ. Такое значение энергии связи ниже значения, соответствующего соединению P₂O₅ ($E_{св} = 135,2$ эВ), что указывает на высокую дисперсность соединений фосфора на поверхности [6]. Полученное значение энергии связи спектров P2p согласуется с литературными данными для соединения AlPO₄ [7]. Поверхностная концентрация P по данным РФЭС для каждого образца катализатора несколько выше, чем по данным элементного анализа. Это свидетельствует о том, что P равномерно распределяется по поверхности катализатора без образования каких-либо крупных частиц.

Результаты УФ-Вид спектроскопии показали, что добавление P приводит к уменьшению неактивных соединений кобальта (например, CoAl₂O₄), тем самым уменьшая взаимодействие активный компонент-носитель. Кроме того, увеличивается доля благоприятных соединений, например, CoMoO₄.

По результатам ИК-спектроскопии, адсорбированного СО, установлено, что введение фосфора приводит к появлению протонированных алюмофосфатных комплексов, содержание которых коррелирует с содержанием фосфора. Согласно данным спектроскопии, добавление фосфора приводит к исчезновению сильных и сверхсильных Льюисовских кислотных центров (ЛКЦ)

и сильному снижению концентрации слабых ЛКЦ. Известно, что оксид алюминия содержит слабые кислотные мостиковые ОН-группы, сила которых недостаточна для протонирования слабых оснований, таких как пиридин или аммиак. Модификация катализатора Р сопровождается небольшим количеством более кислых ОН-групп, которые аналогичны кислотности ОН-групп цеолитов. Их концентрация возрастает при увеличении содержания Р.

Результаты каталитических испытаний (таблица 1) показали, что при введении фосфора отмечается увеличение активности в значительной степени в реакциях гидродеазотирования, и некоторое увеличение активности в гидродесульфурзации, в сравнении с образцом без Р. Максимальная активность отмечается для CoMo-2.3/Al, CoMo-2.5/Al. Рост активности в ГДА происходит благодаря появлению брэнстедовских кислотных центров (БКЦ), сила которых достаточна для протонирования слабых оснований. Появление цеолитоподобных БКЦ обеспечивает увеличение адсорбции соединений азота, которые далее мигрируют в сульфидный активный компонент.

Таблица 1

Результаты каталитических экспериментов

Название образца	Остаточное содержание серы, ppm	Остаточное содержание азота, ppm
CoMo/Al	10,2	19,5
CoMo-1/Al	9,2	18,1
CoMo-1.5/Al	9,0	17,8
CoMo-1.8/Al	8,2	15,6
CoMo-2.3/Al	7,9	11,4
CoMo-2.5/Al	6,8	10,9

Таким образом, несмотря на схожие текстурные характеристики и схожую морфологию частиц активного компонента, катализаторы, модифицированные фосфором, проявляют большую активность, особенно в реакциях ГДА. Улучшение каталитической активности можно объяснить увеличением концентрации CoMoS фазы за счёт уменьшения химического взаимодействия между активным компонентом и носителем. А также увеличением поверхностной концентрации Р-(ОН)-групп, которые адсорбируют соединения азота; затем эти азотные соединения мигрируют в сульфидный активный компонент. В результате, данные катализаторы гидроочистки позволяют получать дизельное топливо с ультранизким содержанием серы и азота.

Библиографический список:

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. Н. Topsoe, B. S. Candia and other // Bull.Soc.Chim.Belg. – 1984. – 93. – С.783–805.
6. Нефедов В. И. Рентгено-электронная спектроскопия химических соединений. Справочник. – М.: Химия. – 1986. – 256 с.
7. J.F. Moulder, W.F. Sticlke, P.E. Sobol, K.D. Bomben Handbook of X-ray Photoelectron Spectroscopy. – 1992. – 192 p.

HIGHLY EFFICIENT CoMoP / Al₂O₃ HYDRATREATING CATALYSTS WITH IMPROVED HYDRODENITROGENATION ACTIVITY

Bogomolova T. S.^{1,2}, Master's Degree student; Vatutina Yu.V.², junior researcher; Nadeina K. A.² Ph.D. (Chemical); Klimov O. V.² Ph.D. (Chemical), Associate Professor

¹Novosibirsk State Technical University (NSTU), 630073, Russia, Novosibirsk, Pr. Karla Marksa, 20

²Boreskov Institute of Catalysis of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 630090, Russia, Novosibirsk Pr. Akad. Lavrentieva, 5,

Abstract

The possibility of increasing the hydrodenitrogenation (HDN) and hydrodesulfurization (HDS) activity of CoMo / Al₂O₃ catalysts for hydrotreating of diesel fuel by introducing a modifying additive - phosphorus was studied. CoMoP / Al₂O₃ samples of hydrotreating catalysts were prepared with a phosphorus content in the range of 0-2.5 wt. %. To study the physicochemical properties and catalytic activity, the obtained samples were studied using nitrogen porosimetry, X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), high resolution transmission electron microscopy (HRTEM), UV-vis DRS, IR spectroscopy adsorbed CO. The catalysts were tested in hydrotreating of a straight-run diesel fraction using a fixed bed reactor. It was found that the addition of phosphorus leads to a significant increase in hydrodenitrogenation activity, as well as an increase in activity in hydrodesulfurization reactions.

Keywords: catalysts, hydrotreating, phosphorus, hydrodenitrogenation, hydrodesulphurisation, acid sites.

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НИКЕЛЯ НА АКТИВНОСТЬ Ni/CeO₂-КАТАЛИЗАТОРОВ В РЕАКЦИИ ПАРОУГЛЕКИСЛОТНОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА

Шляхтина Александра Сергеевна¹, студент; Матус Екатерина Владимировна^{1,2}, канд. хим. наук, научный сотрудник; Исмагилов Ильяс Зинферович², канд. хим. наук, научный сотрудник; Сухова Ольга Борисовна², ведущий инженер; Керженцев Михаил Анатольевич², канд. хим. наук, старший научный сотрудник; Исмагилов Зинфер Ришатович^{2,3}, чл.-кор., директор.

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

² Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630090, Россия, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева 5

³ Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН, 650000, Россия, Кемерово, пр. Советский, 18

Шляхтина А.С., e-mail alexandra_issakova@mail.ru

Матус Е.В., e-mail matus@catalysis.ru

Исмагилов И.З., e-mail iismagil@catalysis.ru

Сухова О.Б., e-mail sukhova@catalysis.ru

Керженцев М.А., e-mail ma_k@catalysis.ru

Исмагилов З.Р., e-mail zinfer1@mail.ru

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

Аннотация

С целью получения водородсодержащего газа при помощи экологически безопасных технологий проведен синтез Ni/CeO₂-катализаторов для реакции пароуглекислотной конверсии метана. Полученные образцы протестированы в реакции пароуглекислотной конверсии метана. Установлена взаимосвязь между физико-химическими свойствами катализатора и показателями каталитической реакции. Определены оптимальное содержание никеля и способ его введения в матрицу носителя, обеспечивающие высокий выход водорода и устойчивость к дезактивации.

Ключевые слова: Ni/CeO₂-катализатор; метан; утилизация CO₂; пароуглекислотная конверсия; водород.

Введение

Существует множество способов получения водорода (H₂), одним из

которых является пароуглекислотная конверсия метана (CH_4). Процесс является экологически безопасным, поскольку в качестве основного сырья используются парниковые газы – углекислый газ и метан [1, 2]. Для успешного протекания реакции необходимы катализаторы, обладающие высокой каталитической активностью и устойчивостью к зауглероживанию. В качестве катализаторов конверсии метана часто используют системы, активным компонентом которых является никель (Ni). Ni обладает высокой активностью, при этом является относительно дешевым [2-5]. Для предотвращения дезактивации Ni-катализаторов в качестве носителя используют материалы, обеспечивающие реализацию сильного взаимодействия металл-носитель. К таким материалам относится диоксид церия (CeO_2), который благодаря высокой кислородной емкости и подвижности кислорода кристаллической решетки окисляет углеродистые отложения, тем самым предотвращая дезактивацию катализаторов [3].

Таким образом, целью данной работы являлась разработка Ni/ CeO_2 -катализаторов для реакции пароуглекислотной конверсии метана. В рамках работы проводилась оптимизация содержания никеля, а также способа его введения в матрицу носителя.

Методика экспериментального исследования

Ведение никеля в матрицу носителя осуществляли 1) на стадии смешения растворов цитратных комплексов металлов – предшественников оксидного носителя и Ni активного компонента (метод Пекини, Pechini, P-серия); 2) путем пропитки по влагоемкости (метод пропитки, Impregnation, I-серия) порошка носителя водным раствором нитрата никеля. Содержание Ni варьировалось от 2 до 15 мас. %.

Полученные образцы катализаторов были протестированы в реакции пароуглекислотной конверсии метана и охарактеризованы комплексом физико-химических методов: термический анализ, рентгенофазовый анализ, термопрограммируемое восстановление водородом, низкотемпературная адсорбция азота, просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения.

Результаты и обсуждения

На рис. 1 и 2 представлены результаты исследования полученных катализаторов в реакции пароуглекислотной конверсии метана при температуре 750 °С. Видно, что для обеих серий катализаторов значения конверсии метана и выхода водорода возрастают с увеличением содержания никеля от 2 до 15 мас. %. Так, для I-серии катализаторов конверсия метана повышается от 25 до 70 %, а выход водорода - от 30 до 80 %. Способ введения никеля в матрицу носителя не оказывает существенного влияния на показатели процесса. Исключение составляет образец 5Ni/ CeO_2 (I), в присутствии которого наблюдается более высокая конверсия метана, по сравнению с показателями, достигнутыми при использовании 5Ni/ CeO_2 (P).

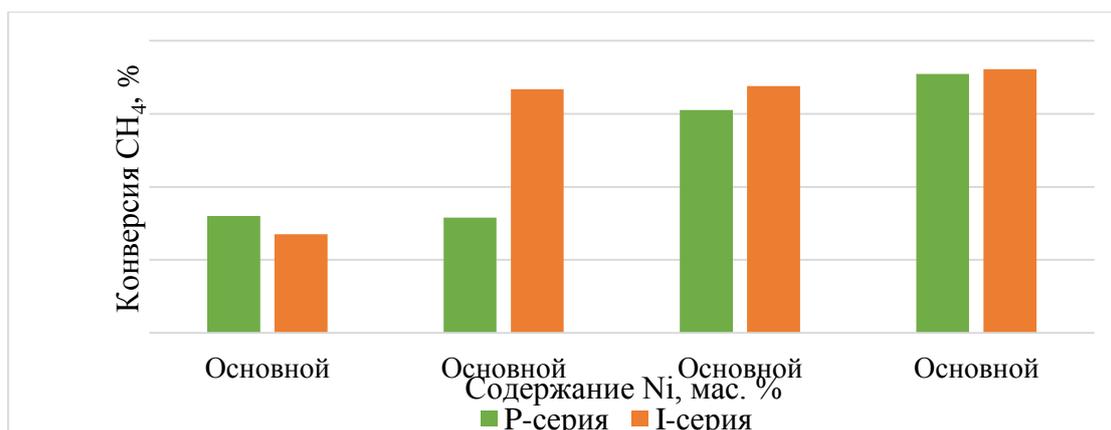


Рис. 1 – Зависимость конверсии метана от содержания Ni

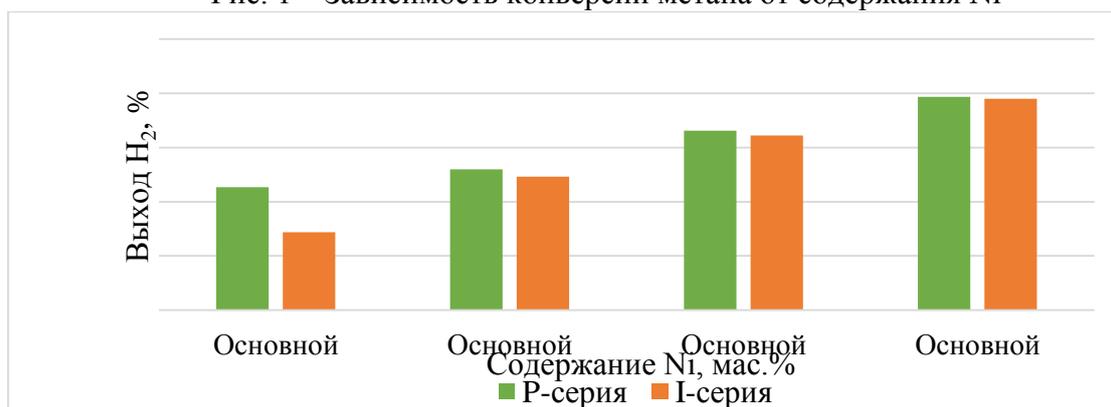


Рис. 2 – Зависимость выхода водорода от содержания Ni.

Исследование физико-химических свойств катализаторов показало, что образцы Р-серии по сравнению с образцами I-серии обладают более высокой удельной поверхностью, дефектностью структуры диоксида церия и дисперсностью активного компонента [3, 6]. Показано, что это приводит к снижению скорости образования углеродистых отложений в ходе пароуглекислотной конверсии метана.

Выводы

В рамках выполнения работы были разработаны катализаторы, которые могут быть эффективно использованы в реакции пароуглекислотной конверсии метана для получения водорода. Учитывая значения конверсии метана и выход водорода, достигнутые в присутствии катализаторов, а также результаты физико-химических свойств катализаторов, выбраны оптимальное содержание никеля (10 мас. %) и способ его введения в матрицу носителя (метод Пекини).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-53-45012 ИНД_а).

Библиографический список:

1. Dincer I., Acar C., Innovation in hydrogen production. - International Journal of Hydrogen Energy. - 2017. - V.- 42.- P. 14843-11864.
2. Демидов Д.В. Пароуглекислотная конверсия метана на никель-циркониевых катализаторах: дис. – Н. Новгород. – 2013. – 132 с.

3. Влияние метода приготовления на физико-химические и функциональные свойства Ni/CeO₂-катализаторов / Е.В. Матус, А.С. Шляхтина, О.Б. Сухова, И.З. Исмагилов, В.А. Ушаков, С.А. Яшник, А.П. Никитин, Р. Bharali, М.А. Керженцев, З.Р. Исмагилов. – Кинетика и Катализ. – 2019. – Т. 60. – № 2. – С. 245–255.

4. Hydrogen production through hydrocarbon fuel reforming processes over Ni-based catalysts / Z.R. Ismagilov, E.V. Matus, I.Z. Ismagilov, O.B. Sukhova, S.A. Yashnik, V.A. Ushakov, M.A. Kerzhentsev // Catalysis Today. – 2019.- V. 323.-P. 166-182.

5. Oxidation State of Ce in CeO₂-Promoted Rh/Al₂O₃ Catalysts during Methane Steam Reforming: H₂O Activation and Alumina Stabilization / R.B. Duarte, O.V. Safonova, F. Krumeich, M. Makosch, and J.A. van Bokhoven // American Chemical Society – Catalysis. – 2013. – V. 3. – P. 1956-1964.

6. Влияние условий термообработки на свойства Ni/CeO₂-катализаторов / А.С. Шляхтина, Е.В. Матус, О.Б. Сухова. – Наука. Технологии. Инновации. – сборник научных трудов в 9 ч. НГТУ, 2018. С. 206-208.

INFLUENCE OF NICKEL CONTENT ON ACTIVITY OF Ni/CeO₂ CATALYSTS IN THE COMBINED STEAM/CO₂ CONVERSION OF METHANE

Shlyakhtina Alexandra¹, Student, alexandra_issakova@mail.ru

Matus Ekaterina^{1,2}, Ph.D. (Chemical), Scientific associate, matus@catalysis.ru

Ismagilov Ilyas², Ph.D. (Chemical), Scientific associate, iismagil@catalysis.ru

Sukhova Olga², engineer, sukhova@catalysis.ru

Kerzhentsev Mikhail², Ph.D. (Chemical), Scientific associate, ma_k@catalysis.ru

Ismagilov Zinifer^{2,3}, Correspondent Member of RAS, Director, zinifer1@mail.ru

¹Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Pr.

Karl Marks, 20, (913)005-48-19

²Boreskov Institute of Catalysis, 630090, Russia, Novosibirsk, Pr. Ak.

Lavrentieva, 5

³Institute of Coal Chemistry and Material Science, 650000, Russia, Kemerovo,

Pr. Sovetskiy, 18

Abstract

In order to obtain a hydrogen-containing gas using environmentally safe technologies, Ni/CeO₂ catalysts were synthesized for combined steam/CO₂ conversion of methane. The obtained samples were tested in the combined steam/CO₂ conversion of methane. The relationship between the physicochemical properties of the catalyst and the catalyst performance in reaction has been established. The optimum nickel content and the method of its introduction into the support matrix, providing a high yield of hydrogen and resistance to deactivation has been determined.

Keywords: Ni/CeO₂-catalyst; methane; conversion of CO₂; combined steam/CO₂ conversion of methane; hydrogen

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ТЕСТИРОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ НАНОСУСПЕНЗИЙ С СОДЕРЖАНИЕМ ОКСИДА ЦИНКА

Щербашина Анастасия Васильевна^{1,2}, студент; *Коскин Антон Павлович*²,
к.х.н., н.с.

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (952)929-69-89

² Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 5, тел. (913)456-91-06

Щербашина А. В., e-mail vasya.shsh.a@mail.ru

Коскин А. П., e-mail koskin@catalysis.ru

Адрес для корреспонденции: *Щербашина Анастасия Васильевна*, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (952)929-69-89

Аннотация

Теплопроводность ряда жидкостей с низкой диэлектрической проницаемостью может быть существенно увеличена при введении в них наночастиц, при условии получения устойчивых наносуспензий. В ходе работы подобран состав базовой теплоотводящей жидкости с содержанием тетраэтиленгликоля (ПЭГ200) и коммерчески доступного керосина (КО25). Разработаны методы синтеза устойчивых наноразмерных зольей 0.5 – 3 вес.% ZnO/ПЭГ200-КО25 с использованием олеата цинка в качестве дисперсанта. Подготовлена экспериментальная установка для тестирования теплоотводящих свойств жидкостей (в т.ч. наносуспензий). Показано, что в автоконвекционном режиме теплоотводящие свойства синтезированных жидкостей, превышают коммерчески-доступный образец МС-20.

Ключевые слова: Нанодисперсии, Теплопроводящие жидкости, Оксид цинка

Введение

В технологических процессах для охлаждения перегреваемых частей установок используются радиаторы с принудительной подачей воздуха через каналы. Эффективным, с точки зрения теплоотведения и повторного использования тепла, является использование жидкостных теплоносителей [1]. Применение простых жидкостей (вода, ряд гликолей) обладающих высокой теплопроводностью малоперспективно в электротехнических приложениях, вследствие их высокой диэлектрической проницаемости. В настоящий момент, наиболее распространённым является использование коммерчески доступных полиметилсилоксановых жидкостей (МС-Х, где Х – вязкость жидкости).

Известно, что теплопроводность ряда жидкостей с низкой диэлектрической проницаемостью может быть существенно увеличена при введении в них наночастиц, при условии получения устойчивых наносuspензий («nanofluids») [1-2]. В частности, высокая теплопроводность зафиксирована для наносuspензий с содержанием нанотрубок и нанодисперсных алмазов [2]. В представленной работе исследована теплопроводность ряда наносuspензий с содержанием оксида цинка. Среди преимуществ данных систем следует выделить низкую стоимость ZnO, а также отработанные методики получения устойчивых нанозолей [4].

Материалы и методы

В ходе работы, нанодисперсный оксид цинка был получен в результате осаждения солей ZnX(II), (где SO_4^{2-} , NO_3^- , AcO^-), с последующим прокаливанием гидроксида цинка при температурах 300-400 °С. В качестве дисперсанта использовался олеат цинка (до 5 вес. %). Полученные suspensionи (1-3 вес.% ZnO) в керосине (K025), а также смесях K025-тетраэтиленгликоль (м.в. – 200 г/моль; ПЭГ200) характеризовались средним размером частиц 20-50 нм и были устойчивы к осаждению в течении как минимум 24 ч.

Для тестирования теплопроводящих свойств жидкостей, в том числе нанодисперсий (наносuspензий), была создана экспериментальная установка (рис. 1а). Эксперимент моделирует процесс отведения тепла от разогреваемых элементов в автоконвекционном режиме. Установка состояла из латунной кюветы (1, 7 мл) погружённой в термостатируемую среду (2, 20°C). Внутри ёмкости вносили испытуемую жидкость (3, 5 мл) и погружали нагревательный элемент (4), не соприкасающийся со стенками ёмкости и снабжённый термопарой (5).

Результаты и обсуждение

Тестирование наблюдаемой теплопроводности исследовалось в самокнвекционном режиме. Вследствие высокой теплопроводности стенок кюветы на термопаре устанавливалась равновесная температура ($T_{равн}$ -характеристическое время, ≈ 5 мин), обусловленная нагреванием элемента и отдачей в термостатируемую среду через слой испытуемой жидкости (рис. 1б). Более низкая равновесная температура соответствует более эффективной теплопередаче.

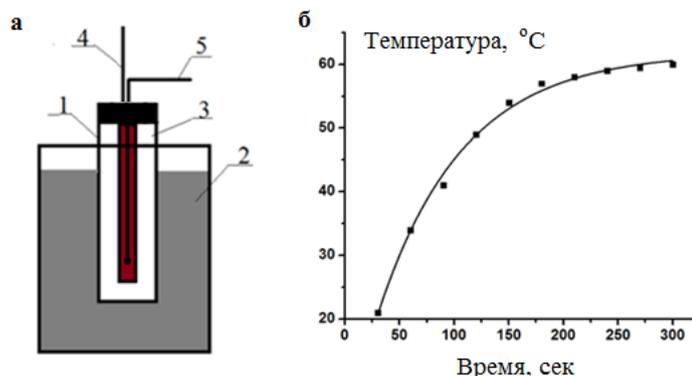


Рис. 1. Исследование теплопроводящих свойств жидкостей: а – схема экспериментальной установки; б – установление равновесной температуры, характеризующей наблюдаемую теплопроводность исследуемых жидкостей

В предварительных исследованиях был подобран состав бинарной базовой жидкости (рис. 2, табл. 1). В качестве ее компонентов использовались нетоксичный тетраэтиленгликоль, обладающий характерной для гликолей высокой теплопроводностью и коммерчески-доступный керосин, который был использован для снижения общей вязкости смеси.

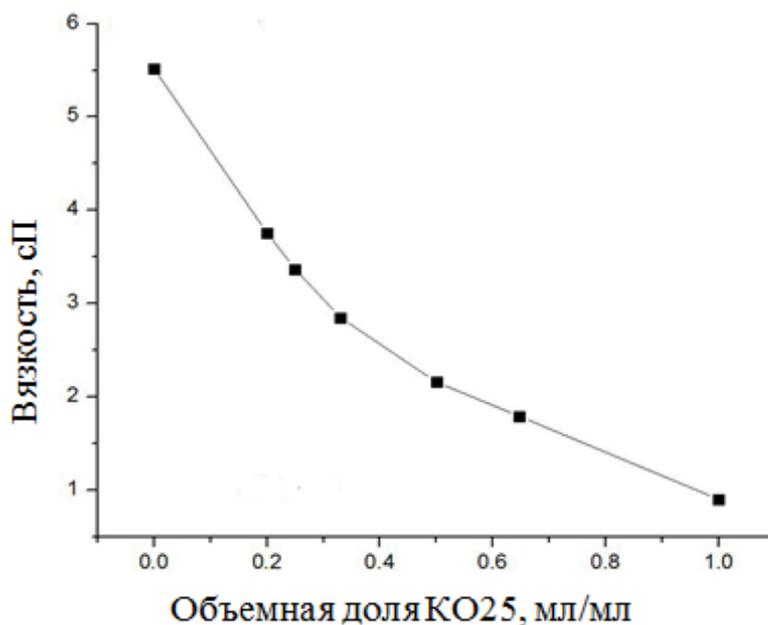


Рис. 2. Зависимость вязкости бинарной базовой жидкости ПЭГ200/КО25 от объемной доли КО25

Оптимальным с точки зрения наблюдаемой теплопроводности оказался состав с содержанием 0,68 объемных долей КО25.

Таблица 1

Теплопроводящие свойства базовых жидкостей

№	Базовые жидкости	Объемная доля КО25	$T_{\text{равн}}$, °С
1	ПЭГ200	0	67,3
2	КО25/ПЭГ200	0,20	61,9
3	КО25/ПЭГ200	0,36	57,5
4	КО25/ПЭГ200	0,68	55,4
5	КО25/ПЭГ200	1,00	63,7

В подобранном составе базовой жидкости (КО25-ПЭГ200 (0,68 об.долей)) диспергировали наночастицы ZnO, модифицированного олеатом цинка с разными весовыми содержаниями. Тестирование наблюдаемой теплопроводности полученных наносuspензий, позволило подобрать оптимальную концентрацию вводимых наночастиц.

Таблица 2

Теплопроводящие свойства нанодисперсий с содержанием оксида цинка

№	Концентрация наночастиц, вес. %	Базовая жидкость (объемная доля КО25)	$T_{\text{равн}}$, °С
1	–	MS-20	62,3
2	ZnO (0.5)	КО25/ПЭГ200 (0,68)	51,1
3	ZnO (1)	КО25/ПЭГ200 (0,68)	49,7
4	ZnO (2)	КО25/ПЭГ200 (0,68)	52,3
5	ZnO (3)	КО25/ПЭГ200 (0,68)	52,5

Выводы

Подобран состав базовой теплоотводящей жидкости с содержанием тетраэтиленгликоля (ПЭГ200) и коммерчески доступного керосина (КО25). Разработаны методы синтеза устойчивых наноразмерных зольей 0.5 – 3 вес. % ZnO/ПЭГ200-КО25 с использованием олеата цинка в качестве дисперсанта. Подготовлена экспериментальная установка для тестирования теплоотводящих свойств жидкостей (в т.ч. наносuspензий). Показано, что в автоконвекционном режиме теплоотводящие свойства синтезированных наносuspензий ($T_{\text{равн}} = 49,7 – 52,5$ °С), превышают коммерчески-доступную жидкость (МС-20) ($T_{\text{равн}} = 62.3$ °С).

Библиографический список:

1. Review of heat transfer in nanofluids: Conductive, convective and radiative experimental results / M. Lomascolo, G. Colangelo, M. Milanese, A. de Risi. // Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – V. 43. – pp. 1182-1198.
2. Experimental Investigation on the Thermal Conductivity and Viscosity of ZnO Nanofluid and Development of New Correlations / S. Akbarzadeh, M. Farhadi, K. Sedighi, M. Ebrahimi // Journal of Transport Phenomena in Nano-Micro Scale. – 2014. – V. 2. – no. 2. – pp. 149-160.
3. Synthesis and surface modification of ZnO nanoparticles / R. Hong, T. Pan, J. Qian, H. Li // Journal of Chemical Engineering. – 2006. – V. 119. – pp. 71-81.

THE DEVELOPING OF COMPOSITION AND HEAT-TRANSFER PROPERTIES TESTING OF ZINC OXIDE NANOFLUIDS

Sherbashina Anastasia Vasilievna^{1,2}, *Student*; *Koskin Anton Pavlovich*,
*Scientific associate*²

¹ Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx av., 20, Phone (952)929-69-89

² Borescov Institute of Catalysis, 630090, Russia, Novosibirsk, Ak. Lavrentieva av., 5, Phone (913)456-91-06

Sherbashina A. V., e-mail vasya.shsh.a@mail.ru

Koskin A. P., e-mail koskin@catalysis.ru

Correspondence author: Sherbashina Anastasia Vasilievna, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx av., 20, Phone (952)929-69-89

Abstract

The thermal conductivity of some liquids can be significantly increased by adding of oxide nanoparticles. The resulting nanosuspensions (or nanofluids) can be used for the tasks of heat transfer. In the present study the composition of the base heat transfer fluid containing tetraethylene glycol (PEG 200) and commercially available kerosene (KO 25) was selected. Nanodispersed zinc oxide was obtained by precipitation of ZnX (II) salts (where SO_4^{2-} , NO_3^- , AcO^-), followed by calcination of zinc hydroxide at temperatures of 300 – 400 °C. Synthetic methods of stable nanosized 0.5 – 3 wt. % ZnO/PEG200-KO25 sols of have been developed using zinc oleate as a dispersant. An experimental setup was prepared for testing the heat dissipation properties of liquids (including nanosuspensions). It is shown that in the mode of auto-convection the heat transfer properties of the synthesized ones ($T_{\text{eq}} = 49,7 - 52,5$ °C) exceed the commercially available liquid ($T_{\text{eq}} = 62.3$ °C; MS-20).

Keywords: Nanofluids, Heat transfer fluids, Zinc oxide

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СЕРЫ В ПРОДУКТАХ РЕАКЦИИ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ ГУДРОНА

Чичкань А.С.¹, Чесноков В.В.¹, Деревянко Р.В.^{1,2}, Сальников А.В.¹

¹ Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630090, Россия,
г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5

² Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Чичкань А.С., e-mail AlexCsh@yandex.ru

Чесноков В.В. e-mail chesn@catalysis.ru

Деревянко Р.В. e-mail rodion_pvl@mail.ru

Сальников А.В. e-mail salnikov@catalysis.ru

Адрес для корреспонденции: Чичкань Александра Сергеевна,

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск,
пр. Академика Лаврентьева, 5, тел. (383)326-97-92

Аннотация

Исследован процесс коксования гудрона при температурах 350...450 °С и влияние добавки Ni/УНТ и Ni-Cu/УНТ катализаторов на содержание серы в продуктах реакции. Проведение процесса коксования гудрона при температурах 300...350 °С приводит к образованию газообразных, жидких продуктов и нефтяного кокса. При повышении температуры коксования до 450°С в продуктах реакции наблюдаются только газообразные и твердые продукты. Добавка катализаторов к гудрону приводит к улучшению свойств нефтяного кокса. Если содержание серы в исходном гудроне составляет 1,5 масс.%, то, после добавки в гудрон 4 масс.% 7,5%Ni-3,5%Cu/УНТ катализатора, содержание серы в коксе уменьшается до 1,09 % при температуре коксования 350 °С. Значительная часть серы переходит в состав жидкой фазы. Повышение температуры каталитического коксования гудрона до 450 °С приводит к незначительному увеличению до 1,11 масс.% серы в коксе. Обессеривание нефтяного кокса происходит за счет перевода серы в сероводород, который удаляется с газовой фазой.

Ключевые слова: гудрон, нефтяной кокс, сера, замедленное коксование

Введение

Ожидается, что через 10...15 лет будет достигнут пик добычи и переработки традиционных лёгких нефтей, вследствие чего последует снижение темпов переработки таких нефтей. Разведанные запасы тяжелой (нетрадиционной) нефти, которые содержатся в месторождениях битуминозных источников, сейчас почти не разрабатываются [1]. Для перехода на переработку нетрадиционной низкокачественной нефти необходимо совершенствовать

существующие и создавать новые направления переработки нефти. Коксование является одним из методов, используемых при переработке тяжёлых высоковязких нефтей в «синтетическую» нефть, это длительный процесс термолиза тяжёлых остатков или ароматизированных высококипящих дистиллятов при невысоком давлении и умеренных температурах 420...540 °С. Основное целевое назначение коксования — производство нефтяных коксов различных марок в зависимости от качества перерабатываемого сырья. Побочные продукты коксования — малоценный газ, бензины низкого качества и газойли. Во всём мире нефтяной кокс используется для производства анодов для алюминиевой промышленности и графитированных электродов для плавления электросталей. Широкое применение находит нефтяной кокс при изготовлении конструкционных материалов, в производстве цветных металлов, кремния, абразивных (карбидных) материалов, в химической и электротехнической промышленности, в ядерной энергетике и др.

Однако рядом ученых отмечается неприменимость процесса коксования к высокосернистым тяжелым нефтям и природным битумам, поскольку получаемый высокосернистый кокс не находит квалифицированного применения.

Следует отметить, что использование каталитических добавок при термолизе тяжелых фракций нефти существенно влияет как на выход легких дистиллятных фракций, так и на качество получаемых твердых углеродных материалов. Ранее [2] нами были разработаны никельсодержащие катализаторы, которые позволяют получать из C₁—C₄ углеводородов до 300 г каталитических углеродных нановолокон на 1 г катализатора. Можно полагать, что введение в сырье коксования таких катализаторов [3] приведет к взаимодействию активных частиц катализатора с высокомолекулярными углеводородами тяжелых нефтяных остатков, что сделает возможным получать наряду с нефтяным коксом углеродные материалы. Кроме того, известно, что никельсодержащие катализаторы широко используются в процессах обессеривания нефтяных продуктов.

В настоящей работе исследован процесс каталитического коксования гудрона и влияние Ni/УНТ и Ni-Cu/УНТ катализаторов на содержание соединений серы в продуктах реакции.

Методика экспериментального исследования

В качестве носителей катализаторов использовали углеродные нанотрубки (УНТ). Углеродные нанотрубки были синтезированы методом разложения пропан-бутановой смеси на Fe-Co-Mo/Al₂O₃ катализаторе при 700°C, затем УНТ травили в смеси кислот (HCl : HNO₃=3:1) для удаления остатков катализатора роста перед нанесением активного компонента. Методом пропитки УНТ раствором солей Ni(NO₃)₂·6H₂O и Cu(NO₃)₂·6H₂O были синтезированы катализаторы: Ni/УНТ и Ni-Cu/УНТ.

Процесс коксования проводили в автоклаве (рис. 1) при температурах 350...450 °С и давлении **5...10 атм.** В корзину для образца загружали навеску 1

гудрона (≈ 10 г) или навеску 2 гудрона (≈ 10 г) вместе с катализатором (0,4 г). Затем автоклав нагревали до требуемой температуры реакции и выдерживали в течение 3 час.

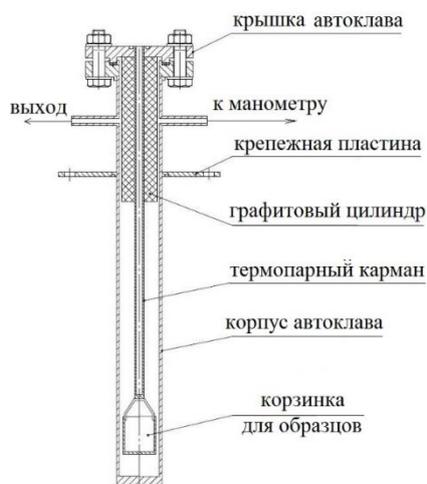


Рис. 1. Схема автоклава для коксования гудрона

Элементный и фракционный составы используемого гудрона представлены в таблице 1. В ходе реакции и после неё в продуктах реакции определяли содержание серы и серосодержащих компонентов.

Таблица 1

Характеристика исследуемого гудрона КТ 1/1

Элементный состав	Содержание (мас. %)
С	86,8
Н	11,7
N	0,86
S	1,50
Фракционный состав, мас. %	
бензин. фракции (н.к. < 200 °С)	0
дизель. фракции (200-350 °С)	0,1
вакуумный газойль (350-500 °С)	6,7
гудрон (500-700 °С)	54,9
гудрон (>700 °С)	38,2

Анализ компонентов газовой фазы проводился на хроматографе Кристалл-2000М («Хроматек», Россия). Для анализа H_2S , CO_2 , SO_2 , H_2 , O_2 , CO_2 и CH_4 применяли детектор по теплопроводности (ДТП), разделяя их на насадочной колонке (уголь СКТ, 2 мм \times 1,5 м), и пламенно-фотометрический детектор (ПФД), компоненты газовой смеси делились на насадочной колонке, заполненной твердым носителем (Hayesep Q + 0,9% PTMSP, 2 мм \times 3 м).

Определение элементного состава жидкой и твердой фазы проводилось на рентгенофлуоресцентном спектрометре ARL Perform'X. Для возбуждения флуоресцентного излучения использовалась рентгеновская трубка с анодом из Rh. Процентное содержание элементов оценивалось с помощью программы для нестандартного анализа UniQuant. В случае анализа порошкообразного образца, его предварительно измельчали до гомогенного мелкодисперсного состояния в

агатовой ступке. Как при анализе порошкообразного, так и жидкого (вязкого) образца, навеска помещалась в кассету для анализа жидкостей и порошков, закрытую полипропиленовой пленкой spectrolene six толщиной 6 мкм, прозрачной для рентгеновского излучения. Далее кассета помещалась в камеру спектрометра, заполненную гелием, после чего проводились измерения. Для перекрытия диапазона элементов от F до U, для каждого образца проводилось 5 сканов. Автоматическое сглаживание спектров, вычитание фона и расчет концентраций с учетом межэлементных влияний осуществлялись при помощи программного пакета UniQuant.

Закоксованные образцы исследовали методом просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения (ЭМВР) на приборе JEM-2010 с ускоряющим напряжением 200 кВ и разрешением 0,14 нм по линиям.

Результаты и обсуждение

Исследован процесс коксования гудрона при температурах 350...450 °С и влияние добавки Ni/УНТ и Ni-Cu/УНТ катализаторов на содержание серы в продуктах реакции. Проведение процесса коксования гудрона при температуре 350 °С приводит к образованию газообразных, жидких продуктов и нефтяного кокса. При повышении температуры коксования до 450 °С в продуктах реакции наблюдаются только газообразные и твердые продукты. На этом основании можно сделать вывод, что жидкие продукты при повышении температуры превращаются в газ.

Предварительно проведенные исследования продуктов коксования антрацена показали [3], что добавка катализатора на основе УНТ приводит к образованию углерод-углеродного композита, где УНТ выступают в качестве фазы зародышеобразования кокса (рис. 2).

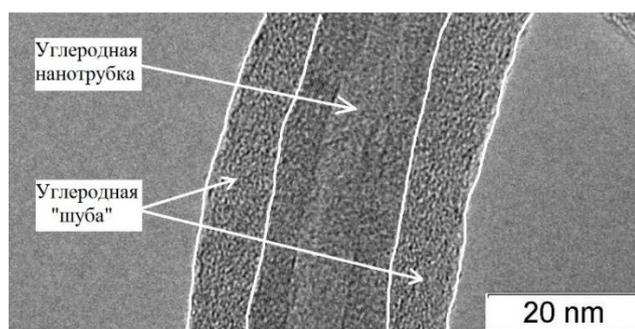


Рис. 2 Электронно-микроскопический снимок УНТ, покрытых углеродной “шубой”, полученных после коксования смеси “УНТ–антрацен” при температуре 600°С.

Аналогичная картина наблюдается при коксовании гудрона. На рисунке 3 представлен электронно-микроскопический снимок кокса, армированного углеродными нанотрубками, полученного при коксовании смеси гудрона с катализатором 7%Ni-3,5%Cu/УНТ при 450 °С.

Результаты проведенных экспериментов по коксованию гудрона: влияние температуры и состава катализатора представлены в таблицах 2 и 3. Особое внимание уделялось содержанию серы в продуктах реакции.

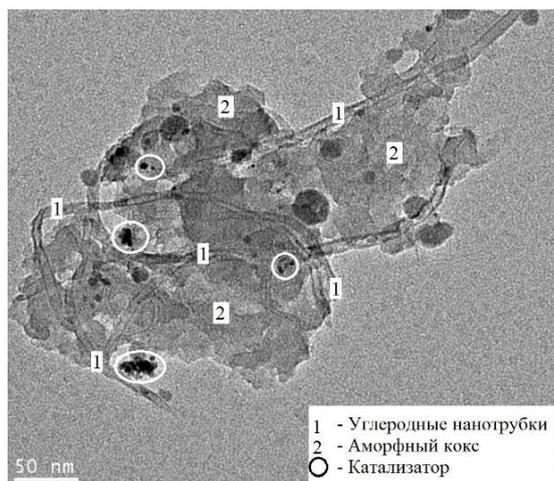


Рис. 3 Электронно-микроскопический снимок кокса, армированного УНТ, полученного при коксовании смеси гудрона с катализатором 7%Ni-3,5%Cu/УНТ при 450 °С.

Из таблицы 2 видно, что использование катализатора при температуре 450 °С позволяет на порядок увеличить содержание серы в газовой фазе, тем самым снизив её содержание в целевом продукте (коксе). Следует отметить, что продуктов жидкой фазы в данном случае не образуется.

Таблица 2

Влияние катализатора на содержание серы и серосодержащих элементов в продуктах реакции коксования гудрона

Состав катализатора	Температура реакции, °С	Содержание серы, масс.%	
		Твердая фаза	Газовая фаза
без катализатора	450	1,18	0,005
7,5%Ni/УНТ	450	1,11	0,090

Снижение температуры реакции коксования до 350 °С позволяет снизить содержание серы в твердой фазе до 1,09 мас.%, при этом значительная часть серы переходит в жидкую фазу продукта, а в газовой фазе присутствуют только следы серосодержащих газов (табл. 3).

Таблица 3

Влияние температуры на содержание серы и серосодержащих элементов в продуктах реакции коксования гудрона

Состав катализатора	Температура реакции, °С	Содержание серы, масс.%		
		Твердая фаза	Жидкая фаза	Газовая фаза
7%Ni-3,5%Cu/УНТ	450	1,20	-	0,023
7%Ni-3,5%Cu/УНТ	350	1,09	0,77	следы

Выводы

Исследованы процесс коксования гудрона при температурах 350-450 °С и влияние катализаторов 7%Ni-3,5%Cu/УНТ и 7,5%Ni/УНТ на содержание серы в продуктах реакции. Проведение процесса коксования гудрона при температурах 300-350 °С приводит к образованию газообразных, жидких продуктов и

нефтяного кокса. При повышении температуры коксования до 450 °С в продуктах реакции наблюдаются только газообразные и твердые продукты. Добавка катализаторов к гудрону приводит к улучшению свойств нефтяного кокса. Если содержание серы в исходном гудроне составляет 1,5 масс.%, то, после добавки в гудрон 4 масс.% 7,5%Ni-3,5%Cu/УНТ катализатора содержание серы в коксе уменьшается до 1,09% при температуре коксования 350 °С. Значительная часть серы переходит в состав жидкой фазы. Повышение температуры каталитического коксования гудрона до 450 °С приводит к незначительному увеличению до 1,11 масс.% серы в коксе. Обессеривание нефтяного кокса происходит за счет перевода серы в сероводород, который удаляется с газовой фазой.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда — проект № 17-73-30032.

Библиографический список:

1. Гринишин О.Б., Мохаммад Ш.А.А.А., Хлибишин Ю.Я. Характеристика и направления переработки тяжёлых высокосернистых нефтей // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 5., № 6 (65). – С. 27-31.
2. Пат. РФ 2116829; Оpubл. Б.И. 1998 № 22.
3. Chesnokov V. V., Chichkan A. S., and Parmon V. N. Effect of “Cobalt–Carbon Nanotubes” Catalysts on Anthracene Coking // Doklady Physical Chemistry. – 2019. – Vol. 484, Part 2. – P. 32–35.

INVESTIGATION OF SULFUR CONTENT IN THE TAR DELAYED COKING REACTION PRODUCTS

Chichkan A.S.¹, Chesnokov V.V.¹, Derevyanko R.V.^{1,2}, Salnikov A.V.¹

¹Federal Research Center Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentieva Ave., 5

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

Annotation.

The tar coking process and the influence of Ni/CNT and Ni -Cu/CNT catalysts addition on the sulfur content in the reaction products were investigated at temperatures 350-450 °C. The tar coking at the temperatures 300-350 °C leads to the formation of gaseous, liquid products and petroleum coke. With the coking temperature increase up to 450 °C, only gaseous and solid products are observed in the reaction products. The catalysts addition to the tar leads to an improvement in the properties of petroleum coke. If the sulfur content in the initial tar composes 1,5 mass.%, then the sulfur content in the coke decreases to 1,09% at a temperature of coking 350 °C after additive to tar 4 mass.% 7,5%Ni-3,5%Cu/CNT catalyst. A significant part of the sulfur goes to the liquid phase. Increasing the tar catalytic coking temperature to 450 °C leads to sulfur slight increase to 1,11 wt.% in the coke. The desulfurization of petroleum coke occurs due to the transfer of sulfur to hydrogen sulfide, which is removed with the gas phase.

Keywords: tar, petroleum coke, sulfur, delayed coking

ГИДРОЛИЗ-ГИДРОГЕНОЛИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ЭТИЛЕН И ПРОПИЛЕНГЛИКОЛИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ

Землянухина Ольга Владимировна¹, студент; Громов Николай Владимирович^{1,2}, к.х.н. доцент

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20
кафедра инженерных проблем экологии, тел. +7(383)346-50-31

² Институт катализа им.Г.К. Борескова СО РАН, 630090, Россия, г.Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5

Землянухина О.В. e-mail: msolgavi76@gmail.com

Громов Н.В. e-mail: gromov@catalysis.ru

Аннотация

В одностадийном процессе гидролиза-гидрогенолиза целлюлозы исследовались твердые бифункциональные катализаторы на основе карбидов вольфрама и наночастиц никеля, нанесенных на карбидные носители (CW и Ni/CW). Катализаторы исследованы набором физико-химических методов анализа (РФА, ПЭМ, адсорбция азота, рНтнз) и испытаны в превращении целлюлозы в автоклаве при 245 °С и давлении водорода 50 атм. Установлено, что этилен- и пропиленгликоли являются основными продуктами реакции. Показана заметная активность карбидов в исследуемом процессе, причем активность карбидов вольфрама возрастает с увеличением содержания фаз металлического вольфрама и карбида вольфрама (I) (W и W₂C). Нанесение никеля заметно увеличивает каталитическую активность разработанных систем. Достигнут суммарный выход низших полиолов (этилен- и пропиленгликолей) 45,1%.

Ключевые слова: Целлюлоза; Гидролиз-гидрогенолиз; Этиленгликоль; 1,2-пропиленгликоль; Карбид вольфрама; Никель

Введение

Этилен- и пропиленгликоли (ЭГ и ПГ) являются ценными химическими веществами, широко используемыми в промышленности (производстве полимеров, антифризов, фармацевтике). На сегодняшний день потребление гликолей составляет порядка 30 миллионов тон в год и ежегодно увеличивается на ~5 % [1]. В настоящее время ЭГ и ПГ получают из невозобновляемого ископаемого сырья (этилена и пропилена) [2]. Постоянное истощение невозобновимой сырьевой базы и связанные с ее использованием экологические риски делают необходимым поиск новых источников сырья и способов их переработки в такие ценные соединения как ЭГ и ПГ. В данной работе показан одностадийный способ получения ЭГ и ПГ из целлюлозы – основного

компонента растительной биомассы, которая является перспективным возобновляемым источником сырья, альтернативным традиционным ископаемым ресурсам. Для эффективного превращения целлюлозы в заявленные продукты без выделения промежуточных соединений необходимо создание бифункциональных катализаторов. Мы предлагаем использовать в качестве катализаторов бифункциональные системы на основе карбидов вольфрама и наночастиц никеля, нанесенных на карбидные носители.

Целью работы стало испытание разработанных катализаторов в гидролизе-гидрогенолизе целлюлозы в ЭГ и ПГ и определение оптимального состава каталитической системы.

Методика экспериментального исследования

В работе исследованы четыре образца карбидов вольфрама (CW-1, CW-2, CW-3, CW-4), отличающихся соотношением компонентов, использованных при проведении высокотемпературного самораспространяющегося синтеза карбидных систем. Никель наносился на поверхность методом пропитки носителя по влагоемкости раствором предшественника – нитрата никеля $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ с последующим программированным восстановлением катализатора в токе водорода при $400\text{ }^\circ\text{C}$ для формирования наночастиц никеля. Катализаторы испытывались в автоклаве высокого давления при интенсивном перемешивании (1000 об/мин), температуре $245\text{ }^\circ\text{C}$, давлении водорода 50 атм в присутствии гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в качестве сокатализатора.

В реактор загружали 50 мл воды, 0,5 г микрокристаллической активированной целлюлозы, 0,5 г катализатора и 0,04 г $\text{Ca}(\text{OH})_2$. В ходе реакции через определенные интервалы времени отбирали пробы реакционной смеси для анализа методами ВЭЖХ и анализа ООУ. ВЭЖХ анализ проводился на хроматографе Shimadzu Prominence LC-20, оборудованном рефрактометрическим и диодноматричным детекторами. Определение ООУ проводили на анализаторе углерода серии multi N/C 2100 s (Analytik Jena).

Расчет выходов продуктов одностадийного процесса гидролиза/гидрогенолиза целлюлозы проводили в мольных процентах (%) по формуле:

$$Y = \frac{C_{\text{продукт}} \cdot V}{N_c \left(\frac{m_{\text{Целл}}}{M_{\text{Глюкан}}} \right)} \cdot 100\%$$

где Y - выход продукта, $C_{\text{продукт}}$ - концентрация продукта (моль л^{-1}), V - объем реакционной смеси (л), N_c - коэффициент, учитывающий мольное соотношение углерода между продуктом и глюкозой, $m_{\text{Целл}}$ - масса целлюлозы (г), $M_{\text{Глюкан}}$ - молярная масса глюкозы в целлюлозе ($162\text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$).

Результаты и обсуждение

Исследование величины удельной поверхности методом низкотемпературной адсорбции азота показало, что разработанные системы CW-n обладают невысокой величиной удельной поверхности ($27\text{-}46\text{ м}^2/\text{г}$), микропоры

практически отсутствуют. Введение Ni в образец CW-2 ведет к увеличению величины удельной поверхности, которая возрастает вместе с содержанием металла в образце. Согласно данным рентгенофазового анализа (РФА), полученные материалы представляют собой смесь W/W_2C с небольшими примесями WC. Фазовый состав материалов сильно зависит от количества введенных добавок. Нанесение Ni не вызывает изменений фазового состояния носителя карбида вольфрама. Поверхностная кислотность образцов на основе карбида вольфрама ($pH_{ТНЗ}$) оказалась достаточно близка для всех каталитических систем и находилась в диапазоне 4.1 - 4.9 и резко возросла с нанесением Ni до 9.32-9.67.

Каталитические свойства CW-n были исследованы в процессе гидролиза-гидрогенолиза активированной целлюлозы. Основными продуктами реакции являются ЭГ и 1,2-ПГ, побочный продукт – глицерин. Среди испытанных систем на основе карбидов CW-n в процессе гидролиза-гидрогенолиза наибольшей активностью обладает CW-2 (Рис. 1). В присутствии CW-2 выход ЭГ и 1,2-ПГ составил 11.5 и 18.5 мол.%, соответственно. Установлено, высокая активность CW-2 по сравнению с другими носителями связано с увеличением в его составе доли фаз металлического вольфрама и карбида вольфрама (I). Нанесение Ni на поверхность наиболее активного носителя CW-2 приводит к увеличению выходов как ЭГ, так и 1,2-ПГ. В присутствии катализатора 1%Ni/CW-2 удается достичь 16.8% ЭГ и 28.3% 1,2-ПГ (суммарный выход целевых продуктов 45,1%) (Рис. 1).

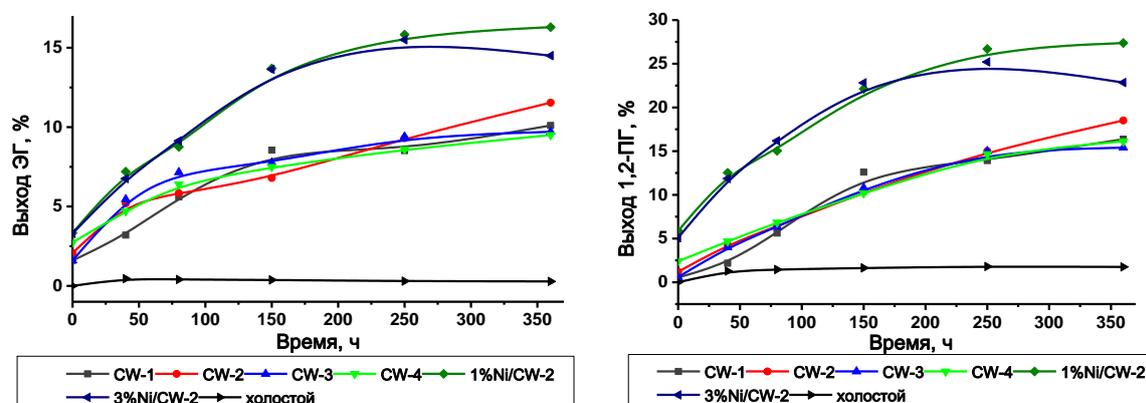


Рис. 1. Кинетические накопления ЭГ и 1,2-ПГ в процессе гидролиза-гидрогенолиза целлюлозы в присутствии систем на основе карбида вольфрама (условия: концентрации целлюлозы и катализатора - 10 г л^{-1} , давление H_2 – 50 атм, температура - 245°C , перемешивание – 1000 об/мин).

Выводы

В процессе гидролиза-гидрогенолиза целлюлозы испытаны каталитические системы на основе карбида вольфрама, отличающиеся соотношением фаз W/W_2C и W_2C/WC , а также никельсодержащие катализаторы, полученные нанесением наночастиц металла на поверхность наиболее активного носителя. Определен оптимальный состав катализатора: 1%Ni/CW-2. В присутствии наиболее перспективного катализатора выходы этилен- и

пропиленгликолей, являвшихся основными продуктами процесса, достигли 16.8% и 28.3% соответственно (суммарный выход целевых продуктов 45,1%).

Благодарности

Авторы выражают благодарность ведущему научному сотруднику ИК СО РАН М.Н. Тимофеевой за предоставленные носители карбидов вольфрама и инженеру I категории ИК СО РАН Т.Б. Медведевой за помощь в нанесении никеля и проведении экспериментов. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№18-33-01007).

Библиографический список:

1. J. Pang, M. Zheng, R. Sun, A. Wang, X. Wang, T. Zhang, Synthesis of ethylene glycol and terephthalic acid from biomass for producing PET, *Green Chem.* 18 (2016) - P. 342-359.
2. H. Yue, Y. Zhao, X. Ma, J. Gong, Ethylene glycol: properties, synthesis, and applications, *Chem. Soc. Rev.* 41 (2012) - P. 4218-4244.

HYDROLYSIS-HYDROGENATION OF CELLULOSE TO ETHYLENE AND PROYLENE GLYCOLS FOR OVERCOMING ECOLOGICAL PROBLEMS

*Zemlyanuhina Olga Vladimirovna¹, student,
Gromov Nikolay Vladimirovich^{1,2}, PhD.*

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

² Boreskov Institute of Catalysis, 630090, Russia, Novosibirsk, Akademik Lavrentiev av., 5

Abstract

One-pot hydrolysis-hydrogenolysis of cellulose in the presence of solid bifunctional catalysts based on tungsten carbides and nickel nanoparticles supported on carbide supports (CW and Ni/CW) was investigated. The catalysts were characterized by X-ray diffraction, PEM, nitrogen adsorption, pH and tested in the cellulose processing in an autoclave at 245 ° C and a hydrogen pressure of 50 atm. Ethylene and propylene glycols were established to be the main products of the reaction. A noticeable activity of carbides in the process was shown, with the activity of tungsten carbides increasing with an increase in the content of metallic tungsten and tungsten carbide (I) phases (W and W₂C). The deposition of nickel significantly increases the catalytic activity of the developed systems. Total yield of ethylene and propylene glycols achieved 45.1%.

Keywords: Cellulose; Hydrolysis-Hydrogenolysis; Ethylenglycol; 1,2-propylenglycol; Tungsten carbide; Nickel

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИДКОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ
ОРГАНИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНИТЕЛЯ ФЕНОЛА В ПРИСУТСТВИИ
ЖЕЛЕЗОСАДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ
УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА СИБУНИТ**

Фролова Анна Сергеевна^{1,2}, студент; Вартик Алина Иульяновна¹, студент; Громов Николай Владимирович^{1,2}, к.х.н., н.с.

¹ Новосибирский государственный технический университет
630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20
кафедра инженерных проблем экологии, тел. +7(383)346-50-31

² Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН
630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5

Фролова А.С., e-mail: annaifrolova1997@gmail.com

Вартик А.И., e-mail: alinv0208@gmail.com

Громов Н.В., e-mail: gromov@catalysis.ru

Адрес для корреспонденции: Фролова Анна Сергеевна, Новосибирский государственный технический университет 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. e-mail: annaifrolova1997@gmail.com

Аннотация

Синтезированы твердые железосодержащие катализаторы (2%Fe/Sib) на основе шести марок углеродного материала Сибунит для исследования процесса жидкофазного окисления фенола пероксидом водорода. Изучена кинетика протекания реакции окисления субстрата. Обнаружено, что катализатор 2%Fe/Sib-2, приготовленный на основе марки Сибунит-2, является наиболее эффективным для данной реакции. Степень превращения фенола в его присутствии превысила 80%.

Ключевые слова: Экологический загрязнитель; аенол; героксидное окисление; железо; сибунит

Введение

Фенолы являются одним из наиболее распространенных загрязнителей, поступающих в поверхностные воды со стоками предприятий. Сброс фенольных вод в водоемы и водотоки резко ухудшает их общее санитарное состояние, оказывая влияние на живые организмы не только своей токсичностью, но и значительным изменением режима биогенных элементов и растворенных газов (кислорода, углекислого газа). Процесс самоочищения водоемов от фенола протекает относительно медленно. Процессы окисления пероксидом водорода часто применяются для очистки сточных вод от различных органических загрязнителей. В качестве катализаторов предлагается использовать системы переходных металлов (Ru, Pt, Pd, Fe, Cu, Mn), нанесенных на оксидные, углеродные или цеолитные носители. Следует отметить, что использование

недрагоценных металлов более перспективно, в то время как применение благородных металлов (Ru, Pt, Pd) может существенно увеличить стоимость катализатора. С другой стороны, углеродные материалы отличаются высокой устойчивостью к воздействиям реакционной среды, а также часто оказываются более активными по сравнению с другими носителями за счёт высокой адсорбционной способности углеродных материалов. Таким образом в данной работе для проведения исследований по переработке загрязнителя фенола были использованы твердые катализаторы на основе железа, нанесенного на углеродный материал Сибунит.

Целью работы стало: приготовление катализаторов 2%Fe/Sib с использованием шести марок углеродного носителя, испытание катализаторов в превращении фенола в пероксидном окислении в водной среде и выявление оптимального состава катализаторов.

Методика экспериментального исследования

Для приготовления углеродных катализаторов использовали 6 марок Сибунита, отличающихся физико-химическими показателями (удельная поверхность, влагоемкость, зольность, объем пор и т.д.). Углеродные материалы отмывали кипячением, измельчали, отсеивали фракцию 250-500 мкм для дальнейшей работы. Железо наносили методом пропитки по влагоемкости из раствора $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, прокаливали в потоке воздуха в течение 4 часов при 200°C и скорости потока 150 мл/мин.

Таблица 1

Физико-химические показатели образцов Сибунита

Показатель	Сибунит -1	Сибунит -2	Сибунит -3	Сибунит -4	Сибунит -5	Сибунит -6
Суммарный объем пор, $\text{см}^3/\text{г}$	0,67	0,58	0,46	0,52	0,42	0,50
Влагоемкость, мл/г	0,616	0,497	0,431	0,406	0,341	0,492
Зольность, %	0,18	0,20	0,14	0,26	0,15	0,10

Испытания катализаторов в пероксидном окислении фенола проводили при атмосферном давлении и комнатной температуре в стеклянном реакторе. Исходный реакционный раствор выдерживали час в потоке аргона при постоянном помешивании для адсорбции фенола на поверхности катализатора, измеряли концентрации фенола до и после адсорбции. Для инициирования реакции окисления в исходную смесь добавляли пероксид водорода. В начале реакции $\text{pH}=3$; $[\text{H}_2\text{O}_2]=0,14 \text{ M}$; $[\text{PhOH}]=0,01 \text{ M}$. На протяжении всей реакции концентрацию перекиси водорода в реакторе поддерживали постоянной. Из реактора отбирались пробы для определения содержания фенола методом ВЭЖХ (прибор Милихром А-02) и концентрации пероксида водорода спектрофотометрическим методом (спектрофотометр Uvicon-923).

Результаты и обсуждение

По полученным результатам ВЭЖХ анализа построены кинетические зависимости превращения фенола от времени реакции для для всех шести катализаторов. Превращение фенола протекало с высокой скоростью первые 15 минут реакции, после чего наблюдалось заметное замедление процесса, связанное с отравлением катализатора продуктами разложения субстрата (рис. 1).

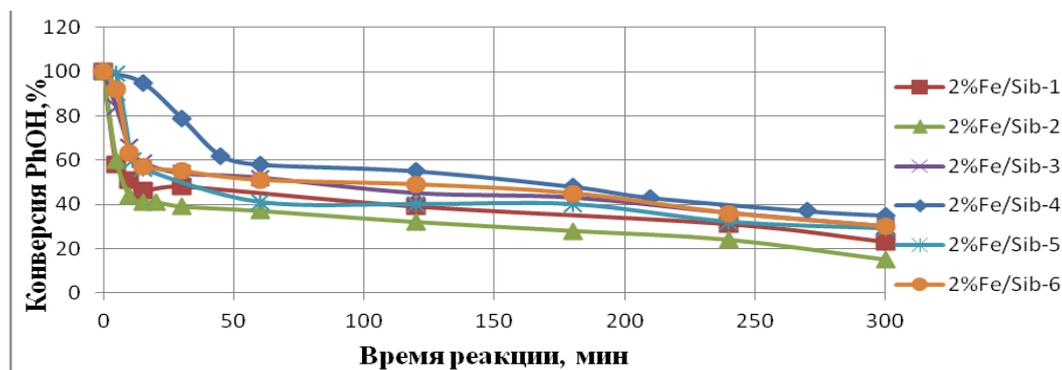


Рис. 1. Кинетические кривые расщепления фенола в зависимости от времени реакции

Конверсия PhOH рассчитывалась по формуле (1):

$$x = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \cdot 100\% , \quad (1)$$

Данные по конверсии фенола приведены в таблице 2. В целом глубина превращения субстрата достигала 63 - 80%. Наибольшая величина превращения фенола зафиксирована в присутствии катализатора 2%Fe/Sib-2. В присутствии всех катализаторов обнаружен первый наблюдаемый порядок реакции по фенолу. Для оценки эффективности катализатора использовали параметр TOF (англ. turnover frequency – «число оборотов»), который считали по формуле:

$$TOF = \frac{r_{max}}{n_{Fe}} , \quad (2)$$

Результаты расчета приведены в таблице 2. TOF увеличивается в ряду: 2%Fe/Sib-4 > 2%Fe/Sib-6 > 2%Fe/Sib-3 > 2%Fe/Sib-5 > 2%Fe/Sib-1 > 2%Fe/Sib-2. Наибольшее значение TOF равное 0.083 мин⁻¹ в исследуемой реакции продемонстрировал катализатор 2%Fe/Sib-2.

Таблица 2
Данные испытаний катализаторов

	x, %	r _{max} , ммоль/мин	TOF, min ⁻¹
2%Fe/Sib-1	70,1	0,271	0,076
2%Fe/Sib-2	80,7	0,371	0,083
2%Fe/Sib-3	69,6	0,281	0,063
2%Fe/Sib-4	63,5	0,129	0,014
2%Fe/Sib-5	70,9	0,320	0,072
2%Fe/Sib-6	70,0	0,274	0,061

Выводы

В результате выполнения работы синтезированы твердые железосодержащие катализаторы на основе углеродного материала Сибунит. Для приготовления катализаторов использовались шесть марок Сибунита, отличающиеся объемом пор и влагоемкостью. Количество железа во всех катализаторах было одинаковым и составляло 2 %. Катализаторы испытаны в реакции пероксидного окисления фенола при комнатной температуре. Обнаружено, что наиболее эффективным (активным) оказался катализатор на основе марки Сибунит-2. В присутствии катализатора на его основе степень превращения фенола превысила 80%.

Благодарности

Авторы выражают благодарности ведущему инженеру ИК СО РАН О.Л. Огородниковой за помощь в приготовлении и испытании катализаторов. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№18-33-01007).

INVESTIGATION OF LIQUID-PHASE OXIDATION OF PHYNOL ORGANIC POLLUTANT IN THE PRESENCE OF FE-CONTAINING CATALYSTS BASED ON SIBUNIT CARBON MATERIAL

*Frolova Anna Sergeevna^{1,2}, Vartik Alina Iul'yanovna¹,
Gromov Nikolay Vladimirovich^{1,2}*

¹ Novosibirsk State Technical University

630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx av., 20

² Boreskov Institute of Catalysis

630090, Russia, Novosibirsk, Akademik Lavrentiev av., 5

Frolova A.S., e-mail: annaifrolova1997@gmail.com

Vartik A.I., e-mail: alinav0208@gmail.com

Gromov N.V., e-mail: gromov@catalysis.ru

Abstract

When performing this work, solid iron-containing catalysts based on carbon material Sibunit were synthesized. For the preparation of the catalysts six Sibunit modes were used, differing in pore volume and moisture capacity. The amount of iron in all the catalysts was equal to 2%. The catalysts were tested in the reaction of peroxide oxidation of phenol at ambient temperature. It was found that a catalyst based on the Sibunit-2 model was found to be the most effective (active). In the presence of this catalyst the degree of conversion of phenol exceeded 80%.

Key words

Pollutant; Phenol; Peroxide oxidation; Ferrum ; Sibunit

**ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА
ЖИДКОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ
В ПРИСУТСТВИИ ТВЕРДЫХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ
КАТАЛИЗАТОРОВ**

*Шпунт Анна Александровна¹, студент; Громов Николай Владимирович^{1,2},
к.х.н., доцент*

¹Новосибирский государственный технический университет,
630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20
Кафедра инженерных проблем экологии, тел. +7(383)346-50-31

²Институт Катализа им. Борескова СО РАН,
630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5

Шпунт А.А. e-mail: anna.25_97@mail.ru

Громов Н.В. e-mail: gromov@catalysis.ru

Аннотация

Пероксидное окисление органических загрязнителей изучено на примере фенола в присутствии железосодержащих цеолитных катализаторов (0,09%Fe/HZSM-5(17) и 0,65%Fe-ZSM-5-(30)). Изучены кинетические параметры процесса. Выявлен первый наблюдаемый порядок реакции по фенолу, определена наблюдаемая энергия активации, которая составила 9461 Дж/моль. В присутствии наиболее перспективного катализатора 0,65%Fe-ZSM-5-(30), показана возможность полного превращения фенола.

Ключевые слова: Экологический загрязнитель; фенол; пероксидное окисление; железо; цеолит

Введение

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 плохо очищаются традиционными методами очистки сточных вод ввиду их высокой химической стойкости. Глубокое окисление в жидкой фазе пероксидом водорода в качестве окислителя (wet peroxide oxidation, WPO) рассматривается как альтернатива для обработки сточных вод, содержащих органические загрязнители, в том числе фенол. Среди перспективных катализаторов такой очистки вод от фенола можно выделить железосодержащие цеолиты.

Целью данной работы стало испытание в реакции пероксидного окисления фенола железосодержащих цеолитов 0,09%Fe/HZSM-5(17) и 0,65% Fe-ZSM-5-

(30), а также исследование кинетических параметров данной каталитической реакции.

Методика экспериментального исследования

Реакции пероксидного окисления фенола в присутствии железосодержащих цеолитов проводили при температурах 25-75 °С. В термостатированный при заданной температуре реакции трехгорловой стеклянный реактор помещали катализатор и раствор фенола и оставляли при непрерывном перемешивании (900 об/мин) с помощью магнитной мешалки. Включали термостат и перед добавлением пероксида водорода реакцию смесь отдували Ar 1 час для адсорбции фенола на поверхности катализатора. Концентрацию H_2O_2 измеряли по ходу реакции и периодически добавляли новые порции окислителя для поддержания его концентрации в реакционной смеси. pH реакционного раствора измеряли в начале и конце реакции. Через определенные промежутки времени из реактора извлекали аликвоты для анализа. Реакцию в пробах останавливали добавлением EtOH 1:1. Далее отобранные пробы анализировали на приборе Миллихром-А-02.

Результаты и обсуждение

Испытания катализаторов в окислении фенола пероксидом водорода при 25 °С показали, что каталитическая система 0,09%Fe/HZSM-5(17) неактивна в исследуемом процессе, что может быть связано с низким содержанием активного компонента в катализаторе. Катализатор 0,65%Fe-ZSM-5-(30) продемонстрировал заметную активность в реакции (Рис. 1). Через 300 минут реакции глубина превращения фенола достигла 30 %. Дальнейшие исследования проводились с использованием активного катализатора 0,65%Fe-ZSM-5-(30). Проведены эксперименты при 35, 50 и 75 °С. Показано, что с увеличением температуры процесса, скорость реакции постоянно возрастает (рис. 1). При этом при высоких температурах удалось добиться полной конверсии субстрата. Так, при 75 °С полное превращение фенола достигается уже при 100 минутах реакции. Следует отметить, что хотя 100% превращения фенола при 25 и 35 °С не было достигнуто, скорость реакции не уменьшалась, что может свидетельствовать о возможности полного превращения при более длительном времени реакции. Определен первый наблюдаемый порядок реакции по фенолу, по кинетическим кривым, спрямленным в логарифмических координатах, рассчитаны начальные скорости реакции при четырех температурах. Построена зависимость начальной скорости от температуры в координатах Аррениуса (рис. 2). По получившейся линейной зависимости определена наблюдаемая энергия активации процесса, которая составила 9461,7 Дж/моль.

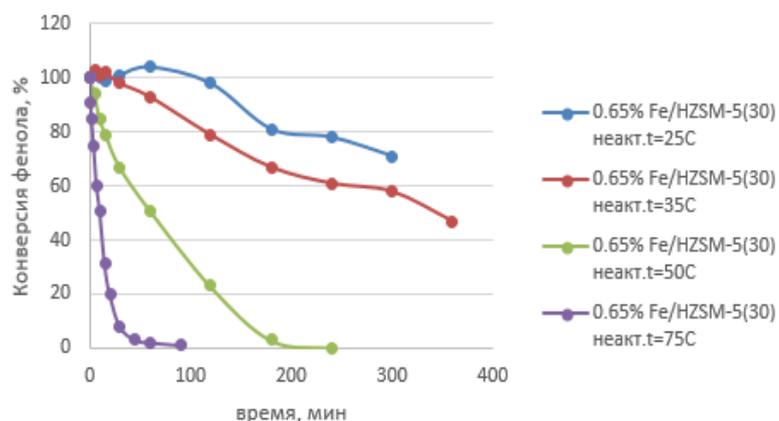


Рис. 1. Кинетические кривые превращения фенола в присутствии катализатора 0,65%Fe-ZSM-5-(30) при 25-75 °С.

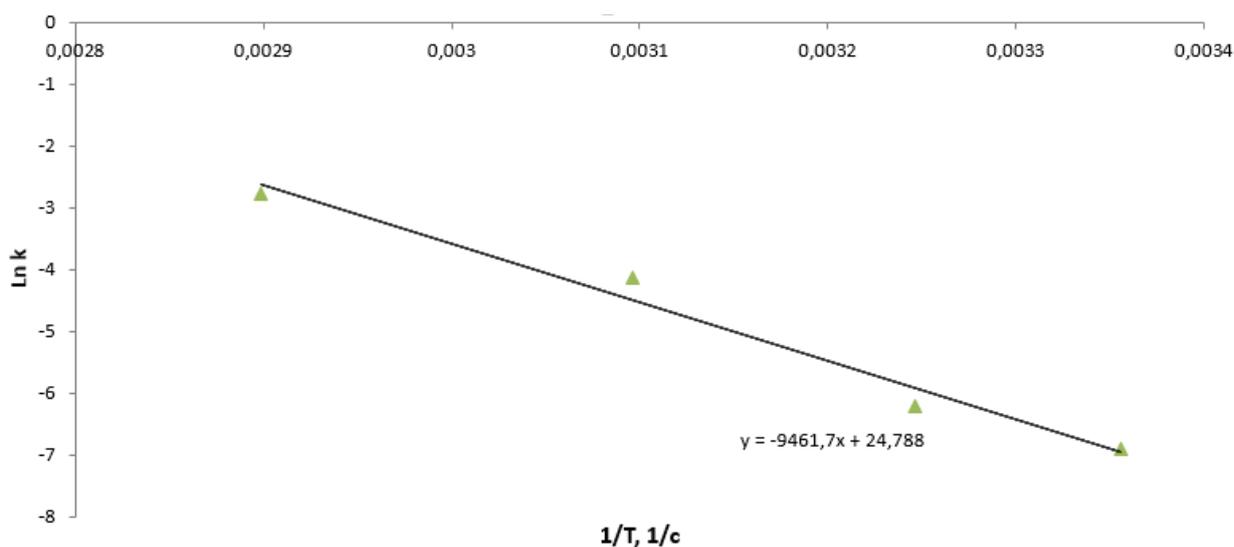


Рис.2. График зависимости начальной скорости от 1/T

Выводы

В ходе выполнения работы в реакции пероксидного жидкофазного окисления фенола при температурах 25-75 °С испытаны два железосодержащих цеолитных катализатора 0,09%Fe/HZSM-5(17) и 0,65%Fe-ZSM-5-(30). Активность в исследуемом процессе продемонстрировала каталитическая система, содержащая 0.65% железа. Показана возможность полной конверсии фенола в присутствии цеолитного катализатора.

Определен первый наблюдаемый порядок реакции по фенолу и определена наблюдаемая энергия активации процесса, которая составила 9461 Дж/моль.

Благодарности

Авторы выражают благодарности старшему научному сотруднику С.А. Яшник за предоставленные катализаторы и ведущему инженеру ИК СО РАН О.Л. Огородниковой за помощь в испытании катализаторов. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№18-33-01007).

KINETIC INVESTIGATIONS OF PHENOL ORGANIC POLLUTANT OXIDATION BY HYDROGEN PEROXIDE IN THE PRESENCE OF SOLID FERRUM-CONTAINING CATALYSTS

Shpunt Anna Alexandrovna¹, student

Gromov Nikolay Vladimirovich^{1,2}, PhD, assistant professor

¹ Novosibirsk State Technical University

630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx av., 20

² Boreskov Institute of Catalysis 630090, Russia, Novosibirsk, Akademik Lavrentiev av., 5

Shpunt A.A. e-mail: anna.25_97@mail.ru

Gromov N.V. e-mail: gromov@catalysis.ru

Abstract

Among the environmental pollutants that leak to the natural waters in a result of human activity, phenol and its derivatives seem to be especially difficult for any treatment. Phenol and its derivatives are hardly cleaned by traditional methods of wastewater treatment due to their high chemical resistance. Deep oxidation in the liquid phase with hydrogen peroxide as an oxidizing agent (wet peroxide oxidation, WPO) is considered as an alternative for treating wastewater containing organic pollutants, including phenol. Iron-containing zeolites can be distinguished among promising catalysts for such purification of water from phenol.

When studying the peroxide liquid phase oxidation of phenol at temperatures of 25-75 °C, two iron-containing zeolite catalysts 0.09%Fe/HZSM-5 (17) and 0.65%Fe-ZSM-5-(30) were tested. The catalytic system containing 0.65% of iron demonstrated activity in the process under study. The possibility of the complete conversion of phenol in the presence of a zeolite catalyst is shown. The first reaction order for phenol was determined, the activation energy of the process was determined, which was 9461 J/mol.

Key words

Pollutant; Phenol; Peroxide oxidation; Ferrum ; Zeolite

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО МЕТОДА СИНТЕЗА 1-МЕТОКСИ-2-ПРОПАНОЛА В ПРИСУТСТВИИ СЛОИСТОГО ТИТАНОСИЛИКАТА АМ-4

Курченко Юлия Васильевна¹, магистрант; Тимофеева Мария Николаевна^{1,2}, д. хим. наук., профессор

^{1*} Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, кафедра инженерных проблем экологии, тел. (383)346-50-31

² Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5.

Курченко Ю.В., E-mail: JulyaKurchenko@mail.ru

Тимофеева М. Н., E-mail: timofeeva@catalysis.ru

Адрес для корреспонденции: Курченко Юлия Васильевна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-50-31

Аннотация

В работе приведены результаты синтеза и исследования физико-химических и каталитических свойств титаносиликата АМ-4, модифицированного 0.0625-0.25М HNO₃, в реакции синтеза 1-метокси-2-пропанола (МЭПГ) из оксида пропилена (ПО) и метанола. Комплекс физико-химических и каталитических исследований указывает на то, что концентрация HNO₃ влияет на химический состав, текстурные, структурные, кислотно-основные и каталитические свойства титаносиликата АМ-4. Увеличение концентрации кислоты способствовало снижению основности поверхности, и, следовательно, увеличению ее кислотности. Выход МЭПГ с увеличением концентрации кислоты уменьшается. В присутствии АМ-4 максимальная конверсия ПО и селективность МЭПГ составила 88.4% и 92.3%, соответственно.

Ключевые слова: Кислотная активация, титаносиликат, АМ-4, метиловый эфир пропиленгликоля, метанол, оксид пропилена

Введение

ПО является весьма значимым продуктом синтеза благодаря его высокой реакционной способности и возможности легко вступать во взаимодействие с соединениями различных классов в различных отраслях промышленности. Например, большую часть ПО используют для получения метилового эфира пропиленгликоля МЭПГ, который нашел широкое применение в химической и косметической промышленности как экологически чистый растворитель с низкой токсичностью [1].

Одним из методов получения МЭПГ является реакция взаимодействия ПО

и метанола в присутствии различных катализаторов (рис. 1).

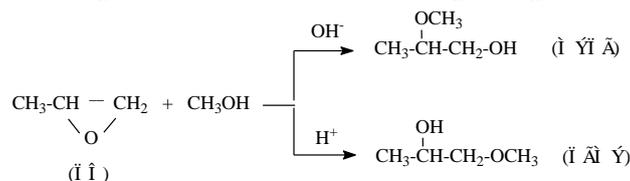


Рис. 1. Реакция взаимодействия ПО и метанола

Механизм этой реакции зависит от природы катализатора. В настоящее время для данного процесса известно применение гомогенных и гетерогенных катализаторов, например, NaOH [2], Zr,Al-пиларированные глины [3], молекулярные сита [4] и др. Литературные данные указывают на возможность регулирования скорости реакции и выхода МЭПГ варьированием текстурных характеристик и поверхностной кислотности материалов.

В данной работе изучено влияние кислотной активации слоистого титаносиликата АМ-4 на скорость и селективность реакции образования МЭПГ из ПО и метанола. Основное внимание в работе посвящено установлению основных факторов, влияющих на каталитические свойства кислотномодифицированных АМ-4 и выяснение связей между кислотными и каталитическими свойствами данных материалов.

Методика экспериментального исследования

В работе использовали метанол (99.0%, Acros Organics), пропиленоксид (Acros Organics), HNO₃ (70 %, ACS reagent). АМ-4 был получен из (NH₄)₂TiO(SO₄)₂ и Na₂SiO₃. Синтез МЭПГ из ПО и метанола проводили в автоклаве, снабженном мешалкой. В реактор загружали реагенты при мольном соотношении MeOH/ПО = 8/1 моль/моль, 1.8 масс.% катализатора и смесь нагревали до 50, 90 и 110 °С. Через определенные интервалы времени отбирали пробы и анализировали методом ГЖХ. Обозначение образцов и их химический состав приведен в таблице 1.

Таблица 1

	Химический состав изучаемых АМ-4 образцов		
	Содержание, (масс.%)		
	Na	Si	Ti
АМ-4	32.3±0.2	29.5±0.2	34.3±0.2
0.0625М АМ-4	8.8±0.1	33.1±0.2	54.2±0.2
0.125М АМ-4	4.8±0.1	35.9±0.2	54.4±0.2
0.25М АМ-4	0.7±0.03	37.2±0.2	54.5±0.2

Модифицирование АМ-4 проводили путем добавления г 1 г твердого вещества 10 мл водного раствора азотной кислотой концентрацией 0.0625, 0.125, 0.25М в течение 30 мин при комнатной температуре. Твердое вещество отделяли от раствора фильтрованием, промывали водой и сушили на воздухе при комнатной температуре.

Исследование каталитических свойств катализаторов

Согласно полученным данным, обработка АМ-4 азотной кислотой приводит к вымыванию «сшивающих» катионов натрия из Si- и Ti-слоев. 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 (2Θ). Повышение концентрации HNO_3 кислоты приводит к росту поверхностной кислотности ($\text{pH}_{\text{ТНЗ}}$ - точка нулевого заряда) с 11.15 (АМ-4) до 4.0 (0.25М АМ-4).

Изменение физико-химических свойств АМ-4 влияло на его каталитические свойства в реакции синтеза МЭПГ из ПО и метанола. Согласно данным МС-ГЖХ основным продуктом реакции был МЭПГ. Кроме того, наблюдалось образование в небольшом количестве ПГМЭ.

Показано, что конверсия ПО и селективность МЭПГ зависят от концентрации кислоты (рис. 2). С увеличением концентрации кислоты селективность снижается, что связано с изменением природы кислотных центров. V-образная кривая зависимости конверсии ПО от концентрации азотной кислоты также указывает на влияние поверхностной кислотности на каталитические свойства АМ-4.

Методом ИК спектроскопии изучен механизм реакции в присутствии АМ-4. Показано, что реакция протекает через диссоциативную адсорбцию MeOH на активных центрах $-\text{O}-\text{Ti}-\text{O}-\text{Si}-\text{O}-$. Показана возможность многократного использования АМ-4 без потери каталитической активности. В течение трех циклов конверсия и селективность МЭПГ существенно не изменялись и составляли 88.4-88.7 и 92.3-90.9%, соответственно. В присутствии АМ-4 энергия активации данного процесса равна 14.6 ± 0.7 ккал/моль.

Проведено сравнение каталитических свойств титаносиликата АМ-4 с системами, изученными в литературе (табл. 2). Хорошо видно, что активность M_xO_y систем коррелирует с силой основных центров (РА). Благодаря высокой основности АМ-4 показывает высокую активность при 100°C в отличие от других систем. В тоже время, активность АМ-4 и цеолитоподобных имидазолятных каркасных структур (ZIF-8 и MAF-5) слабо коррелирует с силой основных центров (табл. 2), что связано с их различием адсорбционных и

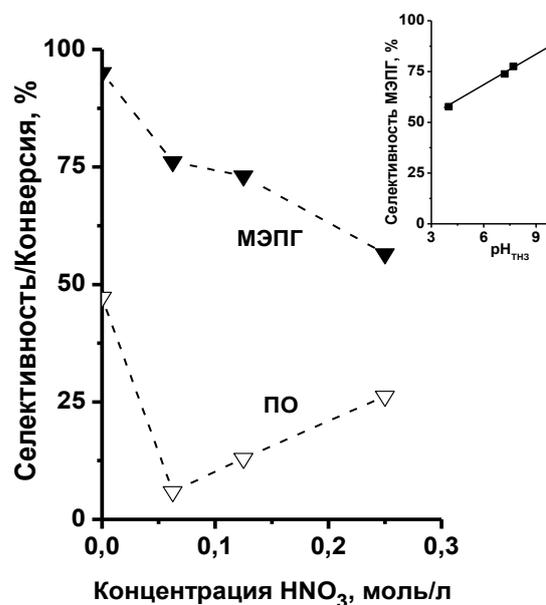


Рис. 2. Корреляция между селективностью МЭПГ, конверсией ПО и концентрацией HNO_3

гидрофобных свойств.

Таблица 2

Реакция ПО с метанолом в присутствии различных катализаторов ^а

	РА (кДж/моль)	Т (°С)	Конверсия ПО (%)	Селективность (%)	
				(ПГМЭ)	(МЭПГ)
АМ-4 ^а	1019	110	88.4	7.7	92.3
АМ-4 ^{а,б}		110	79.0	8.5	91.5
MgO-Al ₂ O ₃	911-924	120	31.4	-	72.3
CaO ^в	967	120	37.3	-	85.1
MgO ^в	911-924	120	71.1	-	89.2
ZIF-8 ^{а, г}	858	110	54.4	6.2	93.8
MAF-5 ^{а,г}	886	110	90.3	7.4	92.6

^а 1.8 масс.% катализатор, MeOH/ПО = 8 моль/моль, 4 ч; ^б 7.5 ч; ^в MeOH/ПО = 5 моль/моль, 5 ч; ^г 5 ч.

Выводы

В работе изучено влияние кислотной модификации 0.0625-0.25М азотной кислотой АМ-4 (синтетического аналога семейства линтисита) на его физико-химические и каталитические свойства в реакции синтеза МЭПГ из ПО и метанола. Согласно комплексу физико-химических и каталитических исследований кислотная модификация изменяет химический состав, структурные, текстурные и кислотно-основные свойства АМ-4. Максимальная конверсия ПО 79.0% наблюдается в присутствии АМ-4 за 4 ч при 110 °С. Также, показана возможность повторного использования АМ-4 в трех циклах без потери его активности.

Библиографический список:

1. P. de Ketttenis The historic and current use of glycol ethers: a picture of change / P. de Ketttenis // Toxicology Letters. 2005. N 156. P. 5–11.
2. Parker R. E. Mechanisms of epoxide reactions / R. E. Parker, N. S. Isaacs // Chem. Rev. 1959. N 59. P. 737–799.
3. Timofeeva M. N. Synthesis of propylene glycol methyl ether from methanol and propylene oxide over alumina-pillared clays / M. N. Timofeeva, V. N. Panchenko, A. Gil, Y. A. Chesalov, T. P. Sorokina, V. A. Likhobolov // Appl. Catal. B. 2011. Vol. 102. P. 433–440.
4. Liang S. G. Synthesis of propylene glycol methyl ether catalyzed by MCM-41 / S. G. Liang, Y. X. Zhou, H. Z. Liu, T. Jiang, B. X. Han // Synth. Commun. 2011. Vol. 41. P. 891–897.

DEVELOPMENT OF ECOLOGICALLY PURE SYNTHESIS 1-METHOXY-2-PROPANOL IN THE PRESENCE OF LAYERED TITANOSILICATE AM-4

Kurchenko Julya Vasil'evna, student;
Timofeeva Maria Nikolaevna, ScD, Professor

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, K. Marksa, 20

Abstract

The paper presents the results of the synthesis and study of the physicochemical and catalytic properties of the titanosilicate AM-4, modified with 0.0625-0.25M HNO₃, in the synthesis of 1-methoxy-2-propanol (MEPG) from propylene oxide (PO) and methanol. According to physicochemical and catalytic investigations textural, properties, chemical composition and surface acidity of acid-activated AM-4 depend on the HNO₃ concentration. An increase in the concentration of the acid contributed to a decrease in the basicity of the surface and, consequently, an increase in its acidity. The yield of MEPG with increasing acid concentration decreases. In the presence of AM-4, the maximum software conversion and the selectivity of MEGP were 88.4% and 92.3%, respectively.

Keywords: Acid activation, Titanosilicate, AM-4, methyl ether propylene glycol, methanol, propylene oxide.

СИНТЕЗ МОНОМЕТИЛОГО ЭФИРА ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ – ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО РАСТВОРИТЕЛЯ, В ПРИСУТСТВИИ ZIF-8 И ЕГО КОМПОЗИТОВ

*Лукоянов Иван Андреевич², магистрант; Швыдко Алина Витальевна²,
студент; Тимофеева Мария Николаевна^{1,2}, д. хим. наук., профессор,*

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

² Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5, тел. (383)330-82-69

Лукоянов И.А., E-mail ivan_lukoyanov95@mail.ru

Швыдко А.В., E-mail alina.schwydcko.98@mail.ru

Тимофеева М. Н., E-mail: timofeeva@catalysis.ru

*Адрес для корреспонденции: Лукоянов Иван Андреевич, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск,
пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-50-31*

Аннотация

Впервые показана возможность получения монометилового эфира пропиленгликоля из метанола и окиси пропилена (ПО) в присутствии ZIF-8 и композитов на основе слоистого Al_2O_3 (NafenTM) (ZIF-8/n- Al_2O_3). В их присутствии реакция протекает в мягких условиях при мольном соотношении MeOH/ПО 5-8, 1,8 масс.% катализатора и 110°C. Селективность реакции по 1-метокси-2-пропанолу составляет 92.1-93.8%. Содержание ZIF-8 в композите влияет на скорость и селективность реакции. Показано, что при использовании ZIF-8 в течение 5 циклов каталитические свойства не изменяются.

Ключевые слова: Растворитель, ZIF-8, монометиловый эфир пропиленгликоля, метанол, окись пропилена

Введение

Получение метоксипропанола является важной практической задачей, поскольку он широко используется в качестве растворителя в полиграфии и лакокрасочной промышленности. Преимущества использования метоксипропанола – это низкая токсичность и высокая растворяющая способность [1-2]. В промышленности его (1-метокси-2-пропанол (II)) получают по реакции окиси пропилена (ОП) с метанолом в присутствии щелочных катализаторов (рис. 1):

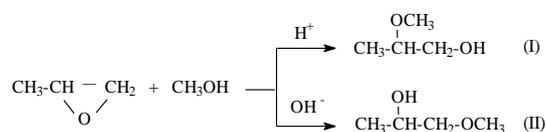


Рис. 1. – Схема синтеза 1-метокси-2-пропанола

Побочным продуктом данной реакции является первичный спирт (2-метокси-1-пропанол, (I)), которые можно получить с селективностью до 90% в присутствии кислых катализаторов [3]. В то же время катализаторы с основными центрами способствуют образованию вторичного спирта (1-метокси-2-пропанол, (II)). Цеолитоподобные имидазолятные каркасы (ZIF) могут представлять интерес для данной реакции, что обусловлено наличием основных центров образованных имидазолиевым лигандом. В данной работе изучена возможность применения цинк-имидазолятного каркаса ZIF-8 и его композитов, полученных путём фиксации ZIF-8 в структуре нановолокон слоистого Al_2O_3 (NafenTM).

Экспериментальная часть

В работе использовали метанол (99.0%, Acros Organics), окись пропилена (Acros Organics). ZIF-8/n- Al_2O_3 материалы были синтезированы сольвотермическим методом, основанным на формировании ZIF-8 в структуре слоистого нано Al_2O_3 в растворе метанола. Условия синтеза и обозначения образцов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Условия синтеза ZIF-8/ Al_2O_3		
Обозначение образцов	Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O (г)	2-метилимидазол (г)
8.1%ZIF-8/n- Al_2O_3	0.1286 (0.43 ммоль)	0.390 (4.7 ммоль)
12.9%ZIF-8/n- Al_2O_3	0.2593 (0.87 ммоль)	0.781 (9.52 ммоль)
17.4%ZIF-8/n- Al_2O_3	0.37 (1.24 ммоль)	0.83 (10.2 ммоль)

Синтезировали 1-метокси-2-пропанол из ПО и MeOH, при 110 °C и 120 °C в стеклянном термостатированном автоклаве, снабженном магнитной мешалкой. Катализаторы перед экспериментом прокаливали на воздухе при 150 °C в течение 2 ч для удаления адсорбированной воды. В автоклав загружали 7.4 ммоль ПО, MeOH (MeOH/ПО = 8 моль/моль) и катализатор (2.1 масс.%), выдерживали при перемешивании в течении 5 – 7.5 ч. После охлаждения реакцию смесь анализировали методом ГЖХ. Основные результаты приведены в таблице 2.

В присутствии ZIF-8 и его композитов реакция имеет гетерогенный характер, поскольку после удаления катализатора протекание реакции в растворе не наблюдается. Конверсия ПО и распределение продуктов зависят от количества ZIF-8 в композите. Скорость реакции и селективность по (II) возрастают с увеличением содержания ZIF-8 в ZIF-8/ Al_2O_3 . Это согласуется с данными ИК спектроскопии с использованием CDCl_3 в качестве молекулы зонда, указывающие на то, что количество основных центров возрастает с увеличением содержания ZIF-8.

Таблица 2

Катализатор	Время (ч)	Конверсия ПО (%)	TOF _{ZIF-8} (г/(ч·г))	Селективность (%)	
				(I)	(II)
				n-Al ₂ O ₃ ^a	5
8.1% ZIF-8/n-Al ₂ O ₃ ^a	5	43.3	6.62	21.0	79.0
12.9% ZIF-8/n-Al ₂ O ₃ ^a	5	47.9	4.6	16.1	83.9
17.4% ZIF-8/n-Al ₂ O ₃ ^a	5	50.5	3.6	8.7	91.3
ZIF-8 ^a	5	54.4	0.66	6.2	93.8
ZIF-8 ^a	7.5	76.2	0.62	7.9	92.1
ZIF-8 ^b	5	100	1.22	9.4	90.1
Брусит (150) ^b	7.5	36	-	8.5	87.3
ZnO ^b	8	65.9	-	-	59.3
Mg,Al-LDH(3.89) ^b	7.5	28	-	11.6	88.2
	5	71.1	-	-	89.2
	5	31.4	-	-	72.3
	10	94.1	-	-	82.8

^a 110°C, ^b 120°C, ^в 140°C

Показана возможность повторного использования ZIF-8 в данной реакции. Катализатор после каждого каталитического цикла отделяли от реакционной массы, промывали метанолом, сушили на воздухе и при 100°C в течение 1 ч. Полученные данные показали, что катализатор может быть использован без потери активности в течение 5 циклов (рис. 2). Небольшое снижение активности наблюдается после 6 каталитического цикла, что связано с блокировкой пор продуктами реакции.

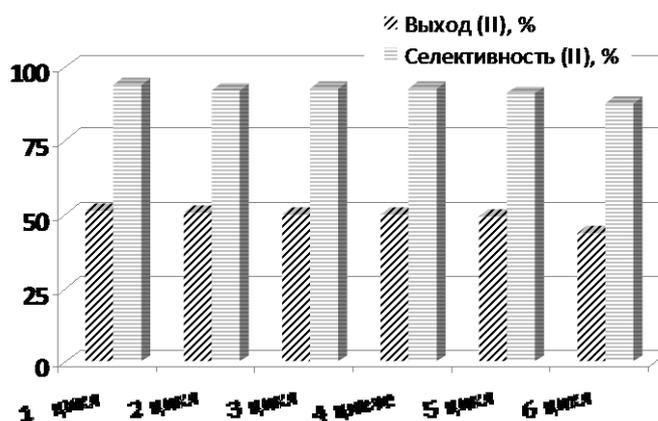


Рис. 2 – Исследование стабильности ZIF-8 в реакции синтеза (II) из ПО и метанола (Условия эксперимента: метанол/ПО 8.0 моль/моль, 1.85 масс.% ZIF-8, 110°C, 5 ч).

Выводы

Синтезирован цеолитоподобный Zn-имидазолитный каркас ZIF-8 и композиты на основе ZIF-8 и слоистого нано оксида алюминия (NafenTM, n-Al₂O₃). Показано, что введение ZIF-8 в слоистую структуру приводит к эксфолиации n-Al₂O₃. Форма кристалла ZIF-8 не изменяется, но размер зависит

от его концентрации и варьируется в интервале 40..100 нм

Изучены каталитические свойства ZIF-8 и композиционных материалов в реакции синтеза метилового эфира пропиленгликоля из метанола и пропиленоксида. Показано, что основным продуктом является 1-метокси-2-пропанол (II) с селективностью 92.1-93.8%. Конверсия ПО и выход пропиленгликоля зависят от количества ZIF-8 в композите.

Библиографический список:

1. Wenping, C., Wenjuan, W., Yuechang, Z., Ling, L., Jianguo, Y., Mingyuan H. Influence of acid-base properties of ZnMgAl-mixed oxides for the synthesis of 1-methoxy-2-propanol // Appl. Clay Sci. – 2008. - Vol. 42. - P. 111-115.
2. Kozo, T., Hölderich, W. F. Industrial application of solid acid-base catalysts // Appl. Catal. A Gen. – 1999. - Vol. 181. – P. 399-434.
3. Parker, R.E., Isaacs, N.S. Mechanisms of epoxide reactions // Chem. Rev., 1959. - Vol. 59. – P. 737-799.

SYNTHESIS OF PROPYLENE GLYCOL MONOMETHYL ETHER, AN ECOLOGICALLY PURE SOLVENT, IN PRESENCE ZIF-8 AND ITS COMPOSITES

Lukoyanov Ivan Andreevich, student;

Shvydko Alina Vital'evna, student;

Timofeeva Maria Nikolaevna, ScD, Professor

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, K. Marksa, 20

Abstract

Herein we demonstrated that ZIF-8 and composite materials based on ZIF-8 and layered Al₂O₃ (NafenTM) could be used as heterogeneous catalysts for catalytic synthesis of propylene glycol methyl ether (1-methoxy-2-propanol) from methanol and propylene oxide. Application of these materials allowed decreasing reaction temperature up to 110°C. Methoxy-2-propanol was found to be the main product with 92.1-93.8% selectivity. The activity and selectivity of the reaction were demonstrated to depend on the nature of acid-base properties, which are adjusted by the ZIF-8 content in the composite material. ZIF-8 materials showed good reusability for 5 recycles in catalysis that can point to their high potential for catalytic application.

Keywords: Solvent, ZIF-8, monomethyl ether propylene glycol, methanol, propylene oxide.

СИНТЕЗ ТИТАН-МАГНИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ α -ОЛЕФИНОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПРОДУКТОВ

*Шмакова Дарья Александровна^{1,2}, магистрант; Панченко Валентина
Николаевна^{1,2}, к.х.н.;*

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

² Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 630090, Россия, г.
Новосибирск, пр. Лаврентьева, 5

Шмакова Д. А., email dda2512@gmail.com

Панченко В. Н., e-mail panchenko@catalysis.ru

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

Аннотация

Впервые синтезирован носитель $MgCl_2$, получаемый из $Mg(OEt)_2$, $PhSiCl_3$ в присутствии дибутилфталата (DBP) при $DBP/Mg = 0-1$ мол/мол. Изучен процесс его формирования физико-химическими методами. Показано, что DBP/Mg определяет содержание DBP и структурные характеристики носителя $MgCl_2$. Такие носители можно использовать для приготовления высокоактивных титан-магниевых катализаторов (ТМК) полимеризации этилена и пропилена. Нанесение $TiCl_4$ на $MgCl_2$ приводит к формированию ТМК полимеризации этилена. Совместное нанесение $TiCl_4$ и DBP на $MgCl_2$ приводит к формированию ТМК полимеризации пропилена и этилена.

Ключевые слова: Титан-магниевый катализатор; внутренний донор; дибутилфталат; этоксид магния; этилен; пропилен.

Введение

Полиэтилен (ПЭ) и полипропилен (ПП) относятся к числу наиболее распространенных пластиковых материалов. Они заменили многие традиционные материалы в самых разных областях. ПП и ПЭ считают относительно чистым материалом в отношении экологических требований из-за простоты повторного их использования и рециркуляции.

В начале 21 века 51% мирового производство ПЭ и 95% ПП производилось на титан-магниевых катализаторах (ТМК), состоящих из носителя хлорида магния, $TiCl_4$ и электронодонорных соединений (D).

Известно [1], структуру $MgCl_2$ определяет способ его синтеза, что, в свою

очередь, влияет на каталитические свойства ТМК. Высокоактивные ТМК получают из $Mg(OEt)_2$ и $TiCl_4$ при $Ti/Mg = 10-50$ мол/мол при $DBP/Mg=0.15$ (ТМК-I). $TiCl_4$ относится ко II классу опасности, поэтому стоит вопрос о снижении его количества. $RSiCl_3$ ($R= Ph, CH_3$) являются соединениями III класса опасности, которые можно использовать в качестве хлорирующего агента реактива Гриньяра $R'MgCl$ при $Si/Mg = 1-3$.

В данной работе был синтезирован носитель $MgCl_2$, получаемый из $Mg(OEt)_2$, $PhSiCl_3$ в присутствии дибутилфталата (DBP) при $DBP/Mg=0-1$ мол/мол и получен ТМК на его основе.

Методика экспериментального исследования

Образцы носителей $MgCl_2(Si+nDBP)$ были получены из $Mg(OEt)_2$ и $PhSiCl_3$ ($Mg/Si = 1:3$) и DBP при $DBP/Mg = 0-1$ мол/мол при температуре $115^\circ C$ в течение 3 часов. Нанесением $TiCl_4$ или $(TiCl_4+DBP)$ на носители были приготовлены соответствующие ТМК.

Содержание титана и доноров в образцах определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии в плазме и высокоэффективной жидкостной хроматографии, соответственно. Рентгеноструктурное исследование образцов проводили на дифрактометре HZG-4C. Полученные катализаторы были изучены в полимеризации этилена и пропилена.

Результаты и обсуждения

Носители $MgCl_2(Si+nDBP)$ были синтезированы из $Mg(OEt)_2$ и $PhSiCl_3$ ($Mg/Si = 1:3$) и DBP при $DBP/Mg = 0-1$ мол/мол. Методами химического и рентгеноструктурного анализа, ИК спектроскопии показано, что хлорирование оксида магния по такой методике приводит к получению хлорида магния, структура которого зависит от DBP/Mg .

С использованием данных носителей были приготовлены ТМК по 2 методикам, приведенным на рисунке 1.

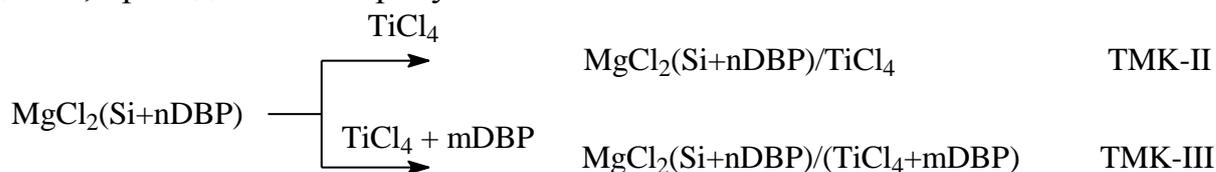


Рис. 1. Методики приготовления ТМК

На рисунке 2(А) приведены ИКДО спектры ТМК ($DBP=0.15$), полученных разными методами, в области валентных колебаний карбонильных групп DBP. Видно, что контур кривых, и, следовательно, координация донора, зависит от способа синтеза катализатора. Это позволяет предполагать, что их каталитические свойства также будут различны.

Действительно, ТМК-II активен только в полимеризации этилена, ТМК-III активен в полимеризации этилена и пропилена (табл.1).

Химический состав и каталитические свойства исследуемых ТМК

ТМК	Содержание, %вес.		Полимеризация	
	DBP	Ti	$\frac{\text{кгПЭ}}{\text{гTi} \cdot \text{ч}}$	$\frac{\text{кгПП}}{\text{гTi} \cdot \text{ч}}$
I	8.4	3.2	активен	228.6
II	12.4	0.6	60.0	не активен
III	12.4	3.0	31.0	59.4

Свойства ПЭ, получаемого на ТМК-II, зависят от DBP/Mg. С увеличением DBP/Mg с 0 до 0.15 молекулярная масса (Mw) снижается, а молекулярно-массовое распределение (Mw/Mn) растет с 2.8 до 4.1.

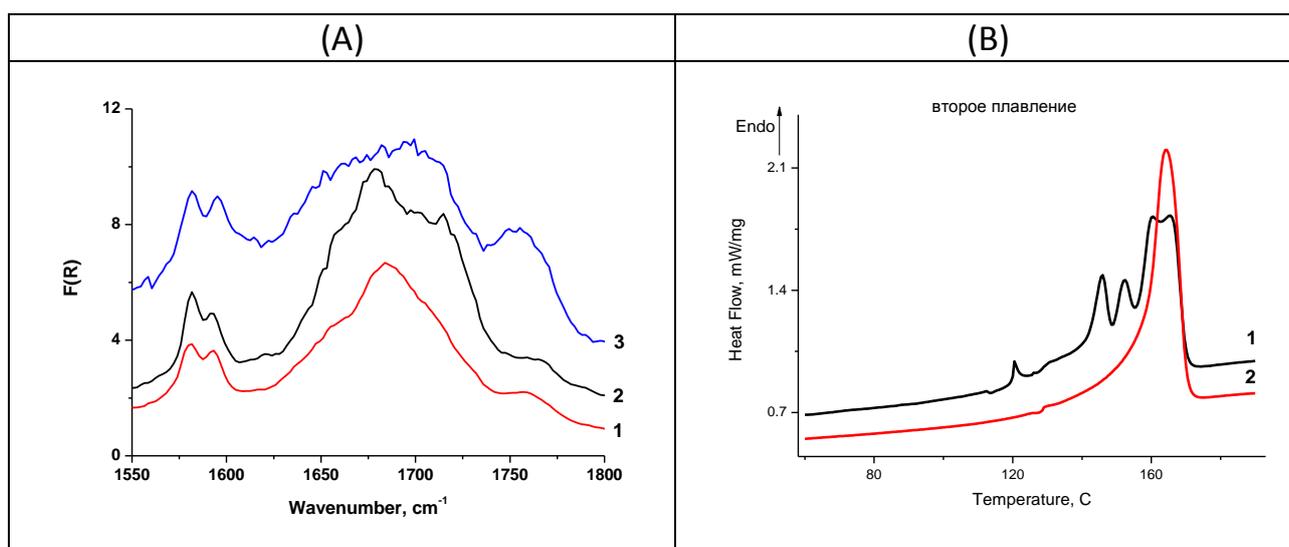


Рис. 2. (А) ИКДО спектры катализаторов (1) ТМК-III, (2) ТМК-II, (3) ТМК-I; (В) термограммы ПП, полученного на (1) ТМК-I, (2) ТМК-III

ТМК-III имеет активность в 4 раза ниже, чем традиционный ТМК-I. Свойства ПП, получаемых на ТМК-I и ТМК-III, также различны. В термограмме ПП (DSC), полученного на ТМК-III, наблюдается один фазовый переход при температуре $T_m=164.2^\circ\text{C}$, а в ТМК-I – 5 фазовых переходов при температурах 120.5, 145.9, 152.3, 160.4, 165.5 $^\circ\text{C}$ (рис.2(B)).

Предполагают [2], что в ТМК существуют 4 типа активных центров: аспецифические (AS), образующие атактический ПП, два типа изоспецифических (IS1, IS2) и высоко стереоспецифические центры (IS3). Полимеры, образующиеся на этих центрах, в DSC характеризуются определенной температурой фазового перехода. Согласно [2], можно предполагать, что ТМК-I содержит AS, IS1, IS2 и IS3, в то время как в ТМК-III – преимущественно IS2. ПП, получаемый на ТМК-III, имеет узкое (Mw/Mn < 3) и высокую степень изотактичности, что отличает его от ТМК-I, имеющего Mw/Mn=3.8 и меньшую степень изотактичности.

Выводы

1. Впервые синтезирован и изучен физико-химическими методами хлорид магния $\text{MgCl}_2(\text{Si}+n\text{DBP})$, получаемый из $\text{Mg}(\text{OEt})_2$, PhSiCl_3 и DBP при DBP/Mg =

0-1мол/мол. Показано, что структурные характеристики носителя зависят от DBP/Mg.

2. Нанесение TiCl_4 на $\text{MgCl}_2(\text{Si}+n\text{DBP})$ приводит к получению катализаторов полимеризации этилена (ТМК-II), а совместное нанесение TiCl_4/DBP – катализаторов полимеризации этилена и пропилена (ТМК-III).

3. На ТМК-II образуется линейный ПЭ с узким Mw/Mn.

4. Показано, что ПП, образующиеся на традиционном ТМК-I и ТМК-III, имеют различные характеристики.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект № АААА-А17-117041710085-9)

Библиографический список:

1. V. Noto, S. Bresadola. New synthesis of a highly active $\delta\text{-MgCl}_2$ for $\text{MgCl}_2/\text{TiCl}_4/\text{AlEt}_3$ catalytic systems // *Macromol. Chem. Phys.* – 1996. – V. 197. – P. 3827-3835.

2. M. Nikolaeva, M. Matsko, V. Zakharov. Comparative Study of Distribution of Active Sites According to Their Stereospecificity in Propylene Polymerization over the Traditional TiCl_3 and Supported Titanium–Magnesium Catalysts with Different Composition // *Macromol. Chem. Phys.* – 2018. – V. 219. – № 5. – P. 1700488 (1-9).

SYNTHESIS OF TITANIUM MAGNESIUM CATALYSTS OF POLYMERIZATION OF α -OLEFINS FOR CREATING ENVIRONMENTALLY SAFE PRODUCTS

Shmakova Daria Aleksandrovna^{1,2}, graduate Student;

e-mail: dda2512@gmail.com

Panchenko Valentina Nikolaevna^{1,2}, PhD in Chemical sciences;

e-mail: panchenko@catalysis.ru

¹Novosibirsk State Technical University, 20 Prospect K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia

²Institute of Catalysis of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 630090, Novosibirsk, Academician Lavrentyev Ave., 5

Abstract

The support derived with $\text{Mg}(\text{OEt})_2$, PhSiCl_3 and dibutylphthalate (DBP) with $\text{DBP}/\text{Mg} = 0\text{--}1$ mol/mol was synthesized for the first time. It was shown that DBP/Mg determines the DBP content and the structural characteristics of the MgCl_2 . It was shown that such supports can be used for the preparation of highly active titanium-magnesium catalysts (TMC) for the polymerization of ethylene and propylene. The application of TiCl_4 on MgCl_2 leads to the formation of TMC of polymerization of ethylene. The combined application of TiCl_4 and DBP on MgCl_2 leads to the formation of TMC of polymerization of propylene and ethylene.

Keywords: Titanium-magnesium catalyst; internal donor; dibutylphthalate; magnesium ethoxide; ethylene; propylene.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ СЕЛЕКТИВНОГО ГИДРИРОВАНИЯ ДИЕНОВ В СОСТАВЕ БЕНЗИНА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

Саломатина Анна Анатольевна^{1,2}, магистрант; Климов Олег Владимирович^{1,2} к.х.н., Перейма Василий Юрьевич² к.х.н.

¹ Новосибирский государственный технический университет,
630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20,
кафедра инженерных проблем экологии, тел. +7 (383) 346-50-31

² Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН,
630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5
Адрес для корреспонденции: Саломатина Анна Анатольевна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, e-mail: sillyann@mail.ru

Аннотация:

Предложен метод приготовления катализаторов селективного гидрирования диенов. Приготовленные катализаторы испытаны в процессе гидроочистки в следующих условиях: загрузка катализатора = 20 мл, температура = 80-120 °С, объемная скорость подачи сырья = 3,25 ч⁻¹, давление = 2,0 МПа, соотношение Н₂:сырье = 40. Изучено влияние изменения соотношения Ni/Mo на активность катализаторов. Показано, что увеличение содержания никеля ведет к повышению каталитической активности.

Ключевые слова: гидроочистка, селективное гидрирование диенов, катализатор

Введение

В настоящее время наблюдается тенденция роста производства и потребления высокооктановых топлив. Одним из основных компонентов таких топлив является бензин каталитического крекинга (БКК), на долю которого приходится до 40% от общего количества товарных бензинов. В то же время БКК присущи такие недостатки, как наличие в его составе значительных количеств серы и диеновых углеводородов, что делает невозможным его использование в качестве компонента смешения без предварительной очистки.

С целью устранения вышеуказанных недостатков БКК подвергают процессу гидроочистки. На сегодняшний день разработан ряд технологий гидроочистки БКК, общей особенностью которых является двустадийность процесса. На первой стадии происходит селективное гидрирование диеновых углеводородов (СГД), а на второй – непосредственно гидрообессеривание. Необходимость первой стадии обусловлена склонностью содержащихся в БКК

диенов к полимеризации, приводящей к закоксовыванию основного катализатора гидроочистки, и, как следствие, к снижению срока его эксплуатации. Благодаря специальному катализатору на стадии селективного гидрирования бензина каталитического крекинга происходит превращение содержащихся в нем легких меркаптанов и частично сульфидов в более тяжелые сульфиды и дисульфиды, изомеризация олефинов (перемещение двойной связи к центру молекулы) и гидрирование диеновых углеводородов. Однако в России процесс СГД БКК осуществляется исключительно с использованием импортных катализаторов.

В работе ставились задачи: 1) разработать метод приготовления никель-молибденовых катализаторов селективного гидрирования диеновых углеводородов в составе бензина каталитического крекинга и 2) провести изучение влияния состава катализаторов на каталитические характеристики.

Методика экспериментальных исследований

В ходе данной работы методом пропитки был приготовлен ряд NiMo/Al₂O₃ катализаторов селективного гидрирования диолефинов в составе БКК с различным соотношением Ni/Mo. Для приготовления носителя использовался гидроксид алюминия Al(OH)₃ (псевдобемит), который подвергался формовке с последующей сушкой и прокаливанием с получением гранул готового носителя. Для приготовления пропиточных растворов использовались продажные реактивы без дополнительной очистки: парамолибдат аммония (ПМА) (NH₄)₆Mo₇O₂₄ «хч», моногидрат лимонной кислоты (ЛК) C₆H₈O₇·H₂O «хч», гидроксид никеля Ni(OH)₂. Пропиточный раствор готовили следующим образом. Навески ПМА, гидроксида никеля и лимонной кислоты растворяли в дистиллированной воде при нагревании. Полученным раствором пропитывали носитель в течение 1 часа при постоянном перемешивании. Полученный катализатор сушили при 120 °С. Высушенный катализатор сульфидировали непосредственно в реакторе с использованием прямогонного бензина с добавкой диметилдисульфида.

Приготовленные катализаторы были испытаны в процессе селективного гидрирования диолефинов в бензиновой фракции каталитического крекинга (диапазон температур кипения 30-210 °С) в проточном реакторе следующих условиях: температура в реакторе 80-120 °С, объемная скорость подачи сырья – 3,25 ч⁻¹, давление 2,0 МПа, соотношение H₂:сырьё 40 нл/л. Загрузка катализатора в реактор составляла 20,0 см³. Содержание диолефинов в сырье и гидрогенизате контролировалось с использованием метода газовой хроматографии и метода определения диенового числа нефтепродуктов с использованием реакции присоединения малеинового ангидрида (метод UOP 326). Компонентный углеводородный состав сырья и гидрогенизата определялся с использованием метода ASTM D6730.

Результаты и обсуждение.

Результаты проведенных испытаний показали, что среди

протестированных катализаторов с увеличением соотношения Ni/Mo наблюдается увеличение активности в превращении диолефинов, наибольшая активность отмечена при соотношении Ni/Mo, составляющем 1,5. В то же время увеличение соотношения Ni/Mo в условиях проведения испытаний практически не влияет на степень гидрирования моноолефинов и, как следствие, на октановое число получаемого гидрогенизата. Таким образом, при увеличении соотношения Ni/Mo также наблюдается увеличение селективности процесса гидрирования диолефинов в БКК.

Выводы

Использование катализатора с оптимизированным составом при проведении процесса селективного гидрирования при температуре 100 °С обеспечивает степень удаления диеновых углеводородов более 85% (снижение диенового числа с 4,3 до 0,6), что позволяет получать продукт, удовлетворяющий требованиям к сырью процесса селективного гидрообессеривания БКК.

SYNTHESIS AND RESEARCH OF CATALYSTS FOR SELECTIVE HYDROGENATION OF DIENES IN THE COMPOSITION OF GASOLINE CATALYTIC CRACKING

Salomatina Anna Anatolyevna^{1,2}, student; Klimov Oleg Vladimirovich^{1,2} Ph.D., Pereyma Vasily Yuryevich² Ph.D.

¹ Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, K. Marx Ave., 20, Department of Environmental Engineering, tel. +7 (383) 346-50-31

² Institute of Catalysis. G. K. Boreskova SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Pr. Akademik Lavrentieva, 5

Abstract:

Synthesis method of dienes selectively hydrogenation catalysts is proposed. Prepared catalysts was tested in hydrodesulfurization process. Catalytic tests conditions was: catalyst charge = 20 ml, T = 80-120 °С, LHSV = 3,25 h⁻¹, P = 2,0 MPa, H₂:feed = 40. Effect of Ni/Mo ratio change on catalyst activity was studied. It was shown that nickel content augmentation leads to an increase in the catalytic activity.

Keywords: hydrotreating, selective hydrogenation of dienes, catalyst

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ Ni КАТАЛИЗАТОРОВ НА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЕ В РЕАКЦИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НИТРОБЕНЗОЛА

Нефедова Дарья Васильевна^{1,2}, аспирант; *Делл'Анна Мария Микела*¹, профессор; *Ларичкин Владимир Викторович*², профессор

¹Политехнический университет Бари, 70126, Италия, г. Бари, ул. Амендола, 126/б, тел. +39 080 5504152

²Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Кафедра инженерных проблем экологии, тел. +7(383)346-50-31

Нефедова Д.В., e-mail: nefedova@mail.ru

Делл'Анна М.М., e-mail: mariamichela.dellanna@poliba.it

Ларичкин В.В., e-mail: larichkin@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: *Нефедова Дарья Васильевна*, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(383)346-50-31

Аннотация.

Восстановление нитробензола до азоксибензола является важной реакцией для синтеза различных фармацевтических препаратов, красителей и других промышленных соединений. Поэтому актуальной задачей является разработка эффективных катализаторов, которые работают при атмосферном давлении и сравнительно низкой температуре с высокой конверсией и селективностью.

В данной работе проведен синтез Ni катализатора на полимерной основе, изучен его химический состав и активность в реакции восстановления нитробензола.

Ключевые слова: никель, полимер, нитробензол, азоксибензол

Введение

Селективное каталитическое восстановление нитробензола является важной реакцией для синтеза промежуточных соединений. Кроме того, анилин является предшественником различных ценных промышленных продуктов, таких как анилин, нитрозобензол, азобензол и азоксибензол [1].

Среди данных продуктов азоксибензол является одним из наиболее важных строительных блоков функциональных материалов благодаря своей сопряженной системе и полярной функциональности. Кроме того, азоксибензол является ценным как в качестве промежуточного продукта, так и в качестве соединения, широко используемого в промышленности для производства красителей, восстановителей, ингибиторов полимеризации и химических

стабилизаторов. Некоторые производные азоксибензола используются в качестве жидких кристаллов в электронных дисплеях и терапевтических препаратах [2].

Азоксибензол получают в качестве промежуточного продукта при окислении анилина или восстановлении нитроаренов путем конденсации нитрозобензола и гидросиламина (рис. 1). Эти стадии реакции являются довольно сложными и приводят к различным промежуточным соединениям. Поэтому манипулирование условиями реакции при контроле селективности по отношению к азокси-продукту среди всех возможных продуктов восстановления / окисления вызывает интерес в научном сообществе [3].

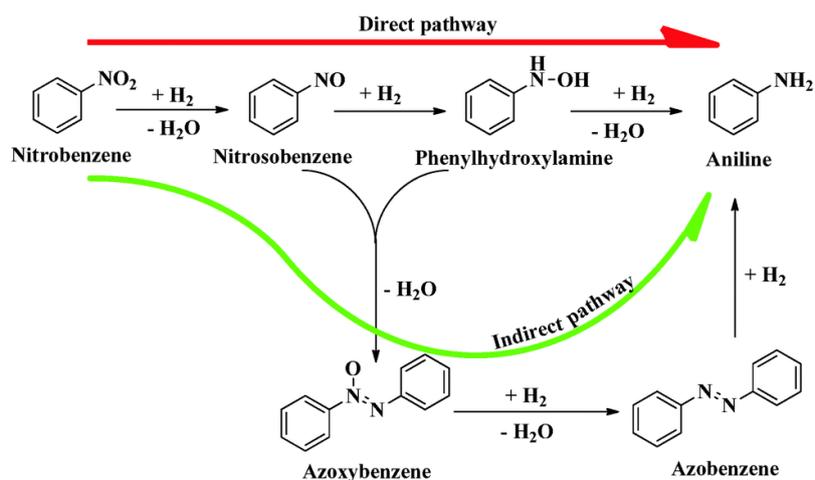


Рис. 1. Предлагаемый механизм восстановления нитробензола [4]

Другим важным продуктом восстановления нитробензола является анилин, который широко используется в каучуке, тонких химикатах (красители и пигменты), агрохимической (пестициды и гербициды) и фармацевтической промышленности.

В промышленном процессе гидрировании нитробензола в качестве катализаторов используются палладий или палладий-платина, нанесенные на углерод или неорганические оксиды при высоком давлении (до 3 МПа) и высокой температуре (до 300 °C) [5].

Однако, ввиду высокой стоимости благородных металлов катализаторов данный процесс является очень затратным. Для снижения экономических затрат возможно использование в качестве катализатора более дешевых переходных металлов, в частности Ni, который в последнее время благодаря своей низкой стоимости используются во многих органических реакциях (в основном, гидрировании) [5].

В качестве восстановителя в данной реакции использовался борогидрид натрия, который является дешевым, простым в обращении и готовым доступным восстановителем с широким применением в органическом синтезе.

Методика экспериментального исследования

Синтез катализатора происходил в три этапа: синтез мономера, синтез полимера на его основе и прокаливание полимера в присутствии водорода при высоком давлении и температуре.

Для синтеза мономера к раствору КОН в 10 мл спирта добавляли НААЕМА (2-(ацетоацетокси)этилметакрилат). Полученный раствор приливали к спиртовому раствору соли никеля $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и перемешивали в течении часа, с образованием светлозеленого густого раствора. Далее центрифугированием отделяли твердую часть от жидкой. Отделенная твердая часть промывалась водой, этанолом и пентаном и просушивалась в сушильном шкафу.

Полученный мономер растворяли в DMF (N,N-диметилформамид), и поэтапно добавляли DMAA (N,N-диметилакриламид) в качестве , MBAA (N,N-метиленабисакриламид) в качестве и AIBN (азобисизобутиронитрил) в качестве связующего компонента, после чего смесь перемешивалась при температуре 110°C в течении часа. В результате был получен зеленый гель, который промывался ацетоном и сушился в течении 12 часов в сушильном шкафу.

Прокаливание полученных полимеров проводили в герметичном металлическом реакторе в присутствии водорода при температуре 300°C и высоком давлении.

Реакцию восстановления нитробензола проводили в атмосфере азота в присутствии борогидрида натрия NaBH_4 в качестве восстановителя и метанола CH_3OH в качестве растворителя при комнатной температуре в течении 3 часов. Исследование реакционной смеси проводили методом газожидкостной хроматографии. Конверсии и выходы рассчитывали с помощью ГЖХ-анализа с использованием бифенила в качестве внутреннего стандарта

Результаты и обсуждения

Содержание Ni в синтезированных полимерных катализаторах составляет ~5,5% Полученные катализаторы являются активным в реакции восстановления нитробензола. Каталитически активные частицы представляют собой наночастицы металлического Ni. Однако, основным продуктом реакции в присутствии Ni полимерного катализатора является анилин. Максимальный выход азоксибензола наблюдался на уровне 25%, и зависит от условий приготовления. Полученные катализаторы не позволяют получать азоксибензол с высоким выходом, поскольку они слишком активны и реакция в их присутствии протекает до получения анилина. Для снижения активности планируется изменение условий прокаливания катализаторов.

Выводы

В результате работы были синтезированы образцы никелевых катализаторов на полимерной основе. Проведен анализ методом атомно-абсорбционной спектроскопии на содержание Ni в полученных образцах. Изучена активность полученных Ni-полимерных катализаторов в реакции

восстановления нитробензола. Основным продуктом реакции является анилин, что связано с высокой активностью этих катализаторов.

Библиографический список:

1. Pahalagedara M.N. et. al. Room temperature selective reduction of nitrobenzene to azoxybenzene over magnetically separable urchin-like Ni/Graphene nanocomposites // *Journal of Catalysis*. – 2016. – Т. 336. – С.41–48.
2. Hamon F., Djedaini-Pilard F., Barbot F. Azobenzenes—synthesis and carbohydrate applications // *Tetrahedron*. – 2009. – Т.65. – С. 10105-10123.
3. Zhu H., Lu Y., Fan F., Yu S. Selective hydrogenation of nitroaromatics by ceria nanorods // *Nanoscale*. – 2013. –Т. 5. – С .7219.
4. A. Mahata et al. Direct vs. indirect pathway for nitrobenzene reduction reaction on a Ni catalyst surface: a density functional study // *Physical Chemistry Chemical Physics*. – 2014. – Т.16. – С.26365—26374.
5. Romanazzi G. et al Polymer supported Nickel nanoparticles as recyclable catalyst for the reduction of nitroarenes to anilines in aqueous medium // *Molecular Catalysis*. – 2018. – Т. 446. – С. 31–38.

SYNTHESIS AND STUDY OF CATALYTIC ACTIVITY OF NI POLYMER-BASED CATALYSTS IN THE REACTION NITROBENZENE REDUCTION

Nefedova Darya Vasyliевна,^{1,2} *PhD student*, e-mail nefedova.daray@gmail.com

*Dell'Anna Maria Michela*¹, *professor*, e-mail mariamichela.dellanna@poliba.it

*Larichkin Vladimir Viktorovich*², *professor*, e-mail larichkin@corp.nstu.ru

¹Polytechnic University of Bari, 70126, Italy, Bari, Amendola av., 126/b

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

Address for correspondence: Nefedova Darya Vasyliевна, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx av., 20

Abstract:

The reduction of nitrobenzene to azoxybenzene is an important reaction for the synthesis of various pharmaceutical preparations, dyes and other industrial compounds. Therefore, the urgent task is to develop efficient catalysts that operate at atmospheric pressure and relatively low temperature with high conversion and selectivity.

In this work, we synthesized a Ni catalyst on a polymer base, studied its chemical composition and activity in the nitrobenzene reduction reaction.

Keywords: green chemistry, cobalt, polymer, monomer, nitrobenzene, azoxybenzene.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ Co В ОРГАНИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ В УСТОЙЧИВЫХ УСЛОВИЯХ

*Толстихина Дарья Владимировна^{1,2}, аспирант; Делл'Анна Мария Микела²,
профессор; Ларичкин Владимир Викторович¹, профессор*

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

Кафедра инженерных проблем экологии, тел. +7(383)346-50-31

² Политехнический университет Бари, 70126, Италия, г. Бари, ул. Амендола,
126/б, тел. +39 080 5504152

Толстихина Д.В., e-mail daradasha@mail.ru

Делл'Анна М.М., e-mail mariamichela.dellanna@poliba.it

Ларичкин В.В., e-mail larichkin@corp.nstu.ru

*Адрес для корреспонденции: Толстихина Дарья Владимировна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(913)005-48-19*

Аннотация

Важной задачей для разработки катализаторов, которые участвуют в химических реакциях в качестве оптимизаторов условий процесса, является снижение затрат, связанных с изготовлением и пополнением запасов катализатора. Одним из возможных решений является замена обычно используемых, но дорогих катализаторов на основе 4d и 5d драгоценных благородных металлов, таких как палладий (Pd) и платина (Pt), на недорогие катализаторы на основе 3d драгоценных металлов, такие как кобальт (Co) и никель (Ni) [1].

Поддерживаемые металлические комплексы каталитических систем на основе Co и Ni вызывают постоянный интерес в научных и промышленных кругах, поскольку они могут вести себя как гибридные катализаторы в подходящих условиях.

Работа посвящена многостадийному синтезу каталитических систем на основе кобальта в атмосфере азота N₂ для проведения процесса гидрирования нитроаренов, таких как нитробензол, до анилинов при комнатной температуре в присутствии борогидрида натрия NaBH₄.

Ключевые слова: зеленая химия, кобальт, полимер, мономер, нитробензол, анилин

Введение

Наиболее распространенным способом синтеза нанесенного

металлического комплекса является реакция между полимером, который содержит функциональные группы лиганда, и растворимой солью металла (или комплексом). Однако был рассмотрен другой путь - прямая сополимеризация комплексов переходных металлов, содержащих полимеризуемый лиганд [2].

В данной работе мы синтезируем новые полимеризуемые комплексы кобальта (II). Этот комплекс может вести себя как предшественник гибридных катализаторов, потенциально для всех реакций, катализируемых комплексами Р-дикетонато. Лиганд, выбранный для образования металлоорганических мономеров, представлял собой депротонированную форму коммерчески доступного 2-(ацетоацетокси) этилметакрилата I-НААЕМА, который воплощает лигандную функциональность.

Наночастицы Со на полимерном носителе полученные в несколько этапов: синтез мономера, полимеризация, прокаливание в атмосфере H_2 , используемые для гидрирования нитроаренов, таких как нитробензол, до анилинов при комнатной температуре в присутствии $NaBH_4$. Через 4 часа в ходе реакции с высоким выходом образуется анилин. Катализатор демонстрирует отличную селективность и рециркуляцию в течение не менее 5 циклов, что указывает на экологичность и экономичность реакции.

Основной продукт реакции, в которой используются катализаторы на основе кобальта – это амины, в частности анилин и его производные, которые представляют огромную долю рынка в органической химической промышленности. 1,2-анилин был впервые выделен как продукт сухой перегонки индиго. Пятнадцать лет спустя российский химик Зинин Н.Н. впервые получил анилин путем восстановления нитробензола с использованием сульфидов натрия в качестве стехиометрических восстановителей [3].

Механизм получения анилина из нитробензола может осуществляться двумя путями. В первом (прямой путь) нитросоединение восстанавливают до соответствующего нитрозо, арил/алкилгидроксиламина с последующим образованием анилина. Во втором (конденсация) нитрозо конденсируется с N-арил/алкилгидроксиламиновыми соединениями с образованием соответствующего азокси- промежуточного соединения. В дальнейшем последний превращается в азогидразо- и, наконец, в анилин.

Методика экспериментального исследования

Предшественник каталитической системы приготовлен путем растворения соли кобальта $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, НААЕМА (2-(ацетоацетокси)этилметакрилат) и гидроксида натрия $NaOH$ в 20 мл воды с последующей фильтрацией. К полученному мономеру $Co(AAEMA)_2$ для получения полимера по каплям добавляется смесь DMAA (N,N-диметилакриламид), MBAA (N,N-метиленабисакриламид) и DMF (N,N-диметилформамид), затем на масляной бане при $50^\circ C$ добавляется связующий компонент AIBN (азобисизобутиронитрил). Далее полученная каталитическая система прокаливается в течении 30 минут при $300^\circ C$ в присутствии водорода.

Получение анилина из нитробензола в присутствии 2 ммоль%

кобальтового катализатора проводится при комнатной температуре, в качестве растворителя используется метанол CH_3OH , в качестве восстановителя реакции – борогидрид натрия NaBH_4 .

Результаты и обсуждения

Для установления содержания кобальта в составе ряда катализаторов был проведен элементный анализ. Содержание кобальта (II), в среднем, составляет 3,86% наивысшее содержание кобальта в одном из образцов составляет 5,80%. По результатам проведения реакций в присутствии катализаторов с наивысшим содержанием кобальта, установлено, что выход анилина увеличивается.

Выводы

В ходе исследований был приготовлен ряд катализаторов на основе кобальта (II). Образцы были протестированы в реакции восстановления нитробензола до анилина. По результатам исследования установлено, что полученный катализатор на основе кобальта проявляет высокую селективность и активность в условиях данной реакции. Так же катализатор способен проявлять активность в течении 5 циклов реакции (выход анилина снижается с каждой последующей реакцией).

Библиографический список:

1. Ma H. et al. Highly active layered double hydroxide-derived cobalt nanocatalysts for p-nitrophenol reduction // *Applied Catalysis B: Environmental*. – 2016. – Т. 180. – С. 471-479.
2. Mastrorilli P., Nobile C. F., Marchese G. Cobalt (II) and iron (III) complexes with 2-(acetoacetoxy) ethylmethacrylate: potential precursors of hybrid catalysts // *Inorganica chimica acta*. – 1995. – Т. 233. – №. 1-2. – С. 65-69.
3. Formenti D. et al. Reduction of Nitro Compounds Using 3d-Non-Noble Metal Catalysts // *Chemical reviews*. – 2018.

SYNTHESIS AND RESEARCH OF CATALYTIC ACTIVITY OF CATALYSTS BASED ON Co IN ORGANIC REACTIONS IN SUSTAINABLE CONDITIONS

Tolstikhina Daria Vladimirovna^{1,2} *PhD student*, e-mail daradasha@mail.ru
*Dell'Anna Maria Michela*¹, *professor*, e-mail mariamichela.dellanna@poliba.it
*Larichkin Vladimir Viktorovich*², *professor*, e-mail larichkin@corp.nstu.ru

¹Polytechnic University of Bari, 70126, Italy, Bari, Amendola av., 126/b

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

Address for correspondence: Tolstikhina Daria Vladimirovna,
Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk,
Karl Marx av., 20, num. (913) 005-48-19

Abstract:

An important task for the development of catalysts that are involved in chemical reactions as optimizers of process conditions is to reduce the costs associated with the manufacture and replenishment of stocks of the catalyst. One possible solution is to replace the commonly used but expensive 4d and 5d based catalysts of precious noble metals, such as palladium (Pd) and platinum (Pt), with inexpensive catalysts based on 3d precious metals, such as cobalt (Co) and nickel (Ni).

Supported metal complexes of catalytic systems based on Co and Ni cause constant interest in the scientific and industrial branches, since they can behave like hybrid catalysts under suitable conditions.

The work is devoted to the multistep synthesis of catalytic systems based on cobalt in a nitrogen atmosphere (N₂) to carry out the process of hydrogenation of nitroarenes, such as nitrobenzene, to anilines at room temperature in the presence of sodium borohydride NaBH₄.

Keywords: green chemistry, cobalt, polymer, monomer, nitrobenzene, aniline

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ И ПРИРОДЫ МЕТАЛЛА VIII ГРУППЫ НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ ГИДРИРОВАНИЯ С=О СВЯЗИ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

*Ярославцева Алина Евгеньевна¹, студент; Симакова Ирина Леонидовна²,
к.х.н.*

¹Новосибирский Государственный Технический Университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

²Институт катализа им. Г.К. Борескова, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр.
Академика Лаврентьева, 5

Ярославцева А.Е., e-mail: yaroslavceva.alina7@mail.ru

Симакова И.Л., e-mail: simakova@catalysis.ru

Аннотация

Селективное каталитическое гидрирование органических веществ, содержащих различные ненасыщенные функциональные группы, является важным объектом исследований в области тонкого органического синтеза и привлекает большой интерес с точки зрения фундаментальных исследований в области катализа. Аллиловые спирты, полученные предпочтительным гидрированием карбонильной группы α,β -ненасыщенных альдегидов являются ценными промежуточными продуктами для производства парфюмерных изделий, вкусовых ароматизаторов и фармацевтических препаратов. Данная работа посвящена изучению влияния растворителя (этанол, диоксан и декан) и природы металла VIII группы (Pd, Ir) на селективность гидрирования кротонового альдегида. Найдено, что в присутствии Pd предпочтительно гидрируется $-C=C-$ связь с образованием бутанала, не затрагивая $-C=O$ связи. Проведение реакции в диоксане препятствует дальнейшему гидрированию бутанала в бутанол. Ir катализаторы существенно менее активны чем Pd, однако более селективны в реакции гидрирования $-C=O$ группы кротонового альдегида с образованием кротилового спирта. При проведении реакции в этаноле на Ir увеличивается количество побочных продуктов, тогда как в инертном декане они не наблюдаются. Установлено, что на Ir катализаторах селективность по кротиловому спирту возрастает с температурой реакции.

Ключевые слова: полифункциональные соединения, $C=O$, конкурентное гидрирование, палладий, иридий.

Введение

Каталитическое гидрирование является наиболее перспективным подходом по сравнению с препаративными методами восстановления восстанавливающими реагентами ($NaBH_4$, $LiAlH_4$), благодаря своей

экологичности, обусловленной высоким выходом целевого продукта, а также отсутствием токсичных отходов в стехиометрических количествах [1]. Согласно литературным данным селективность гидрирования α,β -ненасыщенных альдегидов существенно зависит от природы металла и растворителя [2]. В литературе имеются достаточно противоречивые данные об активности и селективности металлов VIII группы. Например, было показано, что селективность образования кротилового спирта меняется в ряду металлов: Os>Ir>Ru>Rh = Pt = Pd [2]. Другими же авторами катализаторы на основе платины были отмечены среди наиболее активных и селективных катализаторов гидрирования α,β -ненасыщенных альдегидов [3]. Вместе с тем, по результатам некоторых исследований Pt, Ir катализаторы теряли около 80% начальной активности в течение 5 ч от начала реакции [4]. В работе для сравнительного исследования были выбраны два типичных металла VIII группы с высокой гидрирующей функцией – палладий и иридий, сопоставимые по коммерческой стоимости (стоимость палладия 2979 руб./г, иридия 3042 руб./г) [5].

Целью настоящей работы является изучение влияния растворителя и природы металла VIII группы (Pd, Ir) в реакции конкурентного гидрирования C=O и C=C связей кротонового альдегида для выявления оптимальной каталитической системы синтеза кротилового спирта.

Методика экспериментальных исследований

Серия катализаторов 4%Pd/C, 4%Ir/Al₂O₃, 3%Ir/C была приготовлена методом пропитки хлоридами металлов с последующей сушкой (110°C, 17 час) и восстановлением в H₂ при температуре 673 К. Синтезированные катализаторы исследовали методами низкотемпературной адсорбции азота, РФЭС и ПЭМ. Раствор кротонового альдегида (0,74 М, 16 мл) гидрировали в автоклаве при T=413÷453 К и pH₂=0,54÷1,15 МПа. В качестве растворителей использовали этанол (полярный протонный растворитель), диоксан (полярный апротонный растворитель) и декан (неполярный апротонный растворитель). Количественный анализ продуктов осуществляли методом ГЖХ на приборе «Хромос ГХ-1000» (ПВД, ВР20), а идентификацию продуктов методом газовой хроматографии/масс-спектрометрии (ГХ/МС) на приборе Agilent 5973N EI/PCI (VF-5ms).

Результаты и обсуждение

Согласно литературным данным гидрирование кротонового альдегида протекает по двум маршрутам: 1) гидрирование ненасыщенной C=C связи с образованием бутанала и 2) гидрирование C=O связи с образованием кротилового спирта, последовательное гидрирование которых приводит к образованию бутанола.

По данным ГЖХ и ГХ/МС анализа основными продуктами реакции гидрирования кротонового альдегида в присутствии Pd/C в этаноле являются бутаналь и бутанол с незначительным содержанием кротилового спирта и 1,1-диэтоксибутанала (ацеталя) (рис. 1).

На рис. 2 приведены типичные кинетические кривые накопления продуктов реакции – бутаналь, бутанола и ацеталь – и расходования кротонового альдегида в присутствии Pd/C в различных растворителях - диоксане (d) и этаноле (e).

На основании полученных данных предложена следующая схема реакции гидрирования кротонового альдегида (рис. 3).

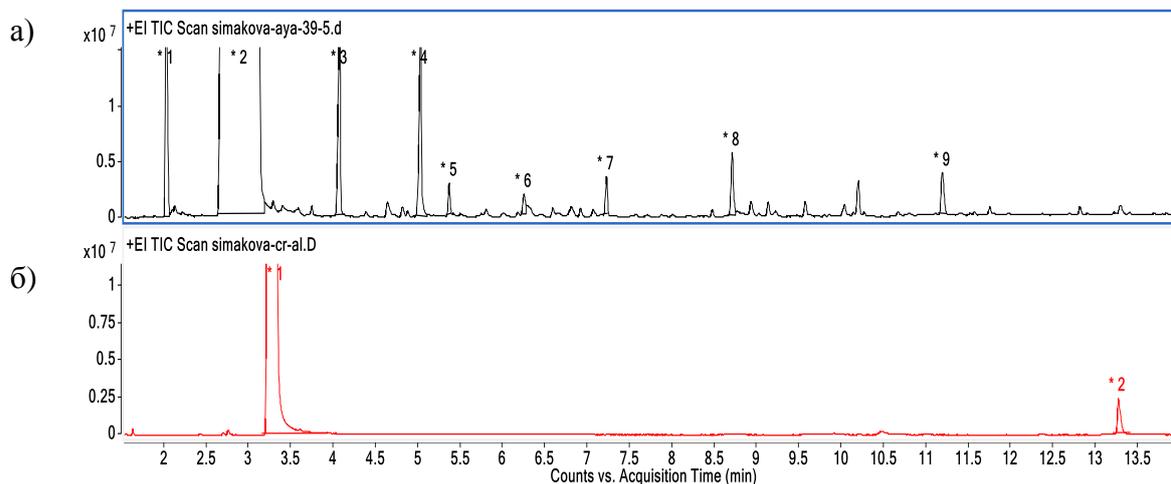


Рис. 1. Результаты ГХ/МС анализа реакционной смеси реакции гидрирования кротонового альдегида: а) 1 – бутаналь, 2 – растворитель, 3 – бутиловый спирт, 4 – *транс*-кротилловый спирт, 5 – *цис*-кротилловый спирт, 6 – 2–этилгексаналь, 7 – 1-бутоксид-1-изобутоксид-бутан, 8 – 1,1-дибутоксид-бутан; б) 1 – кротоновый альдегид, 2 – кротоновая кислота (примесь, образующаяся в результате контакта с воздухом).

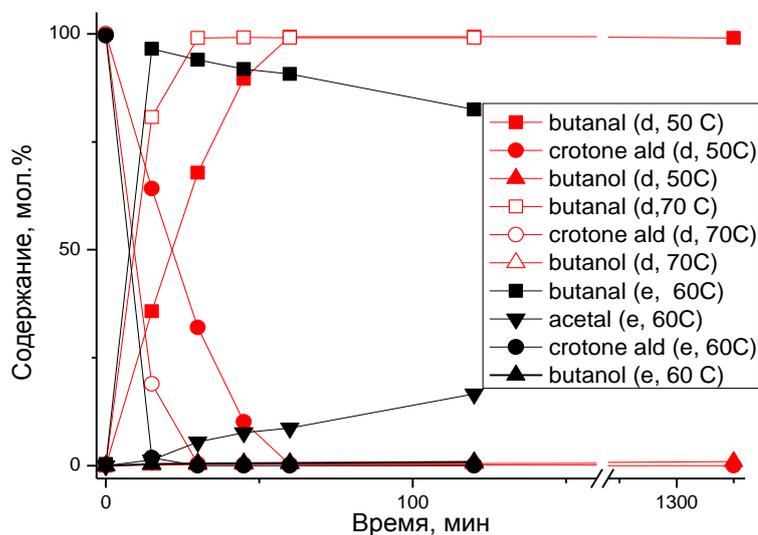


Рис. 2. Содержание продуктов гидрирования кротонового альдегида в зависимости от типа растворителя. Условия реакции: $m_{\text{кат}}(\text{Pd/C}) = 40 \text{ мг}$, $P(\text{H}_2) = 0,84 \text{ МПа}$, температура 50°C , 70°C растворитель – диоксан (d) красное; температура 60°C , растворитель – этанол (e) черное.



Рис. 3. Схема реакции гидрирования кротонового альдегида.

Проведение реакции в полярном апротонном растворителе (диоксане) в присутствии Pd/C приводит к подавлению реакции гидрирования исходного субстрата по маршруту образования кротилового спирта, приводя к преимущественному образованию насыщенного бутанала.

Было изучено влияние условий реакции, таких как, температура и давление водорода, на скорость гидрирования кротонового альдегида и селективность образования кротилового спирта в присутствии Pd/C в этаноле. Показано, что увеличение давления водорода с 0,54 МПа до 1,15 МПа оказывает незначительное влияние на скорость реакции гидрирования, обеспечивая преимущественное образование бутанала с последующим его гидрированием в бутанол (рис. 4 а). Увеличение температуры от 333 К до 373 К приводит к увеличению скорости образования бутанола (рис. 4 б).

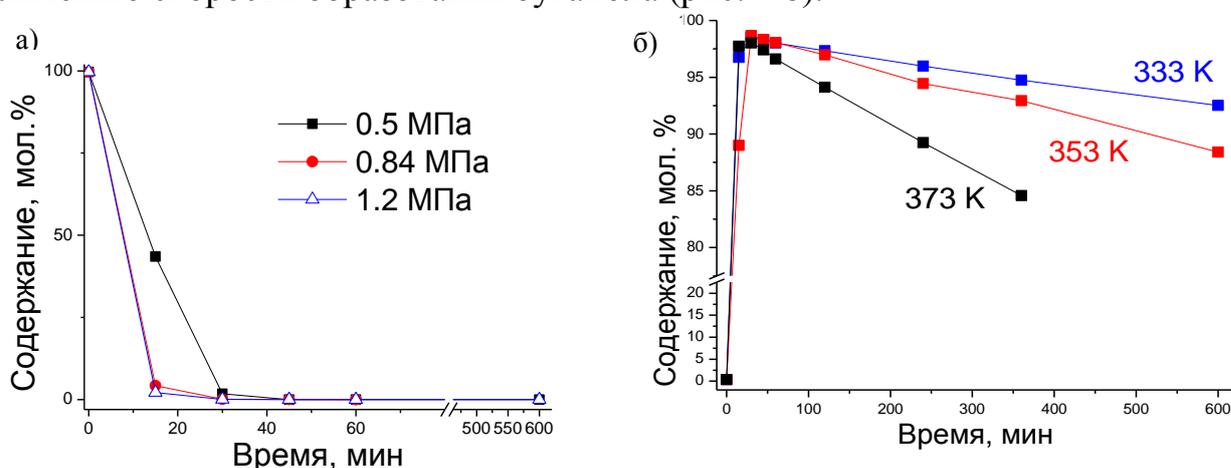


Рис. 4. а) Влияние давления водорода на содержание кротонового альдегида. Условия реакции: $m_{\text{кат}}$ (4%Pd/C) = 10 мг, $T = 60^{\circ}\text{C}$, растворитель - этанол;

б) Влияние температуры на содержание бутанала. Условия реакции: $m_{\text{кат}}$ (4% Pd/C) = 10 мг, $P(\text{H}_2) = 0,84$ МПа, растворитель - этанол.

Гидрирование кротонового альдегида на Ir катализаторах проводили в этаноле и декане в сопоставимых условиях. Проведение реакции гидрирования в этаноле приводит к образованию кротилового спирта, бутанала, бутанола, а также небольших количеств 1-этоксидбутана и 1,1-дибутоксидбутана, в то время как в ходе гидрирования кротонового альдегида в декане наряду с основными

продуктами (бутаналь, кротиловый спирт и бутанол) побочных продуктов почти не образуется. Было изучено влияние температуры на скорость реакции гидрирования кротонового альдегида в присутствии Ir/C и Ir/Al₂O₃. Показано, что скорости гидрирования кротонового альдегида и накопления кротилового спирта существенно увеличиваются с увеличением температуры реакции.

Выводы

В результате проведенных исследований было показано, что скорость гидрирования кротонового альдегида на Pd существенно выше, чем на Ir, увеличивается в ряду растворителей: диоксан < декан < этанол. Однако катализаторы на основе Ir значительно более селективны в гидрировании карбонильной группы, независимо от типа носителя, селективность по кротиловому спирту увеличивается в ряду растворителей диоксан < этанол < декан. Сопоставление каталитических свойств Ir/C и Ir/Al₂O₃ в гидрировании кротонового альдегида указывает на то, что катализаторы на основе Al₂O₃ обладают более высокой активностью и селективностью образования кротилового спирта. Показано, что с увеличением температуры реакции выход кротилового спирта заметно возрастает.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ No 18-53-45013 ИНД_а.

Библиографический список:

1. Ning, X., Xu, Y.-M., Wu, A.-Q., Tang, C., Jia, A.-P., Luo, M.-F., Lu, J.-Q. Kinetic study of selective hydrogenation of crotonaldehyde over Fe-promoted Ir/BN catalysts. – Applied Surface Science. – 2019. – V. 11. – P. 463.
2. Gallezot, P., Richard, D. Selective hydrogenation of unsaturated aldehydes. – Catalysis Reviews. - 1998. – V. 47. - P. 85.
3. Slimane, L., Françoise, D., David L. Theoretical elucidation of the selectivity changes for the hydrogenation of unsaturated aldehydes on Pt(1 1 1). – 2009. – V. 265. – P. 35
4. Li, B., Hong, X., Lin, J.-J., Hu, G.-S., Yu, Q., Wang, Y.-J., Luo, M.-F., Lu, J.-Q. Promoting effect of Ir on the catalytic property of Ru/ZnO catalysts for selective hydrogenation of crotonaldehyde. – 2013. – V. 280. – P. 179.
5. График цен драгоценных металлов в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gold-silver.com.ua. – Дата обращения: 05.04.2019.
6. Reyes, P., Aguirre, M.C., Pecchi, G., Fierro, J.L.G. Crotonaldehyde hydrogenation on Ir supported catalysts. - Journal of Molecular Catalysis A: Chemical – 2000. – V. 164. – P. 250.

**EFFECT OF SOLVENT AND VIII GROUP METAL NATURE ON
SELECTIVITY OF C = O BOND HYDROGENATION IN
POLYFUNCTIONAL COMPOUNDS**

Alina Evgenievna Yaroslavtseva¹, Irina Leonidovna Simakova²

¹Novosibirsk State Technical University, 630073, pr. K. Marksa, 20, Novosibirsk,
630090, Russia

²Boreskov Institute of Catalysis, pr. Ak. Lavrentieva, 5, Novosibirsk, 630090, Russia
Yaroslavtseva Alina Evgenievna, e-mail: yaroslavceva.alina7@mail.ru
Simakova Irina Leonidovna, e-mail: simakova@catalysis.ru

Abstract

Selective hydrogenation of organic substances containing various functional groups is an important research topic in the field of fine chemicals synthesis especially interesting from the viewpoint of utilization of catalysts. Allyl alcohols obtained by preferential hydrogenation of the carbonyl group in α,β -unsaturated aldehydes, are valuable intermediates for the production of perfumes, flavors and pharmaceuticals. This paper is devoted to the investigation of the effect of the solvent (ethanol, dioxane, decane) and the metal nature (Pd, Ir) on activity in crotonaldehyde hydrogenation and selectivity to crotyl alcohol. It was found that Pd favors preferential C=C hydrogenation keeping C=O group intact and utilization of dioxane as a solvent is hindering further butanale to butanol hydrogenation. Iridium catalysts demonstrate lower activity in crotonaldehyde hydrogenation being however more selective towards crotyl alcohol. Utilization of ethanol as a reaction media leads to an increase of side products compared to more inert decane. In the presence of Ir catalysts crotyl alcohol yield increased with reaction temperature increase.

Keywords: oxygenates, C=O bond, competitive hydrogenation, palladium, iridium.

ПРОЦЕСС ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНОЛА В ФОРМАЛЬДЕГИД В МИКРОКАНАЛЬНОМ РЕАКТОРЕ ЩЕЛЕВОГО ТИПА

Игнатов Александр Сергеевич^{1,2}, магистрант; Корчемкина Полина Геннадьевна², студент; Верниковская Надежда Викторовна^{1,2}, к.т.н.; Чумаченко Виктор Анатольевич¹, к.т.н.

¹Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,
пр. Академика Лаврентьева, 5, Новосибирск, 630090, Россия

²Новосибирский государственный технический университет,
пр. К.Маркса, 20, Новосибирск, 630073, Россия

Игнатов А. С., e-mail Allex-ign@yandex.ru

Корчемкина П.Г., e-mail polishka25@mail.ru

Верниковская Н.В., e-mail vernik@catalysis.ru

Чумаченко В.А., e-mail vachum@catalysis.ru

Адрес для корреспонденции: Игнатов Александр Сергеевич, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел.+7 (913) 749-19-70

Аннотация

Формальдегид высоко востребован как в качестве мономера (сомономера) при получении полимерных материалов, так и в качестве сырья для последующего синтеза ряда органических продуктов. В промышленности формальдегид получают путем окисления метанола на серебряных или на оксидных железомолибденовых катализаторах. Высокоэкзотермический характер процесса ограничивает его проведение в традиционных трубчатых реакторах. Микроканальные реакторы имеют ряд преимуществ, в том числе субмиллиметровые размеры реакционной зоны и более интенсивный тепло- и массоперенос.

В работе проведено моделирование реакции окисления метанола в формальдегид на оксидном катализаторе в микроканальном реакторе щелевого типа. Исследовано влияние тепло- и массопереноса на показатели каталитического процесса и показано, что для более точного описания процесса необходимо учитывать теплообмен излучением и конвективный теплообмен между реактором и нагревателем, а также теплопроводность и диффузию в газовой фазе по длине канала реактора.

Ключевые слова: Математическая модель, окисление метанола, формальдегид, микроканальный реактор.

Введение

Высокая реакционная способность и многообразие химических превращений обусловили широкое применение формальдегида в органическом

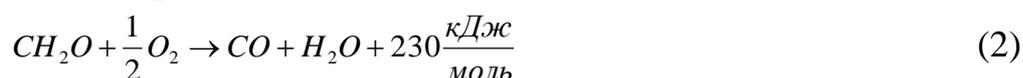
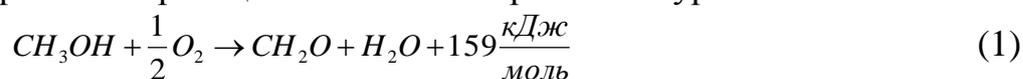
синтезе. Формальдегид в основном используют для получения карбаминоформальдегидных смол и концентратов, фенолоформальдегидных смол, меламиноформальдегидных смол, пентаэритрита, уротропина. Благодаря широкому применению формальдегида спрос на него постоянно растет.

Смеси метанола с кислородом взрывоопасны, поэтому формальдегид в промышленности получают путем окисления метанола либо на серебряных контактах выше верхнего предела взрываемости, либо на оксидных железомолибденовых катализаторах ниже нижнего предела взрываемости. В последнем случае, ввиду низких концентраций метанола, съём формальдегида с единицы объема катализатора невелик, что ограничивает производительность реактора. В то же время, высокие скорости тепло- и массопереноса, характерные для микроканальных реакторов (МКР) [1], позволяют расширить условия проведения процесса, что делает их подходящей платформой для изучения высокоэкзотермических реакций. Поэтому исследование процесса окисления метанола в формальдегид в МКР является актуальным.

Целью работы является теоретическое исследование влияния теплопроводности и диффузии по длине канала в газовой фазе, а также теплообмена излучением и конвективного теплообмена между реактором и печью на характеристики процесса окисления метанола в формальдегид в МКР с каналами щелевого типа.

Математическая модель

При окислении метанола в формальдегид на оксидных Fe-Mo катализаторах протекают реакции по стехиометрическим уравнениям:



В реакции (1) происходит окисление метанола до целевого продукта – формальдегида, в реакции (2) формальдегид превращается в побочные продукты, поэтому процесс характеризуется как общей конверсией метанола, так и селективностью по основным продуктам.

Процесс получения формальдегида протекает в МКР щелевого типа с каналами прямоугольной формы в поперечном сечении. Предполагается, что все каналы находятся в идентичных условиях, поэтому рассматривается одна ячейка, состоящая из канала и окружающей его твердой фазы. Твердая фаза – это пористые пластины, в матрице которых равномерно распределены тонкодисперсные частицы катализатора, газовая фаза – это реакционная смесь в каналах между пластинами.

Двухфазная математическая модель процесса окисления метанола в формальдегид в МКР [2,3] учитывает конвективный тепло- и массоперенос, теплопроводность и диффузию по длине канала в газовой фазе, тепло- и массообмен между газовой и твердой фазами, реакцию в твердой фазе, теплопроводность твердой фазы, теплообмен излучением и конвективный

теплообмен между реактором и печью; также учитывается зависимость теплофизических параметров и параметров тепло- и массопереноса от состава и температуры смеси, изменение объема реакционной смеси в результате протекания реакций. В модели использованы кинетические уравнения скоростей реакций (1), (2) на промышленном железо-молибденовом катализаторе, приведенные в работе [4].

Расчеты процесса проводились при следующих параметрах: входная температура 250°C, температура печи 320°C, длина канала 0.04 м, линейная скорость 0,17 м/с, входная концентрация метанола 0.065 мол. доли.

Результаты и обсуждение

На рис. 1 показано, как влияют составляющие теплообмена между реактором и нагревателем на профили степени превращения метанола (а) и температуры (б) по длине канала. Расчеты показывают, что учёт только конвективного теплообмена приводит к резкому возрастанию как температуры, так и степени превращения в газовой и твердой фазах. Кроме того, повышается и селективность процесса по формальдегиду. Без учета влияния конвективного теплообмена температура, степень превращения и селективность увеличиваются незначительно. Это означает, что в суммарном теплообмене вклад теплообмена излучением больше, чем вклад конвективного теплообмена. Эти результаты согласуются с данными статьи [5] по исследованию сложного теплообмена в многослойной цилиндрической конструкции, где было показано, что при температуре 200 °С до 69% тепла передается излучением и только 31% конвекцией (соответственно, при 400 °С – 85% и 15%).

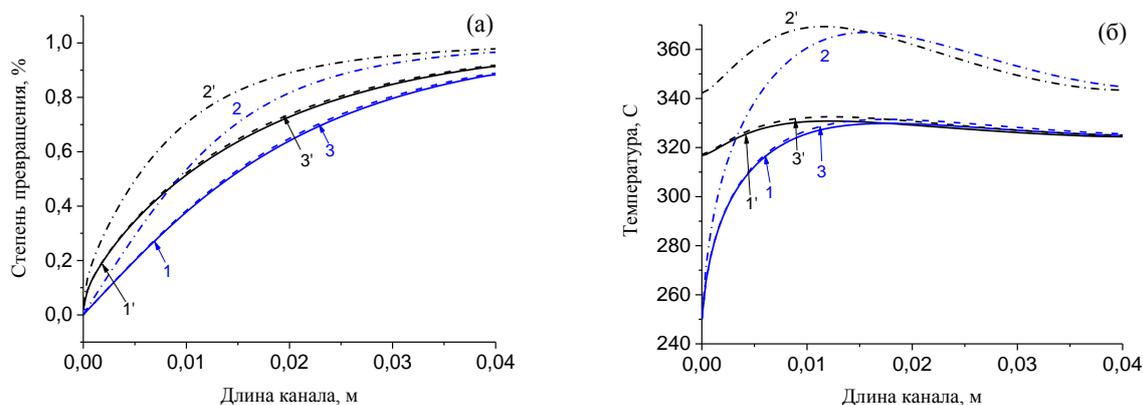


Рис. 1. Влияние составляющих теплообмена на профили степени превращения метанола (а) и температуры (б) по длине канала:

- 1, 1' – учёт теплообмена излучением и конвекцией;
- 2, 2' – учёт только конвективного теплообмена;
- 3, 3' – учёт только теплообмена излучением.
- 1, 2, 3 – газовая фаза; 1', 2', 3' – твердая фаза.

Без учета диффузии и теплопроводности по длине канала в газовой фазе, получается завышенное на 1...2 градуса значение максимальной температуры. При данных параметрах процесса учёт в модели изменения объема реакционной смеси в ходе реакции не оказал существенного влияния на конверсию метанола

и максимальную температуру.

Выводы

Моделирование процесса окисления метанола в формальдегид в МКР с каналами щелевого типа показало, что для адекватного описания профилей температуры и степени превращения по длине канала модель должна учитывать вклад различных составляющих теплообмена между реактором и нагревателем, а также теплопроводность и диффузию в газовой фазе по длине канала реактора.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект АААА-А17-117041710076-7)

Библиографический список:

1. A.G, Gribovskii, E.V. Ovchinnikova, N.V. Vernikovskaya, D.V. Andreev, V.A. Chumachenko, L.L. Makarshin. Microchannel reactor for intensifying oxidation of methanol to formaldehyde over Fe – Mo catalyst // Chem. Eng. J. – 2017 - 308 (2017) - P. 135 – 141;
2. Сафронович Е.С., Математическое моделирование каталитических процессов в микроканальных и щелевых реакторах, обеспечивающих повышение экологической безопасности производства. Магистерская диссертация, ФЛА НГТУ, – 2017. – 65 с.
3. G. Groppi. A comparison of lumped and distributed models of monolith catalytic combustors // Chem. Eng. Sci., – 1995. – Vol. 50, No.17, P. 2705–2715.
4. Попов Б.И., Бибин В.Н., Боресков Г.К. // Кинетика и катализ. – 1976 - № 17. Вып. 2. - С. 371—377.
5. Абишева Л.С. Исследование сложного теплообмена в многослойной цилиндрической конструкции графоаналитическим методом. Вестник Самарского государственного технического университета. Серия техн. науки. – 2016. – №4 (52). – С. 99 – 107.

PROCESS OF METHANOL TO FORMALDEHYDE OXIDATION IN A SLIT-TYPE MICRO-CHANNEL REACTOR

*Ignatov Alexander Sergeevich*², student; *Korchemkina Polina Gennadievna*², student; *Vernikovskaya Nadezhda Viktorovna*^{1,2}, Ph.D.; *Chumachenko Victor Anatol'yevich*¹, Ph.D.

¹Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, Pr. Akademika Lavrentieva 5, 630090 Novosibirsk, Russia

²Novosibirsk State Technical University, Pr. K. Marx, 20, Novosibirsk, 630073, Russia

Abstract

Formaldehyde is in high demand both as a monomer (comonomer) in polymers technologies, and as a raw material for the subsequent synthesis of organic products. In industry, formaldehyde is produced by methanol oxidation on silver or iron-molybdenum oxide catalysts. Highly exothermic nature of the process restricts its application in conventional multi-tubular reactors. Microchannel reactors (MCR) have specific features, such as the submillimeter size of the reaction zone, and intensive heat and mass transfer. In this work, the effect of heat and mass transfer on the performance of formaldehyde synthesis on oxide catalyst in a slit-type MCR is studied. For proper process description, it is necessary to take into account heat exchange by radiation and convective heat transfer between the reactor and the heater, as well as thermal conductivity and diffusion in the gas phase along the channel length.

Keywords: Mathematical model, methanol oxidation, formaldehyde, microchannel reactor

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ТЭЦ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

Борисова Анастасия Алексеевна¹, студент; Кортаева Татьяна Александровна^{1,2}, д.ф.-м.н., доцент, профессор, с.н.с.;

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

² Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН, ул. Институтская, 4/1, г. Новосибирск, 630090, Россия

Кортаева Т.А., e-mail korta@itam.nsc.ru

Борисова А.А., e-mail nasten4ik170598@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Борисова Анастасия Алексеевна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел.+7 (913) 713-37-75

Аннотация

В работе представлены результаты численного моделирования распространения вредных примесей из труб ТЭЦ, полученные с помощью пакета программ ANSYS 19.0 (academic). Расчеты модельной двумерной задачи выполнены в рамках осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье - Стокса, с использованием модели турбулентности ' $k - \omega$ '. Получены поля скоростей и концентраций диоксида серы и азота. Проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: Численное моделирование; дымовая труба; вредные выбросы; дымовые газы; скорость.

Введение

В настоящее время проблемы охраны среды относятся к числу важных государственных задач. Один из главных источников негативного воздействия на окружающую среду являются компании энергетической отрасли. К таким компаниям можно отнести ТЭС.

ТЭС вносят большой вклад в загрязнение атмосферного воздуха (около 27% общего количества выбросов от всей промышленности России). Негативное воздействие на окружающую среду происходит из-за использования органического топлива на теплоэнергетических предприятиях. В основном органическое топливо состоит из углерода, серы, водорода и золы. В результате сгорания топлива в основном образуются оксиды серы (сернистый газ, серный ангидрид), оксиды азота, угарный газ, углекислый газ, зола и водяные пары [1].

Существует два основных вида воздействия дымовых выбросов на окружающую среду: локальное и общее (глобальное). Локальное воздействие

выбросов ТЭС на окружающую среду и человека распространяется на прилегающий район диаметром до 20-50 км. Глобальное (общее воздействие) распространяется на биосферу с учётом выбросов других предприятий на любом расстоянии от данной ТЭС.

Наиболее неблагоприятное воздействие на окружающую среду оказывают оксиды азота и серы: разрушается хлорофилл растений, повреждаются листья и хвоя. При концентрации диоксида серы в атмосферном воздухе $0,08 \text{ мг/м}^3$ ощущается дискомфорт у людей. Постоянное пребывание людей в атмосфере с концентрацией указанных веществ выше $0,5 \text{ мг/м}^3$ приводит к более частым заболеваниям и возрастанию смертности. Диоксид азота оказывает раздражающее действие на дыхательные пути и слизистую оболочку глаза. Оксиды азота, поглощая естественную радиацию, как в ультрафиолетовой, так и в видимой части спектра, снижают прозрачность атмосферы и способствуют образованию фотохимического тумана - смога.

На сегодняшний день, одним из основных методов, который позволяет всесторонне исследовать воздействие на окружающую среду стационарных источников выбросов, в частности, дымовых труб, является – математическое моделирование. Вычислительный эксперимент – это метод, предназначенный для изучения, прогнозирования и оптимизации сложных многопараметрических процессов, исследование которых традиционными методами затруднено или невозможно (например, управление климатом, изменение состояния экологических систем).

При численном моделировании рассеивания выбросов загрязняющих веществ важно построить такую математическую модель, которая могла бы учитывать изменение различных параметров, определяющих состояние атмосферы, например, таких как направление и сила ветра, температурная стратификация, влажность воздуха, атмосферное давление и др. [2].

Целью работы является моделирование локального распространения дымовых газов при различном соотношении скорости ветра и истечения из высокой трубы.

Постановка задачи

В качестве прототипа объекта исследования рассматривается истечение из трубы Новосибирской ТЭЦ-5, являющейся одной из крупнейших электростанций Российской Федерации, которая была построена в 1971 году [3]. Основными видами топлива являются кузнецкие угли марки Г и Д, бурый уголь марки 2Б. Процесс сжигания угля на тепловых электростанциях происходит в котлах, где образуются дымовые газы, которые под действием тягодутьевой машины удаляются через дымовую трубу в атмосферу.

В данной работе проводится численное моделирование рассеивания в атмосферном воздухе дымовых газов: оксидов серы и азота. Численное моделирование проводится с использованием академической версии коммерческого пакета программ ANSYS 19. На первом этапе модельная стационарная задача рассматривается в плоской двумерной постановке.

Расчетная область показана на рисунке 1 и представляет собой прямоугольник высотой 2 километра и шириной 5 километров. Область включает в себя дымовую трубу высотой 180 метров и диаметром 8,4 метра.

В качестве граничных условий задавались: на входной границе расчетной области (слева) условия типа *'velocity_inlet'*, на выходной (сверху и справа) - *'pressure outlet'*, условие прилипания с заданной температурой на подстилающей поверхности (нижняя граница), на выходе из трубы *'pressure inlet'*, условие стенки на стенках трубы.

На рисунке также можно видеть эту же расчетную область, покрытую сеткой с прямоугольными ячейками, построенную с помощью приложения ANSYS ICEM CFD.

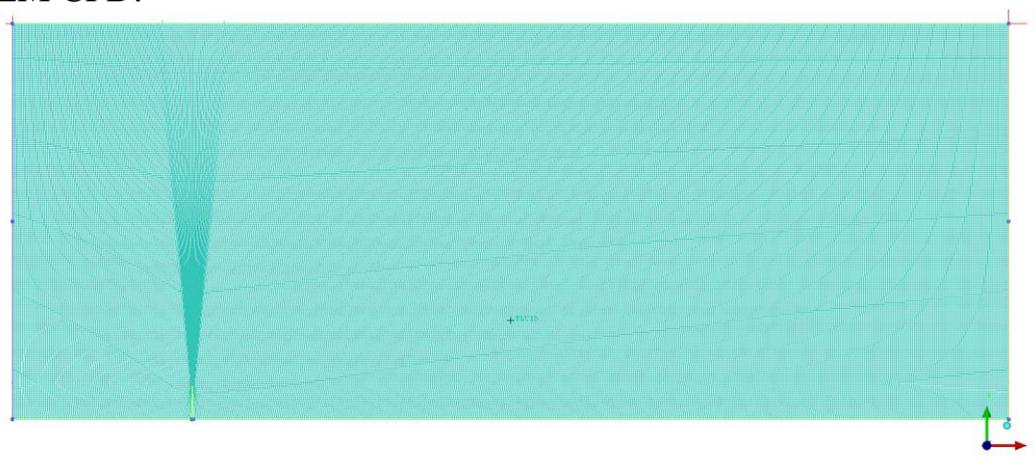


Рис. 1. Расчётная область, покрытая сеткой

Численно решается система уравнений Навье-Стокса осредненная по Рейнольдсу дополненная моделью турбулентности SST k- ω . Рассматривается пассивное распространение загрязняющих веществ, т.е. без учета возможного химического взаимодействия истекающих дымовых газов с компонентами воздуха. Используется неявная схема Рунге второго порядка точности аппроксимации.

Задаваемые параметры в области решения: атмосферное давление 101325 Па, температура окружающей среды 300°K, скорость ветра 4 м/с. При проведении данных расчетов сила тяжести не учитывалась. Скорость ветра на входной границе задавалась постоянной по высоте.

Результаты

В качестве методики расчётов взята публикация [4].

Результатами численного моделирования являются поля температур и давления, скорости и концентрации химических веществ (CO, CO₂, O₂, NO_x, водяные пары и т.д.). Примеры полученных результатов распределения дымового факела без учёта загрязняющих веществ представлены на рисунках 2...4.

На рисунке 2 представлен характер поля скоростей потока дымовых газов из трубы при скорости истечения на выходе 6 м/с. На рисунке 3 скорость

истечения составляет 10 м/с, а на рисунке 4 – 14 м/с.

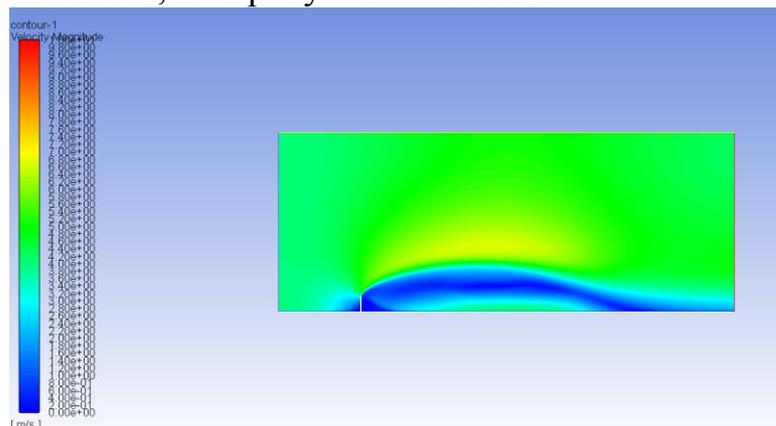


Рис. 2. Факел дымовых газов при скорости на выходе из трубы – 6 м/с и скорости ветра 4 м/с

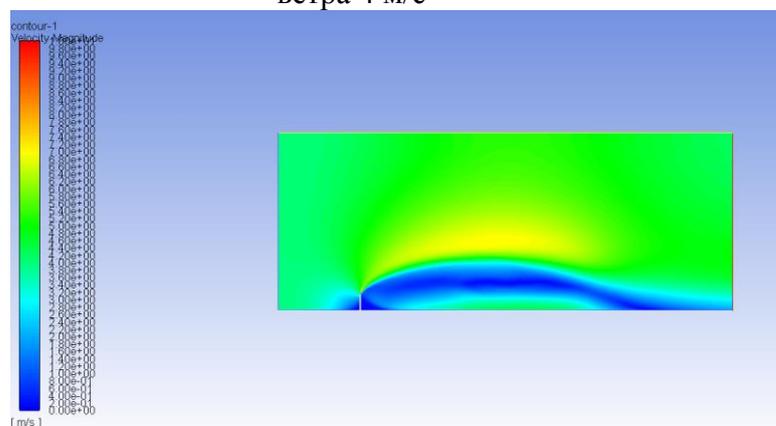


Рис. 3. Факел дымовых газов при скорости на выходе из трубы – 10 м/с и скорости ветра 4 м/с

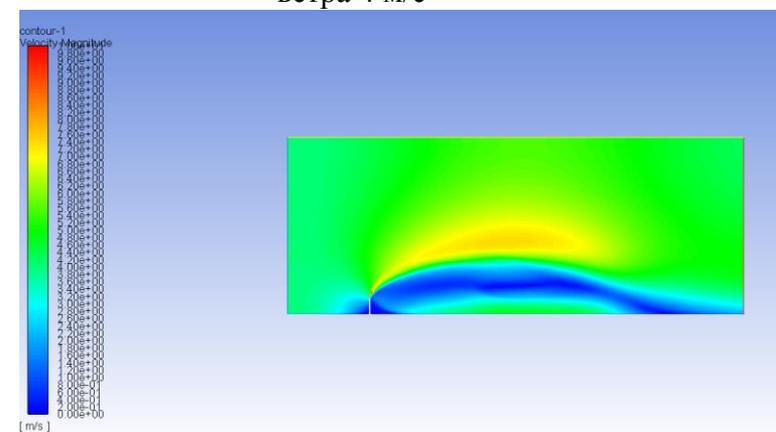


Рис. 4. Факел дымовых газов при скорости на выходе из трубы – 14 м/с и скорости ветра 4 м/с

Повышение момента количества движения струи дымовых газов приводит к увеличению высоты дымового факела и, следовательно, должно приводить к снижению приземной концентрации загрязняющих веществ. Полученные результаты удовлетворительно согласуются с данными работы [4].

На рисунке 5 приведена схема распределения концентраций загрязняющих примесей в атмосфере от организованного источника загрязнения [5]. По мере удаления от трубы в направлении распространения промышленных выбросов

можно условно выделить три зоны загрязнения атмосферы: переброс факела, характеризующийся относительно невысоким содержанием вредных веществ в приземном слое атмосферы; задымление с максимальным содержанием вредных веществ и постепенное снижение уровня загрязнения.

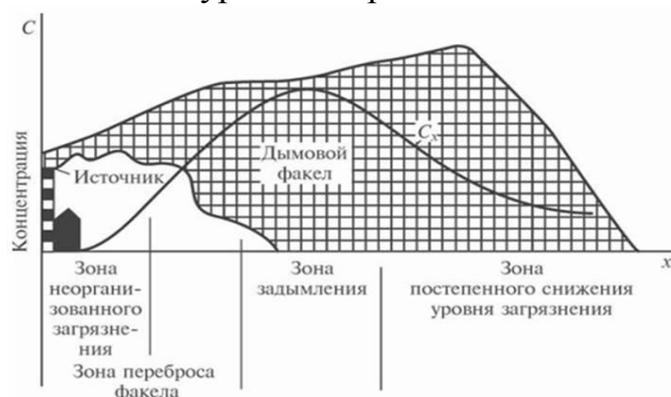


Рис. 5. Распределение концентрации вредных веществ в атмосфере от организованного высокого источника выбросов

Зона задымления является наиболее опасной и должна быть исключена из селитебной застройки. Ее размеры в зависимости от метеоусловий находятся в пределах 10...50 высот дымовой трубы [5].

На рис. 6 представлен пример полученных в данной работе результатов - распределение SO_2 для случая, истечения из трубы потока дымовых газов со скоростью 6 м/с.

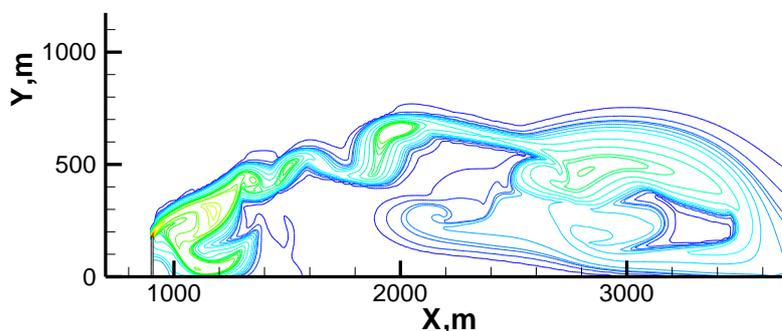


Рис. 6. Распределение массовой доли диоксида серы при скорости на выходе из трубы – 6 м/с и скорости ветра 4 м/с

На рисунке можно видеть зону переброса факела с относительно низкой концентрацией диоксида серы (расстояние вдоль оси X от 5 до ~20 высот трубы) и зону задымления, которая начинается с расстояния, примерно равного 20 высотам трубы, что согласуется с диапазоном, указанным в работе [5].

Выводы

В работе представлены первые результаты численного моделирования распространения дымового потока трубы ТЭЦ, полученные с помощью пакета программ ANSYS 19.0 (academic). Видно, что в дальнейшем необходимо задавать профили скорости и температуры на границе расчетной области, учесть действие силы тяжести, а также уточнить состав истекающей из трубы смеси загрязняющих веществ.

Библиографический список:

1. Электронная библиотека, глобальные проблемы окружающей среды и природопользования: [Электронный ресурс] URL – <http://libsib.ru/ekologiya/globalnie-problemi-okruzhaiushey-sredi-i-prirodopolzovaniya>.
2. Инженерно-технический журнал, Экология и промышленная безопасность // ANSYS Advantage. Русская редакция, ЗАО «ЕМТ Р», 2008 (9) – 25 с.
3. Новосибирская ТЭЦ-5: [Электронный ресурс] URL - https://ru.wikipedia.org/wiki/Новосибирская_ТЭЦ-5
4. A Numerical simulation of emissions of pollutants from industrial chimney: Dr. Saleh I. Najim/ Dr. Qais A. Rishack, Mr. Alaa H. Mohammed. - Basrah Journal for Engineering Sciences, vol. 14, no. 2, 2014.
5. Рассеивание вредных выбросов в атмосфере: Методические указания к практическим занятиям по курсу "Экология" для студентов всех специальностей и направлений /Сост.: Н.В. Магнитская, В.А. Ламтюгин. -Ульяновск, 1997.-24 с.

NUMERICAL MODELING OF THE DISTRIBUTION OF THE COMBUSTION PRODUCTS OF CHP IN THE GROUND LAYER OF THE ATMOSPHERE

*Borisova Anastasiya Alekseevna, student, nasten4ik170598@mail.ru
Korotaeva Tatiana Alexandrovna¹² Doctor of Science (Phys.&Math),
associate professor, senior researcher, professor, e-mail korta@itam.nsc.ru*

¹ Novosibirsk state technical university, 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia

² Siberian Branch of Russian Academy of Science Khristianovich institute of Theoretical and Applied Mechanics, 4/1, Institutskaya St., Novosibirsk, 630090, Russia

Abstract

The paper presents the results of numerical simulation of the distribution of harmful impurities from CHP pipes, obtained using the ANSYS 19.0 (academic) software package. The calculations of the model two-dimensional problem were carried out in the framework of the Reynolds-averaged Navier – Stokes equations, using the ‘k - ω ’ turbulence model. The velocity and concentration fields of sulfur dioxide and nitrogen are obtained. The analysis of the results.

Keywords: Numerical simulation; stack; harmful emissions; flue gases; speed.

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ПРОНИКНОВЕНИЯ НЕФТИ В СЛОИ ЗАЩИТНОГО ЭКРАНА И ПОЧВУ

Кожевникова Анна Евгеньевна, студент; Соловей Мария Владимировна, аспирант; Ларичкина Наталья Илларионовна, к.г.-м.н., доцент, Ларичкин Владимир Викторович, д.т.н., профессор,

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

Кожевникова А.Е., e-mail: ann_kozhevnikova@mail.ru

Соловей М.В., e-mail: mv_ushakova@mail.ru

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

Ларичкин В.В., e-mail: larichkin@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Кожевникова Анна Евгеньевна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел.+7(913)716-43-84

Аннотация

Исследованы скорости проникновения нефти средней плотности в слои защитного экрана, состоящего из бентонита, высококальциевой золы уноса, древесных опилок, и почвы, как защищенной экраном, так и без него. Показано, что скорость проникновения нефти в почву, защищенную экраном, в два раза ниже, чем в открытую почву. Выявлено, что скорость проникновения нефти в слой, характеризующийся повышенной пористостью и представляющий собой смесь древесных опилок и золы уноса, в 6-7 раз выше, чем в слои, в состав которых входят зола уноса и бентонит. Установлено, что время, в течение которого нефть достигает слоя почвы, зависит от высоты пористого слоя защитного экрана.

Ключевые слова: бентонит, древесные опилки, высококальциевая зола уноса, нефть средней плотности, подзолотистая почва.

Введение

Нефть, представляющая собой сложную многокомпонентную систему, проникая в почву, по-разному распределяется в ней. При этом нарушается структура почвы, её водо- и воздухопроницаемость и резко, а порой и вовсе, снижается её плодородие [1]. Существующие к настоящему времени методы ликвидации нефтяных загрязнений почв, комплексные методики по рекультивации этих почв направлены на восстановление нефтезагрязненных почв, которое, к сожалению, протекает в течение длительного периода (не менее 10 лет) [2, 3]. Предлагаемый в работе подход защиты почвы путем создания

многокомпонентных экранов, состоящих как из природных материалов (бентонит), так и техногенных отходов (древесные опилки, высококальцевая зола уноса), позволяет, во-первых, резко снизить поступление нефти в почву. Во-вторых, использование в составе защитного экрана пористого материала (древесных опилок), способного адсорбировать на своей поверхности компоненты нефти, позволит значительно снизить площади загрязненных почв нефтью. В связи с этим целью данной работы являлось определение скорости проникновения нефти в различные слои защитного экрана и почвы, и установление влияния мощности поглотительного слоя экрана на время проникновения нефти до почвенного слоя.

Материалы и методика проведения экспериментов

Объектами исследования в данной работе явились подзолотистые почвы, отобранные на территории Новосибирской области, нефть средней плотности Восточно-Ягунского месторождения, а также природный материал (бентонит) и отходы деревообрабатывающей промышленности (опилки) и золы уноса тепловых электростанций, образующейся при сжигании углей и улавливаемой из дымовых газов электрофильтрами.

Исследования проводились в лаборатории новых материалов на основе техногенных отходов кафедры инженерных проблем экологии на модельной установке, представленной в работе [4]. Для проведения эксперимента было собрано семь таких установок. В шести из них почва была защищена экраном, состоящим из слоев, состав которых представлен на рисунке 1, а в одной находился только слой почвы высотой, аналогичной высоте почвы, защищенной экраном.

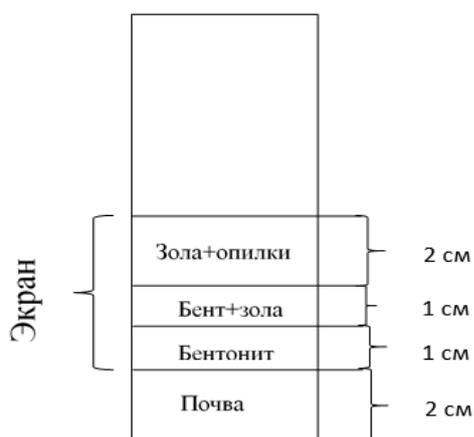


Рис. 2. Схема слоев защитного экрана над почвой

В шести модельных установках высота почвы (2 см), слоев бентонита (1 см) и смеси бентонита и высококальцевой золы уноса (1 см), взятых в соотношении 1:1, оставалась неизменной и составляла 4 см. Изменялась только высота слоя, представляющего собой смесь высококальцевой золы уноса и древесных опилок, взятых в соотношении 10:1. Высота этого слоя составляла 2 см, 4 см и 6 см. Для каждого вида защитных экранов проводилось по два

параллельных измерения согласно методике, описанной в работе [5]. Высота слоя нефти над экраном и почвой в ходе эксперимента поддерживалась постоянной.

Результаты и обсуждение

Полученные результаты измерения скорости проникновения нефти по слоям защитного экран и почвы представлены в таблице 1 и на рисунке 2. Скорость проникновения нефти в почву, не защищенную экраном, составила $3,5 \cdot 10^{-4}$ см/с.

Таблица 1.

Скорость проникновения нефти в слой экрана и почву

№ пробы	Скорость проникновения нефти, v , см/с $\cdot 10^{-4}$				Время проникновения нефти до слоя почвы, t , мин.	Высота защитного экрана, h , см
	Слой					
	Зола+опилки	Зола+бентонит	бентонит	почва		
2	5,6	1,3	0,2	0,2	1140	4
2'	19,0	7,4	3,3	1,4	90	4
4	12,3	1,7	1,5	0,2	260	6
4'	19,0	3,1	4,2	2,0	130	6
6	24,0	5,4	11,0	1,7	222	8
6'	14,0	2,5	1,1	1,5	290	8
Среднее значение	18,6	3,2	2,5	1,7		

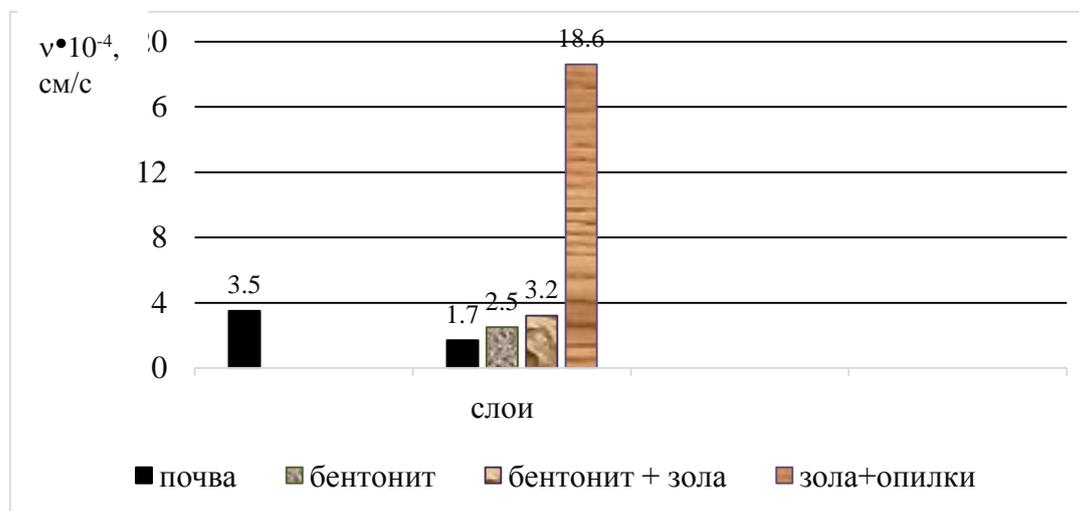


Рис. 2. Усредненные значения скорости проникновения нефти по слоям защитного экрана и почвы

Результаты исследований показывают, что наибольшая скорость проникновения нефти отмечается в верхнем слое защитного экрана ($18,6 \cdot 10^{-4}$ см/с), состоящего из смеси высококальциевой золы уноса и древесных опилок, который характеризуется наибольшей пористостью и проницаемостью, и практически не зависит от его высоты. В результате чего, нефть быстро проникает в этот слой защитного экрана и не растекается по поверхности. Что

может привести к резкому сокращению площади загрязнения нефтью.

В слое, состоящим из бентонита скорость проникновения нефти резко падает и составляет $2,5 \cdot 10^{-4}$ см/с. Учитывая, что бентонит, имеющий пластинчатую структуру и характеризующийся низкой и пористостью, и особенно проницаемостью, препятствует проникновению нефти вниз по разрезу почвенного слоя. Он является флюидоупором, защищающим нижележащие слои почвы от загрязнения нефтью. Аналогичные свойства с бентонитом проявляет слой защитного экрана, состоящий на 50% из золы уноса и бентонита. Скорость проникновения нефти в этот слой по сравнению с вышележащим пористым слоем снижается в 6 раз и равна $3,2 \cdot 10^{-4}$ см/с., что несколько выше, чем у бентонита. Вероятнее всего, присутствие золы уноса несколько повышает пористость этого слоя по сравнению с бентонитом, что возможно приведет к увеличению адсорбируемой нефти. Однако схожесть химического состава бентонита и зол уноса свидетельствует о низкой проницаемости нефти зол уноса. И тем самым позволяет их использовать, в качестве флюидоупорного слоя частично, заменяя природный материал на техногенный отход.

Снижение скорости проникновения нефти в почву в 2 раза при наличие защитного экрана по сравнению с незащищенной почвой, с одной стороны, связано с возросшей нагрузкой на почву, как самого защитного экрана, так и при насыщении его нефтью. С другой – благодаря наличию флюидоупорных слоев, которые резко снижают скорость проникновения нефти вниз по разрезу, скорость её проникновения резко падает.

Проведенные исследования показали, что с увеличением мощности пористого слоя защитного экрана с 4 до 6 см, время, в течение которого нефть достигает слоя почвы, повышается почти в 3 раза (рис. 3). Главным образом, за счет того, что резко увеличивается время насыщения пористого слоя защитного экрана нефтью.

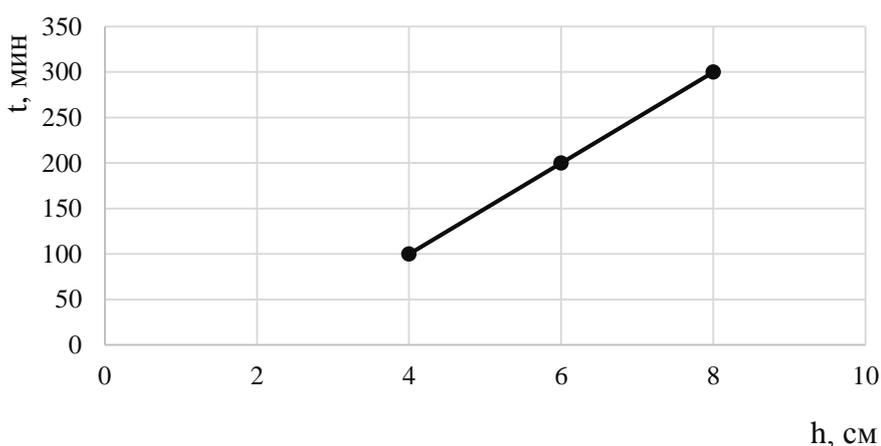


Рис. 3. Изменение времени проникновения нефти до почвы в зависимости от высоты слоя смеси высококальциевой золы уноса и древесных опилок

Выводы

Исследование скорости проникновения нефти в различные слои защитного экрана, препятствующего проникновению нефти в почву, показало, что скорость проникновения нефти зависит от свойств материалов, главным образом, их пористости и проницаемости. Чем выше слой пористого материала, тем больше время, в течение которого нефть проникнет до почвы. А значит и защитная функция экрана возрастает. Кроме этого наличие в защитном экране пористого слоя сокращает площадь загрязнения почвы нефтью. Что и является самым главным в области проведения мероприятий, снижающих негативное воздействие на окружающую природную среду.

Библиографический список:

1. Околелова А.А. Особенности трансформации нефтепродуктов в почвах /Научные ведомости Волгоградского техн. ун-та. Серия «Естественные науки»– Волгоград: Изд-во Волгоград. технич. ун-та, 2016. № 18 (239), вып. 6.
2. Методы ликвидации нефтяных загрязнений почвы. Электронный ресурс: portal.tru.ru/Personai/Pages/.../Tab2/Lectur_13.pdf
3. Яппаров А.Х. Комплексный подход к рекультивации нефтезагрязненных почв / А.Х Яппаров, И.А. Дегтярева, А.Я. Хидиятуллина. Электронный научный журнал «Современные проблемы науки и образования», 2012, вып. 1.
4. Ушакова М.В Изучение фильтрационных свойств природных и техногенных материалов для очистки вод, загрязненных нефтью /М.В. Ушакова, Н.И. Ларичкина, Р.В. Солдышев, В.А. Ядыкин / Наука. Промышленность. Оборона: труды XV Всероссийской научно-технической конференции / коллектив авторов; под редакцией К.А. Матвеева. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. - С. 607 - 611.
5. 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./коллектив авторов; под редакцией С.Д. Саленко - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. Т. 3. - С. 225 – 230.

RESEARCH OF SPEED OF PENETRATION OF OIL INTO LAYERS OF THE PROTECTIVE SCREEN AND SOIL

Kozhevnikova Anna Evgenyevna, student;
Nightingale Maria Vladimirovna, graduate student;
Larichkina Natalya Illarionovna, PhD, the associate professor,
Larichkin Vladimir Viktorovich, Dr.Sci.Tech., professor,
Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk,
K. Marx Ave., 20
department of engineering environmental problems, ph. +7 (383) 346-50-31
The address for correspondence: **Kozhevnikova Anna Evgenyevna**,
Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia,
Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, ph. +7 (913) 716-43-84

Summary

Speeds of penetration of oil of average density into layers of the protective screen consisting of bentonite, high-calcic ashes of ablation, sawdust, and soils as protected by the screen, and without it are investigated. It is shown that the speed of penetration of oil into the soil protected by the screen is twice lower, than to the open soil. It is revealed that the speed of penetration of oil into the layer which is characterized by the increased porosity and representing mix of sawdust and ashes of ablation is 6-7 times higher, than in layers which part ashes of ablation and bentonite are. It is established that time during which oil reaches a layer of earth depends on height of a porous layer of the protective screen.

Keywords: bentonite, sawdust, ashes of ablation, oil of average density, subgolden soil.

ЗОЛОКЕРАМЗИТ НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ УНОСА УГОЛЬНЫХ ТЭС

*Кудашкина Наталья Геннадьевна, магистрант; Гусев Кирилл Петрович;
Ларичкин Владимир Викторович*

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск
пр. К.Маркса, 20, Новосибирск, 630073, Россия
кафедра инженерных проблем экологии, тел. +7(383)346-50-31
Адрес для корреспонденции: *Кудашкина Наталья Геннадьевна*,
e-mail: natalia.kudashkina.95@mail.ru

Аннотация

В работе приведена методика получения литьевым способом золокерамзита с использованием золы уноса угольных тепловых электростанций. Разработан состав смеси для изготовления золокерамзита, включающий высококальциевую золу уноса, жидкое натриевое стекло, воду и др. Получены и изучены физические свойства образцов полученного материала. На основе золокерамзита, используемого в качестве наполнителя, изготовлены образцы многослойных шумопоглощающих панелей.

Ключевые слова: строительные материалы, зола уноса, золокерамзит, рецептура, физические свойства образцов, шумопоглощающие панели.

Введение

В настоящее время на золоотвалах России накоплено более 1,5 млрд. тонн золошлаковых отходов (ЗШО). Экологические проблемы золоотвалов связаны с пылением, загрязнением грунтовых вод, исключением из хозяйственного оборота больших площадей земли для их размещения и др. Поэтому нужен поиск новых путей уменьшения объёмов образования ЗШО и в первую очередь, утилизации того, что образуется на электрофильтрах ТЭС в виде сухой золы-уноса [1].

Другой актуальной проблемой для современной жизни человека, как на производстве, так и в быту является – шум: постоянный источник стресса для человека. Для обеспечения здоровья уровень шума должен соответствовать санитарным нормам. Методы и средства уменьшения воздействия шума разнообразны. Для того чтобы снизить дискомфорт от неприятных и раздражающих звуков (шумов) в помещениях, обычно используют звукоизоляцию или шумопоглощающие материалы, структура и свойства которых способствуют либо полному поглощению, либо частичному ослаблению колебаний звуковых волн различной интенсивности и частоты [2].

Наиболее распространенным способом шумопоглощения в строительных конструкциях является применение различных многослойных панелей. Их

используют для защитных экранов, звукоизоляции поверхностей помещения и др. Обычно панель состоит из каркаса, внутри которого расположена специальная «шумопоглощающая вставка», содержащая шумопоглощающие элементы [2].

В работе предлагается оригинальное решение применения золошлаковых отходов в качестве такой «шумопоглощающей вставки».

С одной стороны, это поможет частично уменьшить объёмы золоотвалов, за счет утилизации ЗШО путем их введения в состав шумопоглощающих материалов, а с другой – это приведёт к удешевлению самих материалов и конструкций из них, вследствие практически нулевой стоимости ЗШО.

Наиболее подходящим применением золошлаковых отходов в качестве шумопоглощающего заполнителя или вставки в панель, может быть так называемый «керамзит» [3].

Керамзит – пористый материал, используемый в строительстве в качестве утеплителя строительных конструкций (в том числе – полов и крыш), а также в качестве пористого заполнителя бетона и блоков, в производстве фасадной и тротуарной плитки. Керамзит – экологичный материал, имеющий высокую стойкость к механическим воздействиям, он устойчив к перепадам температур, а также нейтрален к воздействию химических веществ и долговечен [3].

Главное его достоинство заключается в высоком уровне шумоизоляции, так как пористая структура противостоит распространению звуковых волн, что несомненно, делает его подходящим материалом для изготовления шумопоглощающих панелей.

Цель работы – получение литьевым способом золокерамзита с использованием золы уноса ТЭС и изготовление на его основе шумопоглощающих панелей.

Методика получения золокерамзита.

Зольный керамзит (золокерамзит) изготавливали из высококальциевой золы-уноса, образованной на электрофилтрах при сжигании бурых канско-ачинских углей на ТЭЦ-3 г. Новосибирска, натриевого жидкого стекла и воды в процентном соотношении 45:35:20. Компоненты смешивали до однородного состояния и изготавливали образцы в форме полусфер. Общий вид образцов показан на рис. 1.



Рис. 1. Образцы золокерамзита до вспучивания

Полученные образцы выдерживали на воздухе в течение 1 часа и

взвешивали на электронных весах, затем вспучивали в муфельной печи при температуре 500 °С в течение 1 часа и снова взвешивали. На рис. 2 показан общий вид образцов после вспучивания.



Рис. 2. Образцы золокерамзита после вспучивания

Результаты и обсуждение

Из образцов золокерамзита после вспучивания выбирались 5 полусфер и определялась их масса, объем и плотность. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физические свойства золокерамзита

№	Масса m , до вспучивания, г	Масса m , после вспучивания, г	V , $см^3$	ρ , $г/см^3$
1	71,4	47,9	22,4	2,1
2	70,0	46,7	22,4	2,1
3	70,5	47,0	24,4	2,1
4	71,2	47,6	26,5	1,8
5	72,0	48,3	26,0	1,9

На основе изученных свойств золокерамзита была разработана технология изготовления опытной шумопоглощающей панели. Первоначально между двумя слоями гипсокартона укладывались полусферы керамзита, которые заливались раствором из гипса марки Г-5, золы-уноса ТЭЦ-3 г. Новосибирска и воды в процентном соотношении 45:20:35. Далее производилась сушка при комнатной температуре. Общий вид панели показан на рис. 3.

В дальнейшем предполагается изучение акустических свойств полученного изделия, сравнение его характеристик с существующими отечественными и зарубежными аналогами и при необходимости модификация рецептуры изготовления.



Рис. 3. Опытная шумопоглощающая панель на основе золокерамзита

Выводы

В работе практически реализована методика изготовления литьевым методом зольного керамзита, что расширяет спектр инновационных технологий утилизации зол уноса угольных ТЭС. Предложено и апробировано его применение в качестве основного компонента конструкции шумопоглощающих панелей.

Библиографический список:

1. Бернацкий А.Ф. Использование золошлаковых отходов при производстве строительных материалов и изделий // Наука на службе экологической безопасности человека и природы. – Новосибирск, 2008. – С. 53-64.
2. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий. - СП 23-103-2003.
3. Ватин Н.И. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве/ Н.И. Ватин, А.И. Калачев // Инженерно-строительный журнал. – 2011. - № 4. – С. 4 – 18.

ZOLOKERAMZIT ON THE BASIS OF ASHES OF ABLATION OF COAL THERMAL POWER PLANTS

*Kudashkina Natalya Gennadyevna, undergraduate; Gusev Kirill Petrovich;
Larichkin Vladimir Viktorovich*

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk

K. Marx Ave., 20, Novosibirsk, 630073, Russia

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

The address for correspondence: Kudashkina Natalya Gennadyevna,

e-mail: natalia.kudashkina.95@mail.ru

Abstract.

The receiving technique by a molding way of the zolokeramzit with use of ashes of ablation of coal thermal power plants is given in work. The composition of mix for production of the zolokeramzit including high-calcic ashes of ablation, liquid sodium glass, water, etc. is developed. Physical properties of samples of the received material are received and studied. On the basis of the zolokeramzit used as filler samples of multilayered noise-attenuating panels are made.

Keywords: building materials, ablation ashes, zolokeramzit, a compounding, physical properties of samples, noise-attenuating panels.

ПОЛУЧЕНИЕ ВЯЖУЩЕГО ИЗ ОГНЕУПОРНОГО ЛОМА

Лапин Андрей Владимирович^{1,2}, студент; Бердникова Лилия Кадировна¹, к.т.н.; Полубояров Владимир Александрович^{1,2}, д.х.н., в.н.с.; Горбунов Фёдор Константинович^{1,2}, к.т.н.

¹Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН,
630128, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18

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

А. В. Лапин, e-mail: tto4ta-1996@mail.ru

Л. К. Бердникова, e-mail: liliya_baikina@mail.ru

В. А. Полубояров, e-mail: sanych@solid.nsc.ru

Ф. К. Горбунов, e-mail: f1123723@yandex.ru

Адрес для корреспонденции: Лапин Андрей Владимирович,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел.+7 (952) 916-00-17

Аннотация

Разработана методика прямого низкотемпературного синтеза силикатного вяжущего из техногенного отхода – динасового огнеупора. Показана возможность использования полученного вяжущего для изготовления строительных изделий на основе дешевого минерального сырья (песок, супесь) и отходов огнеупоров (шамот). Разработанные изделия обладают физико-механическими показателями, рекомендованными для изделий конструкционного назначения: прочность при сжатии, МПа, - образцов на основе шамота – 95,9; супеси – 62,7; песка – 67,8; прочность при изгибе, МПа, – 19,2; 7,4; 8,5; истираемость, г/см², – 0,36; 0,50; 0,15 соответственно.

Ключевые слова: динас, песок, силикатное вяжущее, супесь, шамот, истираемость, прочность при сжатии и изгибе.

Введение

Одним из перспективных направлений, способных понизить расход материальных и энергетических ресурсов строительного комплекса, является разработка новых видов строительных вяжущих с использованием отходов, поскольку сырьё из отходов в 2-3 раза дешевле, чем природное [1].

Особый интерес представляют отходы (лом) огнеупоров, большая часть которого, несмотря на широкий спектр направлений утилизации, повторно не используется. При этом если в развитых странах (Япония, Китай, США) степень его утилизации составляет в среднем 50%, то в России она не превышает 30% [2,

3].

В настоящей работе в качестве сырья для получения вяжущего использовали динас – лом динасового огнеупора смоломагнезитового цеха ООО «ЗСМК» (г. Новокузнецк).

Методика экспериментального исследования

В фарфоровом барабане проводили помол динаса с использованием валковой мельницы до зернистости $\leq 0,14$ мм. Затем для получения вяжущего с различным силикатным модулем измельченный динас заливали 17 % раствором гидроксида натрия из расчета Т:Ж = 1:1,5-6 масс. ч. Полученную смесь подвергали термической обработке при 100 °С и атмосферном давлении в течение 6 час. с периодическим перемешиванием. Непрореагировавший остаток удаляли посредством центрифугирования. Далее полученный раствор выпаривали для получения вяжущего плотностью 1,3 г/см³.

Определение химического состава проводили с использованием сканирующего электронного микроскопа Hitachi TM-1000, укомплектованного детектором TM1000 EDS. Силикатный модуль (М) вяжущего вещества рассчитывали, исходя из данных о его химическом составе. Плотность силикатного вяжущего (ρ) определяли с помощью ареометра по ГОСТ 13078-81.

Выход вяжущего (W) после центрифугирования смеси рассчитывали на 1 кг динаса.

В качестве наполнителей для получения образцов строительных изделий применяли карьерный песок, супесь, шамот (бой шамотного огнеупора смоломагнезитового цеха ООО «ЗСМК» (г. Новокузнецк)), зернистость которых составляла $\leq 0,14$ мм.

Образцы строительных изделий получали методом шликерного литья. В смеситель засыпали наполнитель, затем добавляли вяжущее (Т:Ж= 3,3:1). Смесь тщательно перемешивали до получения однородной массы, укладывали в стальные, предварительно смазанные маслом формы, и выдерживали на воздухе до постоянной массы. Затем образцы подвергали термообработке при 700°С

Физико-механические показатели образцов строительных изделий определяли в соответствии со стандартами: предел прочности при изгибе и сжатии – ГОСТ 8462-85, истираемость – ГОСТ 13087-81.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе работы была проведена оценка качества динаса для получения силикатного вяжущего. Химический анализ показал, что общее содержание оксида кремния в динасе высокое – 88,4%. Содержание красящего оксида (Fe₂O₃) составляет 4,8%, что является высоким показателем и становится следствием желтого оттенка получаемого вяжущего из данного вида сырья.

В таблице 1 приведены различные примеры соотношения Т:Ж, используемые в работе для получения вяжущего. В результате проведенного синтеза были получены силикатные вяжущие, характеристики которых также представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики силикатных вяжущих

Т:Ж, масс. ч.	Теоретический силикатный модуль	Химический состав вяжущего, масс. %			Фактический силикатный модуль	Выход вяжущего*, кг
		оксид				
		Na ₂ O	SiO ₂	Fe ₂ O ₃		
1:6	1,2	45,4	46,0	8,6	1,0	6,4
1:3	2,4	31,9	63,1	5,0	2,0	2,3
1:1,5	4,7	24,1	75,9	-	3,3	1,4

* Выход раствора рассчитывали на 1 кг динаса

Второй этап работы заключался в получении образцов строительных изделий на основе вяжущего с модулем 2,0 и определении физико-механических характеристик. В таблице 2 представлен сравнительный анализ прочностных характеристик полученных изделий с характеристиками силикатного и керамического кирпичей. Видно, что образцы на основе синтезированного вяжущего могут быть рекомендованы в качестве изделий конструкционного назначения.

Таблица 2

Сравнительные характеристики строительных изделий

Строительные изделия	Предел прочности, МПа		Истираемость, г/см ²	
	при сжатии	при изгибе		
Кирпич силикатный М300 (ГОСТ 379-95)	30,0	4,0	-	
Кирпич керамический рядовой М100-М300 (ГОСТ 530-2012)	10,0-30,0	2,2-4,4	-	
Кирпич керамический клинкерный М300-М1000 (ГОСТ 530-2012)	30,0-100,0	4,4 и более	не более 1,5	
Полученные* в настоящей работе на основе	шамота	95,9	19,2	0,36
	супеси	62,7	7,4	0,50
	песка	67,8	8,5	0,15

*Образцы на силикатном вяжущем с модулем 2,0 после термообработки при 700°C

Выводы

Разработана методика прямого низкотемпературного синтеза силикатного вяжущего, с модулем от 1,0 до 3,3 и плотностью 1,3 г/см³ на основе техногенного отхода – динасового огнеупора.

На основе синтезированного вяжущего и алюмосиликатного сырья различного происхождения (отходы шамотного огнеупора, минеральное сырье (супесь, песок)) получены строительные изделия конструкционного назначения.

Установлено, что значения физико-механических показателей

разработанных изделий не уступают характеристикам материалов, применяемых в современном строительстве.

Библиографический список:

1. Столбоушкин, А. Ю. Стеновые керамические материалы матричной структуры на основе неспекающегося малопластичного техногенного и природного сырья. Дисс. докт. техн. наук. – Новосибирск, 2014. – 365 с.

2. Черепанов, К. А. Рециклинг отходов как основа промышленной безопасности / К. А. Черепанов, К. М. Кулагин, З. А. Масловская // Известия ВУЗов. Черная металлургия, 1999. – № 6. – С. 67-69.

3. Черепанов, К. А. Рециклинг боя огнеупорных изделий в металлургии / К. А. Черепанов, М. В. Темлянцев, Е. Н. Темлянцева, А. А. Терре // Известия ВУЗов. Черная металлургия, 2004. – № 12. – С. 69-73.

4. Корнеев, В. И. Жидкое и растворимое стекло / В. И. Корнеев, В. В. Данилов. – СПб.: Стройиздат, 1996. – С.108.

PRODUCTION OF BINDER FROM REFRACTORY SCRAP

Lapin Andrei Vladimirovich¹, student, e-mail: tto4ta-1996@mail.ru

Berdnikova Liliya Kadirovna¹, Ph.D. (Engineering),

e-mail: liliya_baikina@mail.ru

Gorbunov Fedor Kostantinovich¹², Ph.D. (Engineering),

e-mail: f1123723@yandex.ru

Poluboyarov Vladimir Aleksandrovich¹², D.Sc. (Chemical), leading researcher,

e-mail: sanych@solid.nsc.ru

¹Institute of solid state chemistry and mechanochemistry of SB RAS, 630128, Novosibirsk, st. Kutateladze 18, Russia

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

Abstract

The method of direct low-temperature synthesis of silicate binder from technogenic waste - silica refractory (dinas) has been developed. The possibility of using the resulting binder for the manufacture of construction products based on cheap mineral raw materials (sand, sandy loam) and waste refractories (chamotte). The developed products have physical and mechanical properties recommended for structural products: compressive strength, MPa, of samples based on chamotte – 95.9; sandy loam - 62.7; sand - 67.8; bending strength, MPa - 19.2; 7.4; 8.5; abrasability, g / cm², - 0.36; 0.50; 0.15 accordingly.

Keywords: Dinas; abrasion; sand; compressive and bending strength; silicate binder, sandy loam; chamotte.

ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК В ПРОИЗВОДСТВЕ НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА

Малахов Денис Алексеевич, аспирант; Дицель Владимир Артурович, аспирант; Машкин Николай Алексеевич, д.т.н., профессор

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

Малахов Д.А., email fantig675@gmail.com

Дицель В.А., email artur.ditsel@yandex.ru

Машкин Н.А., email mashkin@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Машкин Николай Алексеевич, 630073, Россия, г. Новосибирск, проспект Карла Маркса, 20, тел. +79137490307

Аннотация

Проведен анализ изменения свойств неавтоклавного цементно-золяного пенобетона на белковом пенообразователе при введении дисперсных волластонита и диопсида. Отмечено снижение плотности пенобетона (до марки D300, D400), а также усадочных деформаций. Определены технологические параметры цементно-золяного пенобетона естественного твердения с минеральными добавками при раздельном приготовлении пены и растворной смеси. Введение минеральных добавок волластонита и диопсида в количестве 1% от массы цемента позволяет также улучшить стойкость пены и получить больший объем воздухововлечения, что способствует снижению на 30-40% средней плотности пенобетона. Одновременно решаются экологические вопросы утилизации промышленных отходов.

Ключевые слова: неавтоклавный пенобетон, зола-унос, минеральные добавки, диопсид, волластонит, средняя плотность, теплопроводность.

Пенобетоны естественного твердения обладают технологичностью, достаточной прочностью, малой теплопроводностью [1-3]. Актуальной задачей снижения себестоимости их производства, при сохранении эксплуатационных свойств, является широкое применение промышленных отходов, в частности золы-уноса ТЭЦ [4]. Трудность при использовании в технологии пенобетона золошлаковых отходов заключается в необходимости учета их влияния на процессы структурообразования пенобетона.

Задача, решаемая в данной работе, заключалась в улучшении эксплуатационных свойств пенобетонов с золошлаковыми отходами за счет обеспечения стабильности пористой структуры материала.

В работе использовали портландцемент ЦЕМ1 42,5Н (г. Искитим) со следующим химическим составом, % мас.: SiO₂ – 20,46, Al₂O₃ – 4,29; Fe₂O₃ – 3,69; CaO – 63,63; MgO – 1,94; Na₂O – 0,41; K₂O – 0,97; SO₃ – 1,77; P₂O₅ – 0,08;

TiO₂ – 0,23; MnO – 0,09; ППП – 2,44. Истинная плотность портландцемента – 3060 кг/м³, насыпная плотность – 1083 кг/м³.

В качестве кремнеземистого заполнителя применяли кислую золу-уноса (г. Новосибирск, ТЭЦ-5) со следующим химическим составом, % мас.: SiO₂ – 60,77; Al₂O₃ – 19,45; Fe₂O₃ – 5,16; CaO – 5,12; MgO – 2,10; Na₂O – 0,89; K₂O – 2,01; SO₃ – 0,54; P₂O₅ – 0,39; TiO₂ – 0,82; BaO – 0,20, MnO – 0,07. Насыпная плотность золы – 885 кг/м³, истинная – 1870 кг/м³.

В качестве пенообразователей в технологии пенобетона использовали пенообразователь на протеиновой основе «FoamСem» (Италия).

Для регулирования процессов структурообразования пенобетона дисперсными минеральными добавками использовались волластонит и диопсид. Волластонит – минерал из класса силикатов Алтайского месторождения, истинная плотность которого равна 2455 кг/м³, удельная поверхность – 90 м²/кг. Химический состав волластонита: SiO₂ – 46,1; Al₂O₃ – 2,93; Fe₂O₃ – 4,44; CaO – 45,12; MgO – 0,9; п.п.п. – 0,51. Диопсид Слюдянского месторождения со следующим химическим составом, мас. %: CaO – 25,03, MgO – 20,01; SiO – 51,33, Al₂O₃ – 1,88; Fe₂O₃ – 0,84; MgO – 20,01; K₂O – 0,17, TiO₂ – 0,14; п.п.п. – 0,61. Истинная плотность диопсида – 2778 кг/м³, удельная поверхность – 116 м²/кг.

Пенобетонная смесь готовилась по традиционной технологии с турбулентным смесителем [5]. Концентрация пенообразователя 2,5%. Для изготовления образцов был запроектирован оптимальный состав пенобетона с плотностью 547 кг/м³, где соотношение заполнителя (зола-унос) к вяжущему составило 0,6, а водотвердое отношение 0,49.

Как показали эксперименты повышение скорости приготовления пены увеличивает кратность и коэффициент стойкости пенобетонной смеси, при этом уменьшается прочность и плотность пенобетона, что соответствует ранее проведенным исследованиям при повышенных скоростях вращения лабораторной установки [5]. Прочность при сжатии увеличивается при повышении времени приготовления пены. При смешивании пены и растворной смеси с увеличением времени происходит повышение пластической усадки до 13,84 мм/м, снижение коэффициента стойкости пены в растворной смеси до 0,53 и прочности при сжатии до 0,73 МПа.

Установлены оптимальные технологические параметры получения пенобетона на основе золы-уноса: время приготовления пены – 4,5 мин, время перемешивания технической пены и растворной смеси – 2 мин.

Для дополнительного улучшения свойств пенобетона были использованы добавки дисперсных волластонита и диопсида, способствующие повышению прочности цементных бетонов [6]. Введение указанных добавок в количестве 1% от массы цемента позволяет также улучшить стойкость пены и получить больший объем воздухововлечения, что способствует снижению средней плотности пенобетона (табл. 1).

Физико-механические показатели пенобетона

Показатели	Вид добавки		
	Контрольный состав	Диопсид	Волластонит
Средняя плотность, кг/м ³	547	274	375
Предел прочности при сжатии, МПа	1,22	0,57	1,00
Класс бетона по прочности ($\nu=0,95$)	B0,75	B0,5	B0,75
Усадка пластическая, мм/м	7,20	6,08	5,70
Усадка при высыхании, мм/м	2,6	2,0	1,7

Технологический процесс пенобетона: приготовление пены и растворной смеси, приготовление пенобетонной смеси, формование изделий, твердение в естественных условиях, распалубка, резка массива на изделия, после чего идет добор прочности готовых изделий до отпускной, затем производится их упаковка. Смесь подается устройством подачи к посту формования и заливается на полный объем в формы. Изделия после распалубки на поддоне отправляются на склад готовой продукции.

Выводы:

1. Введение минеральных добавок волластонита и диопсида позволяет получить неавтоклавный пенобетон с плотностью D300, D400 и классом по прочности B0,5, B0,75.
2. Разработана технология цементно-золяного пенобетона с минеральными добавками.

Библиографический список:

1. Монтаев С.А., Рыскалиев М.Ж., Маликова С.М. Целесообразность использования цементно-шлакового вяжущего в производстве пенобетона // Новости науки Казахстана 2016. №2. С. 164-174.
2. Сравнительная эффективность ячеистых бетонов различного состава и перспективы их применения/ Т.В. Аниканова, Ш.М. Рахимбаев, А.С. Погромский// Техника и технология силикатов. – 2018. – Т. 25. – № 3. – С. 70-74.
3. Foam Concrete/ MD Jalal, Aftab Tanveer, K Jagdeesh and Furqan Ahmed// International Journal of Civil Engineering Research. – 2017. – Vol. 8. - № 1. – pp. 1-14.
4. 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.

5. Исследование процессов пенообразования в технологии пенобетона/ Машкин Н.А., Бартеньева Е.А.// Вестник Тувинского государственного университета. – 2016. - №3(30). – С. 21-30.

6. Research of structuring processes of non-autoclave foam concrete with introduction of mineral additives / N. Mashkin, E. Bartenjeva // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 451 (2018). 5 стр. doi:10.1088/1757-899X/451/1/012018.

APPLICATION OF ASH-SLAG WASTES AND MINERAL ADDITIVES IN THE PRODUCTION OF NON-AUTOCLAVED FOAM CONCRETE

Malakhov Denis Alekseevich, graduate student,
email fantig675@gmail.com

Dicel Arthur Vladimirovich., graduate student,
email artur.ditsel@yandex.ru

Mashkin Nikolay Alekseevich, doctor of technical science, Professor,
email mashkin@corp.nstu.ru

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Russia,
Avenue Karl Marx, 20

Abstract: The analysis of the changes of properties of non-autoclaved cement-ash foam concrete on protein Frother with the introduction of disperse wollastonit and diopsid. Decreased the density of foam concrete (to mark the D300, D400), as well as shrinkage deformations. Identifies the technological parameters of cement-ash foam concrete natural curing with mineral additives with separate cooking foam and mortar. Introduction of mineral additives and diopsida in the amount of wollastonite 1% by weight of cement also allows you to improve the firmness of the foam and get a larger amount of vozduhovovlechenija that helps reduce the 30-40% of average density foam. Environmental issues are solved simultaneously, utilization of industrial wastes. In the manufacture of products made of non-autoclaved fly ash-cement insulating foam solved environmental issues industrial wastes recycling.

Keywords: non-autoclave foam concrete, fly ash, mineral supplements, diopside, wollastonite, average density, thermal conductivity.

ПЕРЛИТОВЫЕ МИКРОСФЕРЫ – ЭФФЕКТИВНЫЙ АПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ПЕНОБЕТОНА

*Русаков Валерий Евгеньевич, магистрант; Малахов Денис Алексеевич,
аспирант; Машкин Николай Алексеевич, д.т.н., профессор*

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

Русаков В.Е., email v.e.rusakov@mail.ru

Малахов Д.А., email fantig675@gmail.com

Машкин Н.А., email mashkin@corp.nstu.ru

*Адрес для корреспонденции: Машкин Николай Алексеевич, 630073,
Россия, г. Новосибирск, проспект Карла Маркса, 20, тел. +79137490307*

Аннотация

Проведен анализ изменения свойств неавтоклавного цементно-зольного пенобетона на белковом пенообразователе при введении в качестве легкого наполнителя перлитовых микросфер. Отмечено значительное снижение плотности пенобетона (до марки D250, D350). Определены технологические параметры цементно-зольного пенобетона естественного твердения с наполнителем перлитовыми микросферами при отдельном приготовлении пены и растворной смеси. При полной замене золы-уноса перлитовыми микросферами средняя плотность пенобетона снизилась вдвое. Предложенная технология позволяет получать теплоизоляционный цементно-зольный пенобетон плотностью значительно меньше 500 кг/м^3 , что способствует решению экологических проблем экономии тепла в зданиях.

Ключевые слова: неавтоклавный пенобетон, зола-унос, перлитовые микросферы, средняя плотность, теплопроводность.

Перлит и изделия на его основе в технологии строительных материалов известны около ста лет. Строительную индустрию привлекает его свойство вспучиваться с увеличением в 5–20 раз от первоначального объема при кратковременной термической обработке при температуре 900–1200 °С. Так как перлит представляет собой разновидность кислых вулканических стекол, содержащих 2–5% воды, он обладает способностью вспучиваться [1–3].

Благодаря своим качествам, вспученный перлит нашел широкое применение в промышленности и строительстве в качестве теплоизоляционных засыпок в широком температурном диапазоне от –200 °С до +875 °С. На его основе изготавливают многочисленные теплоизоляционные продукты (стенные блоки и изоляционные панели), применяют в качестве заполнителя теплоизоляционных и жаростойких бетонов [4–6].

С развитием технологий на рынке строительных материалов появились микросферы перлита [7–9], 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 пожаробезопасный, нетоксичный, радиационно безопасный материал. Они обладают большей прочностью по сравнению с перлитовым песком, который может разрушаться при смешивании его с растворной или бетонной смесью.

Цель данной работы: улучшение теплофизических характеристик неавтоклавного пенобетона.

Для получения пенобетона использовался портландцемент класса ЦЕМ I42,5 (г. Искитим) со следующим минера-логическим составом, мас. %: C_3S – 69, C_2S – 11; C_3A – 7; C_4AF – 13. Истинная плотность портландцемента – 3,060 г/см³, насыпная плотность – 1,083 г/см³. В качестве кремнеземистого заполнителя применяли кислую золу уноса, полученную на ТЭЦ–5 г. Новосибирска от сжигания Кузнецких каменных углей. Химический состав заполнителя, мас. %: SiO_2 – 60,77; Al_2O_3 – 19,45; Fe_2O_3 – 5,16; CaO – 5,12; MgO – 2,10; Na_2O – 0,89; K_2O – 2,01; SO_3 – 0,54; P_2O_5 – 0,39; TiO_2 – 0,82; BaO – 0,20, MnO – 0,07. Насыпная плотность золы – 0,885 г/см³, истинная плотность – 1,870 г/см³, остаток на сите 008 (по массе) – 4,49 %. Для приготовления пены использовали белковый пенообразователь «FoamСem» (Италия).

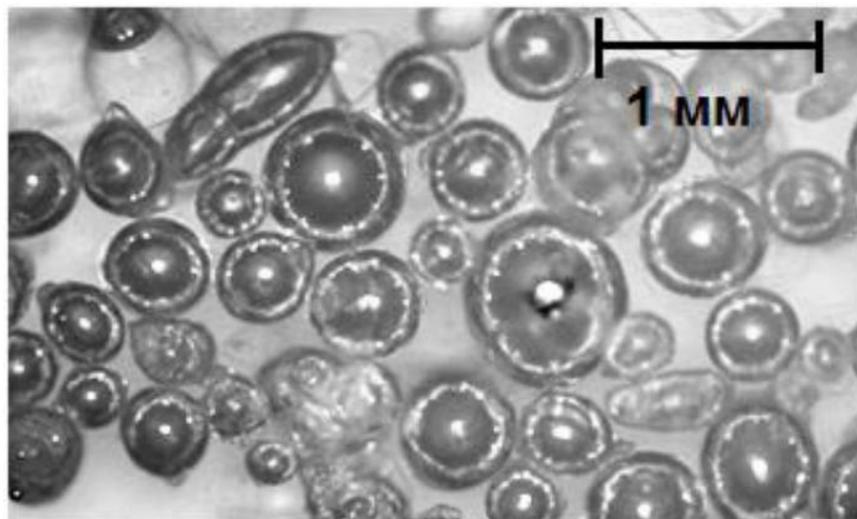
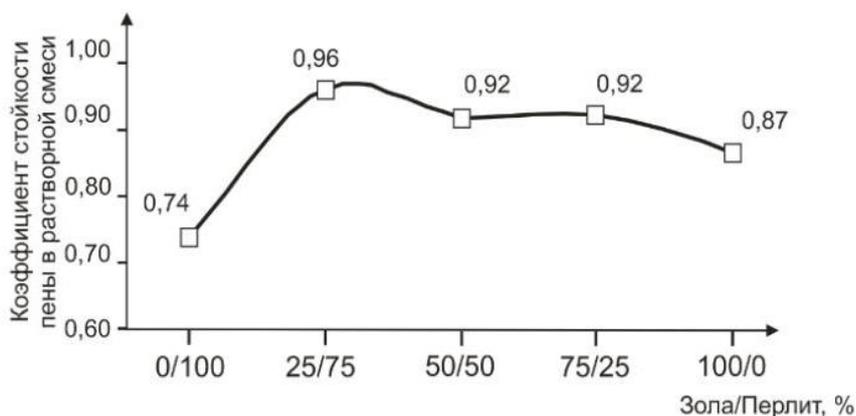


Рис. 1. Микросферы вспученного перлита

Пенобетон готовился по классической технологии и твердел в естественных условиях в течение 28 сут.

Для исследования влияния микросфер на свойства пенобетона производилось их введение взамен зольного заполнителя в количестве от 0 до 100%. Для проведения эксперимента был предварительно запроектирован состав неавтоклавного пенобетона для марки по плот-ости D500, где соотношение заполнителях вяжущему составило 0,6, а $B/T = 0,49$. Влияние микросфер перлита

на пену определялось по коэффициенту стойкости пены в растворной смеси (рис. 2). Этот показатель отображает не только совместимость технической пены со средой твердеющего раствора, но и показывает объемную долю использования



пены в приготовлении поризованного раствора.

Рис. 2. Влияние микросфер перлита на коэффициент стойкости пены в растворимой смеси

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%.

По данным набора прочности образцов на золе и на перлите во времени (рис. 3) видно, что при введении перлитовых микросфер на 14 сут. материал набирает 50% прочности, а для зольного пенобетона – 77% (что составляет отпускную прочность).

Испытания на теплопроводность исследуемых составов показали, что наименьший коэффициент теплопроводности наблюдается при 100%-й замене золы на микросферы перлита. Максимальное снижение коэффициента теплопроводности составляет 35–49%.

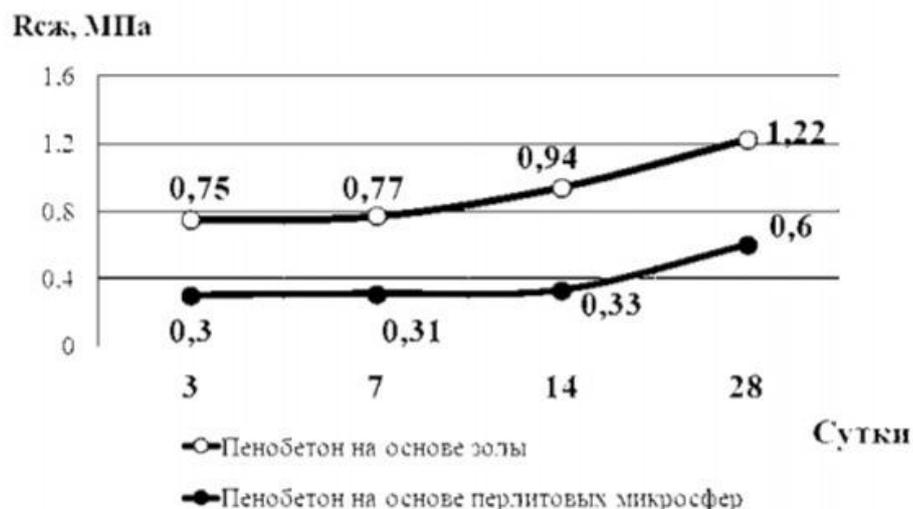


Рис. 3. Кинетика твердения образцов

Выводы:

1. Введение перлитовых микросфер в пенобетон позволяет увеличить коэффициент стойкости пены в растворяющей смеси.
2. При введении микросфер плотность материала снижается до марки D350. При полном замещении золы микросферами плотность достигает марки D250.
3. Материал набирает 50% прочности при введении перлитовых микросфер на 14 сут., а зольный пенобетон – 77%, что составляет отпускную прочность.
4. Коэффициент теплопроводности понижается до 0,062 Вт/(м °С) при полной замене золы на перлитовые микросферы.
5. Использование микросфер перлита в качестве заполнителя 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).

Библиографический список:

1. Морозов А.П. Пенобетоны и другие теплоизоляционные материалы. – Магнитогорск, 2008. – 103 с.
2. Кальянов Н.Н., Кальянов А.Н. Вермикулит и перлит – пористые заполнители для теплоизоляционных изделий и бетонов. – М.: Госстройиздат, 1961. – 155 с
3. Петров В.П. Перлит, его особенности, распространение в СССР // Перлит и вермикулит. – М.: Госгеолтехиздат, 1962. – 12 с.
4. Мирошников Е.В. Наноструктурированное перлитовое вяжущее и пенобетон на его основе: автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Белгород, 2010. – 23 с.
5. Современные материалы и технологии / Н.А. Машкин [и др.]. –

Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2012. – 236 с

6. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение. – М.: Юрайт, 2012. – 702 с.

7. Полухин М.С., Пейчев В.Г. Способ изготовления гидрофобной легковесной микросферы на основе перлита: патент РФ №2531970, приоритет от 21.05.2013.

8. Пейчев В.Г. Способ комплексной переработки перлита: патент РФ №2531966, приоритет от 30.05.2013.

9. Способ получения аморфного диоксида кремния / Т.С. Юсупов, Р.Г. Мелконян, В.В. Наседкин, Л.М. Нагаева, А.П. Коротченко, А.Н. Доронин: патент РФ №2261840, приоритет от 18.06.2004.

PERLITE MICROSPHERES-EFFICIENT FOAM INSULATING FILLER

Rusakov Valery Evgenjevich, undergraduate, email v.e.rusakov@mail.ru

Malakhov Denis Alekseevich, graduate student, email fantig675@gmail.com

Mashkin Nikolay Alekseevich, doctor of technical science, Professor,

Professor, email mashkin@corp.nstu.ru

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Russia,
Avenue Karl Marx, 20

Abstract: The analysis of the changes of properties of non-autoclaved cement-ash foam concrete on protein Frother in the introduction as a lightweight perlite filler microspheres. Noted a significant decrease in the density of foam concrete (to mark D250, D350). Identifies the technological parameters of cement-ash foam concrete natural curing with perlitovymi microspheres with separate cooking foam and mortar. At full replacement of ash-outlet perlitovymi microspheres foamed concrete density has decreased by half. The proposed technology allows you to receive insulation cement-ash foam density significantly less than 500 kg/m^3 , which contributes to the solution of environmental problems of heat savings in buildings.

Keywords: non-autoclave foam concrete, fly ash, perlite microspheres, average density, thermal conductivity.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ И ОБОГАЩЕНИЯ АНТРАЦИТОВЫХ УГЛЕЙ

Харченко Антон Михайлович, аспирант

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

Харченко А.М. e-mail: 7154@list.ru

*Адрес для корреспонденции: Харченко Антон Михайлович, 630073,
Россия, г. Новосибирск, проспект Карла Маркса, 20,*

Аннотация

В работе рассматриваются возможности применения антрацитовых углей, а также перспективные направления использования отходов добычи и обогащения антрацитовых углей в различных отраслях.

Ключевые слова: антрацитовые угли, добыча и обогащение угля, отходы, утилизация

Аналитический обзор

Наиболее качественной разновидностью ископаемых углей является антрацитовый уголь, запасы которого составляют около 2 двух процентов от мировых запасов угля. Антрациты - это уникальная разновидность угля, характеризующаяся низким содержанием серы, летучих веществ, а также пониженным влагосодержанием. Отличительной особенностью этого угля является высокая теплоотдача и максимальное содержанием углерода – 92...99 %.

В России крупнейшими месторождениями являются Горловское, Кузнецкое, Таймырское, Тунгусское, а также угольные бассейны Урала и Магаданской области [1].

Антрацитовые угли применяются в качестве высококачественного сырья для производства следующих видов углеродной продукции: подовые и боковые блоки для алюминиевых электролизеров, блоки различной конфигурации для футеровки доменных печей, угольные электроды для электротермических процессов получения кремния, ферросплавов, фосфора и других материалов. Применение антрацита для перечисленных технологических целей, обуславливается его термической устойчивостью, электропроводностью и низким выходов летучих веществ. Основными нетопливными направлениями применения антрацита являются: производство сорбционных материалов, термоантрацита, углеграфитовых блоков, электродов, электрокорунда, карбидов кальция и кремния, термографита, микрофонного порошка, использование для

агломерации железных руд, обжига карбонатных пород в технологических целях.

Отходы угледобычи и углеобогащения обычно включают в себя шахтные породы и «хвосты» обогатительных фабрик. В настоящее время таких отходов по стране накопилось сотни млн. т, что создаёт в местах их расположения экологические проблемы, связанные с пылением, загрязнением грунтовых и поверхностных вод, изъятием из сельскохозяйственного оборота больших площадей земли и др. Поэтому актуальной является задача уменьшения объёмов образования углеотходов и рационального их использования.

Для применения в производстве строительных материалов наибольший интерес представляют отходы углеобогащения, характеризующиеся наименьшими колебаниями состава и свойств. Обогащаемость угля – это способность угля разделяться на продукты обогащения по заданным показателям качества. К продуктам обогащения относят: концентрат, промежуточный продукт (промпродукт) и отходы обогащения. Отходы углеобогащения представлены обычно в виде кусков крупностью 8...80 мм.

Углеотходы антрацитного угля, с содержанием углерода более 24 % рационально дополнительно обогащать или применять как топливо. При содержании углерода в отходах менее 24 % более рационально их использовать в строительстве, металлургии, сельском хозяйстве и др. [3].

Золошлаковые отходы находят применение в строительной индустрии: тяжелый бетон (в том числе гидротехнический), легкие бетоны на пористых заполнителях, ячеистый бетон, строительные растворы, портландцемент (с минеральными добавками, пуццолановый; шлакопортландцемент), известковые вяжущие вещества, цементный клинкер, обжиговый глинозольный керамзит, безобжиговый зольный гравий, керамический кирпич и т.д. [4].

Кроме вышеперечисленных областей использования отходов антрацитового угля, также перспективной областью их применения является производство сорбционных материалов, главными требованиями к которым являются пористая структура, механическая прочность и гранулометрический состав.

Производство сорбционных углеродных материалов (углеродных сорбентов) является решением актуальной проблемы отрицательных последствий техногенной и антропогенной деятельности общества. Углеродные сорбенты необходимы для использования в промышленных процессах как высокоэффективное средство очистки, разделения и концентрирования. Ископаемые угли и отходы угольной промышленности являются основным источником сырья для производства углеродных сорбентов. Данное нетопливное использование ископаемых углей, является перспективным и экономически целесообразным, так как позволяет получать продукцию, стоимость которой значительно превышает стоимость исходного сырья. Особый интерес как сырьё для переработки в сорбционные материалы различного назначения представляют антрациты.

Антрациты в процессе метаморфизма претерпевают превращения,

близкие к тем, которым подвергаются угли более низких стадий метаморфизма при термической обработке (карбонизации). Это позволяет значительно сократить энергозатраты на переработку антрацита в сорбенты, которая может осуществляться по одностадийной схеме путем непосредственно активации, при этом выход готового продукта может достигать 50 % и выше. Несмотря на явные преимущества антрацита как сырья для получения углеродных сорбентов, их промышленный выпуск отсутствует; имеются только опытно-промышленные установки, что объясняется отсутствием эффективных технологий переработки антрацитов в углеродные сорбенты для приоритетных направлений использования [5].

Россия располагает богатыми запасами антрацитов разных стадий метаморфизма, переработка которых в сорбционные материалы будет способствовать решению многих технологических и экологических проблем страны, а также экономических проблем угледобывающих регионов. Учитывая, что стоимость углеродных сорбентов на мировом рынке достигает 3-х тысяч долларов США за тонну, можно говорить об экономической эффективности этого направления нетопливного использования антрацитов.

Библиографический список:

1. Угольная база России. Т. II. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского края и республики Алтай). М.: ООО «Геоинформцентр», 2003 - 604 с.
2. Шпирт М.Я., Рубан В.А., Иткин Ю.В. Рациональное использование отходов добычи и обогащения углей. – М.: Недра, 1990. – 224 с.
3. Панова В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2009. – 287 с.
4. Шпирт М.Я., Рубан В.А., Иткин Ю.В. Рациональное использование отходов добычи и обогащения углей. – М.: Недра, 1990. – 224 с.
5. Боженков П.И. Комплексное использование минерального сырья и экология: Учебное пособие. – М.: изд. АСБ, 1994. – 264 с.

**THE SCOPE AND THE RATIONAL USE OF WASTE PRODUCTION AND
PROCESSING OF ANTHRACITE COAL**

Kharchenko Anton Mikhailovich, post-graduate student

Novosibirsk state technical University,

630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20,

Department of engineering problems of ecology, phone: +7(383)346-50-31

Kharchenko A.M. e-mail: 7154@list.ru

Address for correspondence: Anton Kharchenko.Mikhailovich, 630073, Russia,
Novosibirsk, Karl Marx Avenue, 20,

Annotation.

The paper discusses the possibility of using anthracite coal, as well as promising areas of use of waste production and enrichment of anthracite coal in various industries.

Keywords: anthracite coal, coal mining and processing, waste, utilization

**РТУТЬ В ВОДЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ
ЯРЛЫАМРЫ-ЧИБИТКА-ЧУЯ (В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ АКТАШСКОГО
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ,
РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ)**

*Каскина Дарья Константиновна¹, студент; Сарыз-оол Багай-оол
Юрьевич², научный сотрудник; Густайтис Мария Алексеевна, канд. геол.-
минерал. наук, старший научный сотрудник²*

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

² Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, 630090, г. Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3

Каскина Д.К. tarasik59@gmail.com

Сарыз-оол Б.Ю. sarygool@igm.nsc.ru

Густайтис М.А. gustaitis@igm.nsc.ru

Корреспондентский почтовый адрес: *Каскина Дарья Константиновна*, 630090, г. Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3.

Аннотация.

Изучено распределение ртути в воде и донных отложениях речной системы Ярлыамры-Чибитка-Чуя протяженностью порядка 20 км, которая расположена в зоне влияния складированных отходов переработки руд Акташского горно-металлургического предприятия. В осенний период были отобраны пробы воды и донных отложений в 12 точках от истока р. Ярлыамры до слияния рек Чибитка и Чуя. 8 точек располагаются непосредственно в жилых зонах (поселки Акташ и Чибит). Наиболее высокие содержания ртути в воде установлены в точке, ближайшей к отходам (в 2 км вниз по течению р. Ярлыамры от очага загрязнения) – 0.27 мкг/л, в дальней точке (19 км от очага загрязнения) концентрации падают до 0.09 мкг/л. Среднее содержание ртути в донных отложениях – 14.3 мкг/г, по мере удаления от очага загрязнения концентрация снижается.

Ключевые слова: ртуть, природные воды, донные отложения

Введение

Ртуть в земной коре встречается в незначительных количествах и, преимущественно, в рассеянном виде (кларк Hg в земной коре $4.5 \cdot 10^{-6}$ масс. %) [1]. Также Hg является одним из наиболее токсичных элементов, загрязняющих окружающую среду. Особенно опасно увеличение содержания Hg в воде и последующее ее концентрирование в донных отложениях, поскольку элемент может мобилизоваться в результате деятельности микроорганизмов, населяющих дно. В свою очередь, это приводит к её преобразованию в

растворимые токсичные органические соединения, которые сорбируются на взвешенных частицах, находящихся в воде, и повторно оседают в донные отложения. Типичные содержания ртути в донных осадках на 3–4 порядка выше, чем в воде [2].

Одним из источников загрязнения Hg окружающей среды являются складированные отходы обогатительного производства, которые образуют ореолы рассеяния с повышенным содержанием токсичных компонентов [3]. Промзона бывшего Акташского горно-металлургического предприятия (далее — АГМП), которым в 1942–1990 гг. было отработано одноименное ртутное месторождение на юге Горного Алтая, а в последующем перерабатывались ртутьсодержащие отходы (PCO), поступавшие от предприятий Сибирского федерального округа, является одним из крупнейших источников загрязнения ртути в России [4]. Данное исследование посвящено изучению распределения ртути в воде и донных отложениях рек, находящихся в зоне влияния Акташского горно-металлургического предприятия.

Методы исследования

Поверхностные воды и донные отложения отбирались в 12 точках параллельно на участке гидрографической системы рек Ярлыамры (от истока на высоте 2440 метров) и Чибитка вплоть до слияния р. Чибитки с р. Чуя (табл. 1). Непосредственно в районе отходов пробы не отбирались.

Таблица 1

Описание точек отбора и их удаленность от источника загрязнения

Шифр	Описание	Примечание
Акт-1	Исток р. Ярлыамры (ручей) на высоте 2440 м.	Вне зоны влияния отходов
Акт-2	Исток р. Ярлыамры (озеро) на высоте 2440 м.	Вне зоны влияния отходов
Акт-3	р. Ярлыамры	На удалении 2 км от источника загрязнения
Акт-4	р. Ярлыамры	На удалении 4 км от источника загрязнения
Акт-5	р. Ярлыамры до впадения в р. Чибитка	На удалении 6 км от источника загрязнения
Акт-6	р. Чибитка после впадения р. Ярлыамры	На удалении 6,5 км от источника загрязнения
Акт-7	р. Чибитка в районе с. Акташ	На удалении 8 км от источника загрязнения
Акт-8	р. Чибитка в районе с. Акташ	На удалении 11.5 км от источника загрязнения
Акт-9	р. Чибитка до впадения р. Мёны	На удалении 12.5 км от источника загрязнения
Акт-10	р. Чибитка до слияния с р. Чуя	На удалении 14.5 км от источника загрязнения
Акт-11	р. Чибитка до слияния с р. Чуя в районе с. Чибит	На удалении 17 км от источника загрязнения
Акт-12	р. Чуя после слияния с р. Чибитка	На удалении 19 км от источника загрязнения

Для определения валового содержания Hg в воде пробы отбирались в тщательно очищенные бутылки из боросиликатного стекла во избежание абсорбции ртути на стенках сосуда. Во время пробоотбора посуда ополаскивалась не менее трех раз отбираемой водой и закрывалась пластмассовыми пробками, предварительно прокипяченными в дистиллированной воде. В сосуде оставлялся объем воздуха 5–10 мл между отобранной водой и пробкой, в соответствии с общими правилами и рекомендациями по отбору водных проб. Пробы консервировались особо чистой азотной кислотой HNO₃ в пропорции 1 мл кислоты на 250 мл воды, транспортировались и хранились в темном прохладном месте [6].

Донные отложения отбирались в пластмассовую посуду типа тефлона с герметически закрывающимися крышками и хранились в охлажденном (от 0 до минус 3°С) состоянии [7].

В лабораторных условиях пробы донных отложений выкладывались в чашки Петри, накрывались фильтровальной бумагой и высушивались в защищенном от света проветриваемом помещении при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния во избежание потерь ртути.

Содержание Hg в водных пробах определено методом атомной абсорбции на анализаторе «РА-915М» с приставкой «РП-92», фирмы «Люмэкс» (Россия). Валовое содержание Hg в пробах донных отложений определяли методом беспламенной атомной абсорбции с помощью анализатора «РА-915М» с пиролитической приставкой «РП-91С» («Люмэкс», Россия) по методикам ИСО 12846:2012 и «М 03-09-2013». Все лабораторные работы проведены на базе Центра коллективного пользования «Многоэлементных и изотопных исследований» ИГМ СО РАН, г. Новосибирск [5].

Результаты и их обсуждение

Основные результаты исследования представлены в таблице 2. Содержания ртути во всех пробах воды на осенний период не превышают предельно допустимых концентраций (ПДК) для вод хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (0.5 мкг/л) [8]. Следует принять во внимание, что природные воды в осенний период характеризуются наименьшим количеством взвешенных частиц, что отчетливо наблюдается в распределении растворенных и взвешенных форм ртути.

Быстрое течение рек Ярлыамры и Чибитка не позволяет накапливаться значительным количеством донных отложений, поэтому в нескольких точках отсутствуют данные по содержаниям ртути в донных отложениях. Поскольку ПДК ртути для донных отложений водоемов не нормируются, качество донных отложений оценивается по различным методикам [5].

Содержания ртути в природных водах и донных отложениях

Шифр	Природные воды, мкг/л			Донные отложения, мг/кг
	Суммарное содержание	Содержание в растворенной форме	Содержание во взвешенной форме	
Акт-1	0.23	0.20	0.020	0.50±0.14
Акт-2	0.23	0.21	0.010	н.д.
Акт-3	0.27	0.23	<0.005	н.д.
Акт-4	0.16	0.15	0.006	н.д.
Акт-5	0.16	0.12	0.030	27.6±1.9
Акт-6	0.16	0.14	0.020	10.6±1.2
Акт-7	0.11	0.10	0.010	20.8±2.2
Акт-8	0.24	0.20	0.030	18.3±1.2
Акт-9	0.11	0.10	0.010	15.1±0.8
Акт-10	0.16	0.12	0.036	7.84±0.02
Акт-11	0.12	0.10	<0.005	0.15±0.03
Акт-12	0.090	0.072	0.010	0.11±0.04

Для оценки загрязнения донных отложений в данном исследовании использовали:

1. коэффициент донной аккумуляции (КДА), рассчитываемый согласно формуле (1):

$$\text{КДА}(\text{Hg}) = C(\text{Hg})_{\text{до}} / C(\text{Hg})_{\text{вода}} \quad (1),$$

где $C(\text{Hg})_{\text{до}}$ – концентрация ртути в донных отложениях (мг/кг), а $C(\text{Hg})_{\text{вода}}$ – концентрация ртути в воде (мг/л), отобранных в одной и той же точке.

2. Коэффициент обогащения (КО) донных отложений, рассчитываемый согласно формуле (2):

$$\text{КО}(\text{Hg}) = C(\text{Hg})_{\text{точка n}} / C(\text{Hg})_{\text{точка фон}} \quad (2),$$

где $C(\text{Hg})_{\text{точка n}}$ – концентрация ртути в донных отложениях в исследуемой точке (n), $C(\text{Hg})_{\text{точка фон}}$ – концентрация ртути в донных отложениях на участке не подвергающемся влиянию загрязнения.

Рассчитанные коэффициенты донной аккумуляции (табл. 3) показывают, что донные отложения рек имеют крайне высокий уровень хронического загрязнения (все значения выше 1000), которое сохраняется на удалении 19 км, как минимум, от источника загрязнения. Совершенно очевидно, что мониторинг качества поверхностных вод и донных отложений необходимо проводить на большем удалении от источника. Оценить степень загрязнения донных отложений по коэффициентам обогащения можно условно, так как не существует нормативно определенных значений КО [5]. Тем не менее, несмотря на достаточно высокие «фоновые» содержания ртути в донных отложениях, донные отложения в ближней зоне влияния отходов обогащения (порядка 15 км от источника) испытывают существенную техногенную ртутную нагрузку.

Таблица 3

Уровень загрязнения ртутью донных отложений речной системы Ярлыамры-Чибитка-Чуя в зоне влияния Акташского горно-металлургического предприятия

Шифр	КДА (Hg)	КО (Hg)
Акт-1	2174	(фон)
Акт-2	н.д.	н.д.
Акт-3	н.д.	н.д.
Акт-4	н.д.	н.д.
Акт-5	172500	55.2
Акт-6	66250	21.2
Акт-7	189090	41.6
Акт-8	76250	36.6
Акт-9	137270	30.2
Акт-10	49000	15.7
Акт-11	1250	0.30
Акт-12	1220	0.22

Примечание: КДА (Hg) – коэффициент донной аккумуляции ртути, КО (Hg) – коэффициент обогащения ртутью донных отложений.

Таким образом, можно предварительно заключить, что хроническое загрязнению ртутью водной среды, вызванное влиянием отходов обогащения Акташского горно-металлургического предприятия, распространяется на достаточно большие расстояния (более чем 20 км по течению рек Ярлыамры, Чибитка и Чуя). Преобладание ртути в растворенной форме и в достаточно высоких концентрациях в воде в осенний период свидетельствует о постоянном поступлении ртути в речную систему. А незначительное падение ее концентрации в воде с удалением от источника загрязнения (не более, чем в три раза) говорит о высокой миграционной способности ртути в гидрохимических условиях данной речной системы. Вышесказанное указывает на то, что загрязнение ртутью будет распространяться дальше вниз по течению рек. Хроническое загрязнение ртутью донных отложений имеет весьма негативные последствия для окружающей среды, т. к. образование метилированных (самых токсичных) соединений ртути происходит главным образом в толще вод и в донных осадках.

Работа выполнена в рамках гос. задания № VIII.72.2.3 (0330-2016-0011) в «ЦКП Многоэлементных и изотопных исследований СО РАН» и при поддержке РФФИ №18-77-10056.

Библиографический список:

1. Озерова, Н. А. Ртуть и эндогенное рудообразование. / Н. А. Озерова, – М.: Наука, 1986. – С. 232.
2. Химическая энциклопедия. [Н. С. Зефирова, ред.]. – Москва: Советская энциклопедия, 1995. – Т. 4. – С. 639 с.
3. Effects of acid-sulfate weathering and cyanide-containing gold tailings on the transport and fate of mercury and other metals in Gossan Creek: Murray Brook

mine, New Brunswick, Canada / Al T. A. [et al.] // Applied Geochemistry. – 2006. – V. 21 – № 11. – P. 1969–1985.

4. Робертус Ю. В., Пузанов А. В., Любимов Р. В. Особенности ртутного загрязнения окружающей среды в районе Акташского горно-металлургического предприятия (Республика Алтай) // География и природные ресурсы. – 2015. – №. 3. – С. 48-55.
5. Густайтис М. А. и др. Распределение ртути в донных отложениях водных объектов в зоне влияния Урского хвостохранилища (Кемеровская область) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2017. – №. 4. – С. 114-122.
6. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб
7. ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.
8. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – М.: Министерство здравоохранения, ГН 2.1.5.1315-03. 2003. – 8 с.

**MERCURY IN WATER AND BOTTOM SEDIMENTS OF RIVER SYSTEM
YARLYAMRY-CHIBITKA-CHUYA (IN THE DISPERSION AREA OF
AKTASH MINING-METALLURGICAL COMPANY,
ALTAI REPUBLIC, RUSSIA)**

Kastina Darya Konstantinovna ¹, student, tarasik59@gmail.com

Saryg-ool Bagai-ool Yurievich ², researcher, sarygool@igm.nsc.ru

Gustaitis Maria Alekseevna ², PhD (Earth Sciences), senior researcher,
gustaitis@igm.nsc.ru

¹ Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia

² V.S. Sobolev Institute of geology and mineralogy SB RAS, 3, Academician Koptyug Prospekt, Novosibirsk, 630090, Russia

Abstract

The mercury distribution in water and bottom sediments of the Yarlyamry-Chibitka-Chuya river system with about 20 km length located in the dispersion area of the stored ore processing wastes of the Aktash mining-metallurgical company has been studied. In the autumn, the water and bottom sediments were sampled at 12 points from the beginning of the Yarlyamry to the confluence of the Chibitka and Chuya rivers. 8 points are located directly in residential areas (villages Aktash and Chibit). The highest concentrations of mercury in water are found at the point closest to the wastes (2 km downstream of the Yarlyamry river from the source of pollution) - 0.27 ppb, concentrations fall to 0.09 ppb at the far point (19 km from the source of pollution). The average mercury content in bottom sediments is 14.3 ppm and decreases with the increasing distance.

Keywords: mercury, natural waters, bottom sediments

НЕЦЕЛЕВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

*Ржеутская Дарья Алексеевна, студент; Ларичкина Наталья
Илларионовна, к.г.-м.н., доцент*

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

Ржеутская Д.А., e-mail dasha_rzheutskay@mail.ru

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

Адрес для корреспонденции: Ржеутская Дарья Алексеевна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(999)468-14-81

Аннотация

В работе выявлена проблема использования земельных ресурсов сельскохозяйственного назначения Новосибирской области не в соответствии с видом разрешенного использования. Разобранный пример, использования земельного участка с видом разрешенного использования «для сельскохозяйственного производства» для размещения хозяйственной зоны полигона твердых коммунальных отходов, показал, что такое административное правонарушение может привести к уменьшению резерва сельхозугодий. На основе проведенного анализа дела об административном правонарушении в отношении нецелевого использования земель, рекомендовано уточнять категорию земель перед началом какой-либо хозяйственной деятельности на участке.

Ключевые слова: кодекс об административных правонарушениях; кадастровый номер; категория земель; вид разрешенного использования; экологическое состояние

Введение.

Использование земельного участка не по целевому назначению образует состав административного правонарушения, предусмотренного частью 1 статьи 8.8 КоАП РФ (Кодекс об административных правонарушениях Российской Федерации) [1]. Объективной стороной данного правонарушения является эксплуатация земельного участка, как единого объекта, так и его части. Установлено [2], что использование земельных участков не в соответствии с категорией и видом разрешенного использования, может повлечь за собой нарушение плодородного слоя почв, загрязнению почв различными веществами,

что в свою очередь приводит к загрязнению окружающей среды вблизи данного участка. Особенно это проявляется, если на нём расположен опасный промышленный объект. Поэтому выявление использования земельных ресурсов не по целевому их назначению, которое в значительной степени оказывает влияние на экологическое состояние, весьма актуально особенно для Новосибирской области, где эти работы только начинаются.

Задачей работы является выявление на уровне природоохранного законодательства РФ как оказывает влияние на количественный состав земель Новосибирской области и их экологическое состояние нецелевое использование земельных ресурсов.

Методология и результаты исследования

Решение поставленной задачи обосновывается на примере дела об административном правонарушении по статье 8.8 КоАП РФ в отношении ООО «Полигон – К». Данное общество с ограниченной ответственностью использует участок с кадастровым номером 54:10:028210:1343, на котором расположен полигон для твёрдых коммунальных отходов. По данным Единого государственного реестра недвижимости земельный участок с кадастровым номером 54:10:028210:1343 входит в состав земель промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения, с видом разрешенного использования «Для размещения свалки твердых бытовых отходов». Площадь земельного участка 25768 кв.м.

В ходе рейдового осмотра представителями общественности данного земельного участка было выявлено: территория полигона расположена с северной стороны за рабочим посёлком Колывань, въезд на полигон ограничен шлагбаумом, а сворот к этому съезду оборудован пропускным пунктом с охраной. Рядом с шлагбаумом расположена вывеска с информацией по тарифам на услуги по утилизации твердых и жидких бытовых отходов. Пропускной пункт и шлагбаум расположены на расстоянии порядка 630 м от границы населённого пункта р.п. Колывань. На северо-запад от шлагбаума проложена дорога, которая ведёт к полигону. Часть полигона огорожена металлическим забором, часть обвалована предположительно грунтом, частично поросшим растительностью. Обваловка не сплошная, имеются свободные места для проезда, через которые на прилегающие участки распространяются мусор и отходы (полиэтилен, пластик, бумага и т.д.). Справа от въезда непосредственно на полигон, на неогороженном участке складированы различные отходы (автомобильные шины, металлолом, строительный мусор и т.д.).

Согласно координатам и географическому положению, пропускной пункт и дорога, ведущая к полигону, расположены на земельном участке с кадастровым номером 54:10:028210:1316 (рис. 1).

Данный участок относится к землям категории - сельскохозяйственного назначения, с видом разрешенного использования – для сельскохозяйственного

производства. Сельскохозяйственные угодья данной категории земель постепенно сокращаются. За последние 20 лет в районе произошло уменьшение сельхозугодий на 26 тыс. га. И этот процесс сегодня продолжается. Развитие сельскохозяйственных угодий предусматривается в соответствии со структурой сельскохозяйственной деятельности и землеустроительной документацией [3].

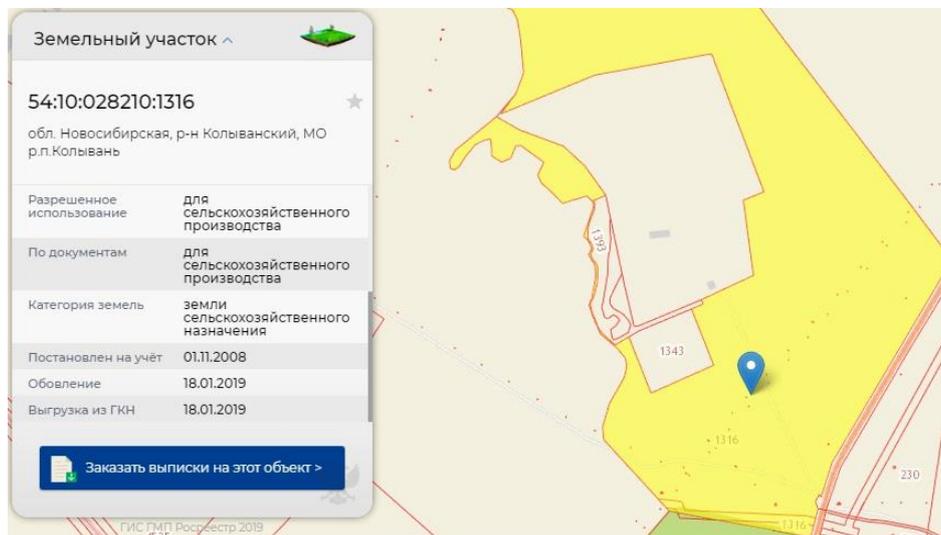


Рис. 3. Публичная кадастровая карта

Расположение участка с видом разрешенного использования «для размещения свалки твердых бытовых отходов» вблизи участка «для сельскохозяйственного производства» влечет за собой изменение плодородного слоя почв, обусловленного переносом загрязняющих веществ. Между такими участками необходимо располагать санитарно - защитную зону, длиной, не менее 500 м [4]. Это позволит уменьшить негативное влияние на земли, обусловленное нецелевым использованием земельных участков.

Для решения проблемы нецелевого использования земельных ресурсов на количественный состав земель Новосибирской области и их экологическое состояние, предлагаются провести следующие мероприятия:

- прежде чем использовать земельный участок, необходимо уточнить его категорию и вид разрешенного использования;
- проводить постоянный контроль использования земельных участков в соответствии с их целевым назначением;
- уменьшить негативное влияние на земли сельскохозяйственного назначения, путем сокращения количества захораниваемых отходов на полигоне и рационального размещения отходов по территории полигона.

Выводы

Во-первых, решение проблемы нецелевого использования земельных ресурсов и их влияния на количественный состав земель Новосибирской области и экологическое состояние, должно быть основано, на строгих рамках выполнения существующего природоохранного законодательства РФ.

Во-вторых, необходимо заранее искать альтернативу полигонному

захоронению отходов в виде экологизации промышленного производства (сокращения образования отходов), строительства сортировочных станций, мусороперерабатывающих, мусоросжигательных предприятий и др,

Библиографический список:

1. КоАП РФ Статья 8.8. Использование земельных участков не по целевому назначению, невыполнение обязанностей по приведению земель в состояние, пригодное для использования по целевому назначению

2. Ч. 2 ст. 6 Федерального закона Российской Федерации от 24.07.2002 № 101-ФЗ (ред. от 27.12.2018) «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения»

3. Проект схемы территориального планирования Кольванского района Новосибирской области. Положение о территориальном планировании

4. СанПин 2.7.1038-01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твёрдых бытовых отходов

**NAPPROPRIATE USE OF LAND RESOURCES,
AS FACTOR OF INFLUENCE ON THE ECOLOGICAL CONDITION
OF THE NOVOSIBIRSK REGION**

Rzheutskaya Darya Alekseevna, student;

Larichkina Natalya Illarionovna, the associate professor

Novosibirsk State Technical University,

630073, Russia, Novosibirsk, K. Marx Ave., 20,

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

Rzheutskaya D.A., e-mail: dasha_rzheutskay@mail.ru

Larichkina N.I., e-mail: larichkina@corp.nstu.ru

The address for correspondence: Rzheutskaya Darya Alekseevna,

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia,

Novosibirsk, K. Marx Ave., 20, ph. +7(999)468-14-81

Abstract:

In work the problem of use of land resources of agricultural purpose of the Novosibirsk region not according to a type of the allowed use is revealed. The sorted example, uses of the land plot with a type of the allowed use "for agricultural production" for placement of an economic zone of the ground of solid municipal waste, showed that such administrative offense can lead to reduction of a reserve of farmlands. On the basis of the carried-out analysis of case of administrative offense concerning inappropriate use of lands, it is recommended to specify category of lands before any economic activity on the site.

Keywords: Code of Administrative Offences; cadastral number; category of lands; a type of the allowed use; ecological state.

ПОЖАРЫ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДАХ В РОССИИ. РАСЧЕТ ПЛАТЫ ЗА АВАРИЙНЫЙ ВЫБРОС ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

*Тупикина Вера Антоновна, магистрант, Александров Виктор Юрьевич,
к.х.н., доцент*

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

Тупикина В.А., e-mail tupikina-va@mail.ru

*Адрес для корреспонденции: Тупикина Вера Антоновна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(999)468-14-81*

Аннотация

Предложена методика расчета платы за вред, причиненный атмосферному воздуху, в результате пожаров на нефтеперерабатывающих заводах. Проведен расчет ущерба от пожара 1 т нефти, бензина и дизельного топлива.

Россия обладает крупнейшими нефтегазовыми залежами и является поставщиком нефтепродуктов. Для получения товарных продуктов нефть доставляют на нефтеперерабатывающие заводы, которые представляют собой сложную систему по извлечению нефтепродуктов из поставляемого сырья. Количество крупных НПЗ в России составляет 34 (по состоянию на 2018 год), также на территории страны действует 230 мини НПЗ [1].

Заводы по переработке нефти являются источниками загрязнения атмосферного воздуха, почвы, водных ресурсов, в том числе, в результате пожаров. По данным открытых источников было установлено, что только за период 2014 - начало 2018 гг. произошло более 30-ти крупных пожаров, для каждого из которых проведена оценка ущерба, главным образом имуществу, при этом, ущерб от загрязнения окружающей среды продуктами сгорания не учитывается [2].

Последний, на момент подготовке тезисов пожар, произошел 01.03.2019 г. на нефтеперерабатывающем заводе в г. Комсомольск-на-Амуре, сообщил источник **ФАН**. В Пожарные локализовали пламя в 14.34 по местному времени. По данным источников, к утру открытый огонь на заводе в Хабаровском крае был потушен, однако над строением до сих пор поднимается столб черного густого дыма.

В таблице 1 представлены данные по пожарам за 2017 год, которые отражают информацию по ситуации за календарный год. Из таблицы следует,

что загрязнение атмосферного воздуха происходит от горения нефтепродуктов различного вида. Материальный ущерб не выделяет экологической составляющей и распространяется только на утрату оборудования, потерю прибыли, компенсацию пострадавшим.

Таблица 1

Сведения по пожарам на НПЗ в России за год. (в редакции [2])

2017 год		
Предприятие	Горение нефтепродукта	Материальный ущерб (руб)
ООО «Роснефть-Туапсинский НПЗ»	Вакуумный газойль	237 000
Филиал ПАО АНК «Башнефть» «Башнефть-Уфанефтехим»	Гудрон	220 000 000
Филиал ПАО АНК «Башнефть» «Башнефть-Уфимский НПЗ»		152 000 000
АО «Отраденский газоперерабатывающий завод»	Пары керосина	66 000
ООО «Газпром переработка», филиал Завод по стабилизации конденсата им. В. С. Черномырдина	Водородсодержащий газ	-
ООО «ЛукойлПермнефтеоргсинтез»	Нефтепродукты (легкие)	199 000
АО «Сибур-Химпром»	Пропилен	420 000
ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез»	Факельный газ	42 402
АО «Новокуйбышевский нефтеперерабатывающий завод»	Нефть	191 000
ООО СПАСФ «Природа»	Пары углеводородов	3 909 260
АО «Рязанская нефтеперерабатывающая компания»	Бензин	357 394
АО «Краснодарский НПЗ-Краснодарэконефть»	Гудрон	970 000

Анализ подзаконных актов России по расчету ущерба объектам окружающей среды, показывает, что в установленном законодательством порядке приняты и зарегистрированы МинЮстом РФ методики: расчета вреда, причиненного водным объектам [3] и почвам [4] и их правоприменение не вызывает сомнений. Однако, с атмосферным воздухом более сложная ситуация, поскольку подобная целевая методика отсутствует

Кроме того, при расчете загрязнения атмосферного воздуха от пожара нефтепродуктов, основной задачей является определение состава и массы загрязняющих веществ, которые выделяются при неорганизованном горении различных нефтепродуктов. Сложность задачи определяется фактически неконтролируемым соотношением воздуха к топливу, которое зависит от скорости ветра, площади очага пламени, вида нефтепродуктов. В этом случае

допустимо использование методики [5], которая является действующей на 2019 год.

Отмечено, что проведение строгого расчета по методике фактически невозможно, так как требует определения большого количества параметров: полнота выгорания аварийного разлива, метеоусловия горения, рельеф местности, наложение горения растительности и другие факторы. Однако, в методике приведены величины выделения отдельных химических загрязняющих веществ при неорганизованном горении основных нефтепродуктов, что дает основу для примерного расчета ущерба атмосферному воздуху. В таблице 2, для основных нефтепродуктов, приведен состав загрязняющих веществ и их количество в продуктах горения.

Таблица 2

Количество загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух в результате горения различных нефтепродуктов

№	Загрязняющее вещество (ЗВ)	Выброс ЗВ (кг) на 1 тонну сгоревшего нефтепродукта (кг/т)		
		Нефть	Дизельное топливо	Бензин
1	Оксид углерода (CO)	84	7,1	310
2	Оксиды азота (NO _x)	6,9	26	15
3	Диоксид серы (SO ₂)	28	4,7	1,2
4	Сероводород (H ₂ S)	1	1	1
5	Сажа (C)	170	13	1,5
6	Синильная кислота (HCN)	1	1	1
7	Формальдегид (HCHO)	1	1,2	0,5
8	Уксусная кислота (CH ₃ COOH)	15	3,6	0,5
	ИТОГО	307	57,6	331

Из показателей следует, что количественный состав продуктов сгорания определяется составом исходного нефтепродукта, который подвергается окислению в условиях недостатка кислорода. Например, выбросы диоксида серы максимальны для нефти и минимальны для бензина, что отвечает различиям в содержании общей серы в этих нефтепродуктах. Выбросы оксидов азота минимальны для нефти и возрастают для бензина и дизельного топлива, что отражает различия температур сгорания этих веществ. Таким образом, данная методика учитывает химические аспекты горения отдельных нефтепродуктов.

Практика большинства аварий показывает, что безвозвратную потерю нефтепродуктов устанавливают по материалам расследования, а, таблица №2 дает возможность рассчитать количество отдельных загрязнителей атмосферного воздуха, которые образовались при пожаре.

Для расчета экологического ущерба атмосферному воздуху при аварийном горении нефтепродуктов, авторы предлагают использовать массовые показатели выброса загрязняющих веществ, для которых установлены ставки платежей за загрязнение атмосферного воздуха [6], с учетом повышающего коэффициента,

установленного в [7], за отсутствие разрешения на аварийный выброс в атмосферу.

При применении постановления Правительства [6], следует использовать ставки платежей за выброс загрязняющих веществ для 2018 года, в которых учтена инфляция, а также не применять коэффициент к ставкам платы в отношении территорий, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, поскольку размещать предприятия нефтяной отрасли на таких территориях запрещается. При применении постановления Правительства [7], следует принять коэффициент к ставкам платы за выброс соответствующего *i*-го загрязняющего вещества за массу выбросов загрязняющих веществ, превышающих установленные разрешениями на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, $K_{с.р.} = 25$, поскольку на аварийные выбросы разрешения всегда отсутствуют.

Таким образом, для расчета аварийного загрязнения воздуха при аварийном горении нефтепродукта $P_{авар.}$ (руб) допустимо применить формулу:

$$P_{авар.} (\text{руб}) = \sum M_i (\text{т}) * N_i (\text{руб/т}) * 25 \quad (1)$$

Где:

M_i (т) – суммарный выброс *i*-го загрязняющего вещества при пожаре нефтепродукта;

N_i (руб/т) – ставка платежей за выброс *i*-го загрязняющего вещества по [6]; *25 – повышающий коэффициент за аварийный выброс по [7].

Сравним величины ущерба атмосферному воздуху, рассчитанный по формуле (1), при пожаре 1 т различных нефтепродуктов и выделим приоритетные по плате загрязнители:

Таблица 3

Ущерб от горения 1 т бензина (по формуле (1))

№	Загрязняющее вещество (ЗВ)	P_i руб/1 тЗВ [6]	Выброс тЗВ/т бенз [5]	P_i руб за ЗВ от 1 т бензина	Доля ЗВ% От общего ущерба
1	Оксид углерода (СО)	1,6	0,31	12,4	9,7
2	Оксиды азота (NO _x)	138,8	0,015	52,05	40,8
3	Диоксид серы (SO ₂)	45,4	0,0012	1,36	1,1
4	Сажа (С) (по PM _{2,5})	182,4	0,0015	6,84	5,4
5	Синильная кисл. (по HCN)	547,4	0,001	2,34	10,7
6	Сероводород (H ₂ S)	686,2	0,001	17,155	13,8
7	Формальдегид (HCHO)	1823,6	0,0005	22,8	17,9
8	Уксусная кислота (CH ₃ COOH)	93,5	0,0005	1,17	0,9
	Σ		0,331	127,5	100

Таблица 4

Ущерб от горения 1 т дизельного топлива (по формуле (1))

№	Загрязняющее вещество (ЗВ)	П _і Ущерб руб/1 тЗВ [6]	Выброс т ЗВ/т ДТ [5]	П _і руб за ЗВ от 1т ДТ	Доля ЗВ % От общего ущерба
1	Оксид углерода (CO)	1,6	0,0071	0,28	0,1
2	Оксиды азота (NO _x)	138,8	0,026	90,22	38
3	Диоксид серы (SO ₂)	45,4	0,0047	5,33	2,2
4	Сажа (С) (по PM _{2,5})	182,4	0,013	59,28	24,9
5	Синильная кисл. (по HCN)	547,4	0,001	2,3	1
6	Сероводород (H ₂ S)	686,2	0,001	17,16	7,2
7	Формальдегид (HCHO)	1823,6	0,0012	54,71	23
8	Уксусная кислота (CH ₃ COOH)	93,5	0,0036	8,42	3,5
	Σ		0,0576	237,7	100

Таблица 5

Ущерб от горения 1 т нефти (по формуле (1))

№	Загрязняющее вещество (ЗВ)	П _і Ущерб руб/1 тЗВ [6]	Выброс Т ЗВ/т неф [5]	П _і руб за ЗВ от 1 т нефти	Доля % От общего ущерба
1	Оксид углерода (CO)	1,6	0,084	3,36	0,4
2	Оксиды азота (NO _x)	138,8	0,0069	23,96	2,5
3	Диоксид серы (SO ₂)	45,4	0,028	31,78	3,3
4	Сажа (С) (по PM _{2,5})	182,4	0,17	775,2	82
5	Синильная кисл. (по HCN)	547,4	0,001	13,69	14,5
6	Сероводород (H ₂ S)	686,2	0,001	17,16	1,8
7	Формальдегид (HCHO)	1823,6	0,001	45,59	4,9
8	Уксусная кислота (CH ₃ COOH)	93,5	0,015	35,06	3,7
	Σ		0,307	945,8	100

Выводы

- 1) Предложена методика расчета экологического ущерба атмосферному воздуху от аварийного горения (пожара) нефти, дизельного топлива, бензина.
- 2) Рассчитанные величины ущерба на 1 т названных нефтепродуктов: нефть (945,8 руб./т); дизельное топливо (237,7 руб./т); бензин (127,5 руб./т) коррелируют с экологической опасностью продуктов сгорания.

Библиографический список:

1. Нефтеперерабатывающие заводы России [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://pronpz.ru/neftepererabatyvayushchie-zavody/rossiya.html>
2. Уроки, извлеченные из аварий [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/>

3. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, приказ от 13.04.2009 года N 87 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства» (с изменениями на 26 августа 2015 года)
4. Приказ Минприроды России от 08.07.2010 N 238 (ред. от 11.07.2018) «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды»
5. Приказ Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды от 05.03.97 N 90, «Методика расчета выбросов от источников горения при разливе нефти и нефтепродуктов»
6. Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 N 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах»
7. Постановление Правительства РФ от 03.03.2017 N 255 «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду»

FIRES AT OIL REFINING PLANTS IN RUSSIA. CALCULATION OF FEE FOR EMERGENCY EMISSION OF POLLUTANT SUBSTANCES

*Tupikina Vera Antonovna, graduate student,
Aleksandrov Viktor Yuryevich, Ph.D., associate professor*

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

Tupikina V.A., e-mail tupikina-va@mail.ru

Address for correspondence: *Tupikina Vera Antonovna*, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia,
Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. +7 (999) 468-14-81

Abstract:

The authors proposed a method of calculating payments for damage caused to atmospheric air as a result of fires at refineries and calculated the damage from a fire to 1 ton of oil, gasoline and diesel.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ИНТЕНСИВНОЙ ОКРАСКОЙ

Сучкова Анжелика Викторовна, магистрант; Александров Виктор Юрьевич, к.х.н., доцент

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

Александров В.Ю., e-mail viktoral48@yandex.ru

Адрес для корреспонденции: Александров Виктор Юрьевич, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(999)468-14-81

Аннотация

В работе, на примере мурексида, исследована эффективность использования озона как способа очистки сточных вод, загрязненных веществами с интенсивной окраской

Ключевые слова: сточные воды, озонирование

Введение

Определенная экологическая проблема возникает при обращении со сточными водами, содержащими вещества с интенсивной окраской (красители). Интенсивный цвет жидких отходов ограничивает их сброс в канализационную систему, сброс в водные объекты и на рельеф местности. Даже без учета экологической опасности окрашенных вод, их интенсивная окраска, в несвойственных местах (водоем, почва), вызывает вопросы надзорных органов и общественности. Анализ химической специфики красителей позволяет выделить общие признаки многих красителей, в формульный состав которых входят:

- азо-нитро-группы
- осерненные нитрогруппы
- полициклические группы

Химическая концепция обезвреживания красителей (обесцвечивание) заключается в превращении этих групп в более простые (не окрашенных) молекулы (C_xH_y-COOH ; CO_2 ; N_2). Одним из путей может быть окисление растворов красителей озонированием /1/.

В работе, как краситель, исследован мурексид (MX) /2/, который окисляли жидкофазным озонированием.

Актуальность работы заключается в решении экологической проблемы по очистке сточных вод, загрязненных веществами с интенсивной окраской

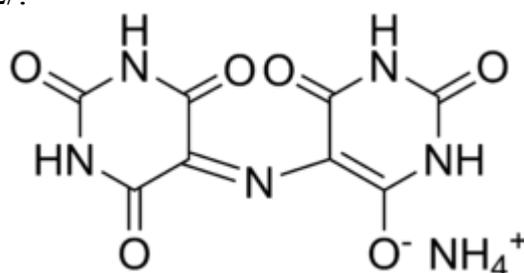
(мурексид). Реализация результатов позволит не ограничивать сброс в водные объекты, канализационную систему и на рельеф местности.

Постановка цели и задач

Выяснить эффективность использования озона как способа очистки сточных вод от загрязняющих веществ с интенсивной окраской (мурексид).

Физические и химические свойства мурексида

Мурексид (аммониевая соль 5,5'-нитрилодибарбитуро-вой кислоты, пурпурат аммония), $C_8H_8N_6O_6$, Молекулярная масса 284, темно-красные кристаллы; плохо растворимы в воде. МХ широко используют в химической лабораторной практике, как индикатор. Получают мурексид из мочевиной кислоты, структурная формула /2/:



Экспериментальная часть

Приборы и оборудование:

1. Озонатор А – 91 «PureCrystal», паспортная производительность по озону – 400 мг/ч
2. рН-метр комбинированный S-47-K
3. ИК-лампа
4. Секундомер

Проведение опытов

В колбу объемом 250 мл на дно, помещали распылитель озона, засыпали 200 г стеклобоя, для увеличения времени контакта газа с жидкостью, заливали 150 мл раствора, содержащего 15 мг мурексида, имеющего интенсивную вишневою окраску. Включением озонатора обеспечивали поступление озона в колбу с раствором, включали секундомер для контроля времени (рисунок 1).



Рис. 1 Раствор мурексида до озонирования

Протекание процесса контролировали визуально по обесцвечиванию раствора. Время исчезновения окраски фиксировали секундомером. Вид полученной жидкости представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Вид жидкости после озонирования раствора мурексида

Замерами на приборе S-47-К в пробах жидкости определяли величины pH, одну пробу (5 мл) выпарили под ИК-лампой. Всего проведено три параллельных опыта. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Время озонирования до обесцвечивания раствора, количество пропущенного озона, pH пробы

N Опыта	Время озонирования (мин.)	Количество O ₃ , мг.	pH раств.
№1	15 минут	100	6,291
№2	16 минут	107	6,229
№3	19 минут	126	6,318
Среднее	17 минут	114	-

* Для расчета количества пропущенного озона приняты паспортные величины озонатора А-91 (400мг/час);

После ИК-сушки раствор выпаривается полностью без следов налета и

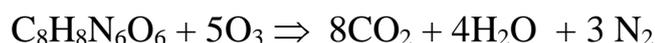
остатка. Таким образом, по цвету, величине рН, отсутствию осадка после выпаривания, полученная жидкость имеет характеристики воды.

Таблица 2

Расчет эффективности озона в разложении мурексида

<i>Исходные данные</i>	<i>Расчет по балансу</i>
<i>МВ МХ = 248 г/моль</i> <i>МВ О₃ = 48 г/моль</i> <i>Вес МХ = 0,015 г</i> <i>Вес О₃ = 0,114 г</i> <i>N = 6*10²³ молекул*моль</i>	<p>Расчет потребления озона на обесцвечивание МХ</p> <p>48 г О₃ ----- 6*10²³ молекул О₃</p> <p>0,114 г О₃ ---- X молекул О₃</p> <p>X = 6*10²³ * 0,114/48 = 1,4*10²¹ молекул О₃</p> <p>1 г/моль МХ = 384 г ----- 6*10²³ молекул</p> <p>Расчет количества молекул МХ в 0,015 г вещества</p> <p>0,015 г ----- X молек. МХ</p> <p>X = 6*10²³ * 0,015/284 = 3,1*10¹⁹ молекул МХ</p> <p>Расчет молекулярной эффективности использования озона в окислении МХ (μ):</p> <p>μ = 140*10¹⁹ молекул О₃ / 3,1*10¹⁹ молекул МХ = 45 молекул О₃/1 молекулу МХ</p>

Экспериментальный факт, что после озонирования в растворе остается чистая вода, позволяет предложить следующее уравнение окислительного процесса:



На основании уравнения проведен расчет потребления озона, необходимого по стехиометрии, для окислительной деструкции мурексида:

$$284 \text{ г МХ} \text{----} 240 \text{ г О}_3$$

$$0,015 \text{ г} \text{----} X \text{ г}$$

$$X = 0,015 * 240 / 284 = 0,0126 \text{ г озона по стехиометрии}$$

По факту потреблено озона 0,114 г, что в 9 раз превышает стехиометрическое число. Таким образом, фактический КПД использования озона составляет около 10%. Для увеличения КПД необходимо использовать более эффективные способы контакта газа с жидкой фазой.

Выводы

На основании количественных исследований и качественных наблюдений процессов окислительной деструкции озоном растворов мурексида с потерей интенсивной окраски, сделаны следующие выводы:

1) Мурексид полностью окисляется озоном с образованием экологически безопасных продуктов реакции: диоксид углерода, вода, молекулярный азот.

2) На основании полученной экспериментально величины расхода озона для окисления мурексида, рассчитано количество молекул озона на одну молекулу мурексида, что дает основу для оценки эффективности процесса.

Библиографический список:

1. Орлов В.А. Озонирования воды, М.: Стройиздат, 1984 .- 88 с.,

***CLEANING WASTE WATER FROM POLLUTING SUBSTANCES WITH
INTENSIVE PAINTING***

Suchkova Angelika Viktorovna, master's degree student,

Aleksandrov Victor Y., Ph.D., Associate Professor

Novosibirsk State Technical University,

630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20,

Department of Environmental Engineering,

tel. +7 (383) 346-50-31

Aleksandrov V.Yu., e-mail viktoral48@yandex.ru

Address for correspondence: Aleksandrov Viktor Yuryevich, Novosibirsk State

Technical University, 630073, Russia

Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. +7 (999) 468-14-81

Abstract:

In this paper, using the example of murexidum, the efficiency of using ozone as a method of cleaning wastewater polluted with substances with intense coloration was investigated.

Key words: wastewater, ozonation.

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ МЕСТ СБОРА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ г. НОВОСИБИРСКА

Хлынова Анастасия Владимировна, студент; Александров Виктор Юрьевич, к.х.н., доцент

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

кафедра инженерных проблем экологии, тел. +7(383)346-50-31

Хлынова А.В., e-mail: nastu6a_96@mail.ru

Александров В.Ю., e-mail: viktoral48@yandex.ru

Адрес для корреспонденции: Хлынова Анастасия Владимировна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(913)370-50-75

Аннотация

Проведена инвентаризация мест сбора твердых коммунальных отходов на территории г. Новосибирска. На основе инвентаризации создана интерактивная карта, слои которой позволяют регулировать деятельность регионального оператора по транспортировке ТКО на утилизацию, обезвреживание или захоронение.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы (ТКО), региональный оператор, реестр мест (площадок) накопления ТКО, полигон, интерактивная карта мест (площадок)

Введение

В настоящее время г. Новосибирск, как и Россия в целом, остро нуждается в развитии инфраструктуры обращения с твердыми коммунальными отходами. Это связано с тем, что в последние годы во всех странах мира наблюдается значительный рост образования отходов производства и потребления, темпы, роста которых определяются не столько приростом населения, сколько изменением его доходов и образом жизни. Развитие промышленности и постоянный рост городов способствует улучшению качества жизни населения. Одновременно с этим возникают различные санитарно-эпидемиологические и экологические проблемы, которые связаны с содержанием селитебных территории в результате интенсивного образования всевозможных отходов и недостаточно развитой промышленной базы по их переработке.

На всех уровнях государственного управления признана неудовлетворительной сложившаяся ситуация по обращению с отходами в России. Для решения накопившихся проблем, с 2014 года, в базовый закон в этой сфере – ФЗ «Об отходах производства и потребления» [1] внесены значительные

изменения и дополнения. Особо выделена проблематика в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами (далее - ТКО). Основные определения и понятия из этого закона следующие:

Твердые коммунальные отходы - отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, которые утратили свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд, а также относятся отходы, которые образуются в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и подобные по составу отходам, которые образуются в жилых помещениях в процессе деятельности физических лиц, ст. 1. [1]. Эти отходы физические лица (население) накапливает в типовых контейнерах во дворах жилых домов (площадка накопления ТКО) что составляет первичный этап сбора отходов.

Сбор отходов - прием отходов в целях их дальнейших обработки, утилизации, обезвреживания, размещения лицом, осуществляющим их обработку, утилизацию, обезвреживание, размещение, ст. 1. [1].

Наполненные контейнеры, по графику, собирает региональный оператор по обращению с ТКО для транспортирования отходов, либо на утилизацию, либо на объекты захоронения отходов, в зависимости от возможности/не возможности их возврата во вторичное обращение.

Из этого, очевидна актуальность организации отдельного сбора отходов в местах их образования (квартира горожанина), чем больше отходов поступит на утилизацию, тем меньшая их доля поступит на захоронение и создаст комплекс экологических проблем, характерных для полигонов ТКО и свалок.

Региональный оператор по обращению с ТКО - это организация, которая несет ответственность за весь цикл обращения с ТКО, включая их сбор, транспортировку, утилизацию, обезвреживание или захоронение в специально отведенных для этого местах, ст. 1. [1].

Транспортирование отходов - перемещение отходов с помощью транспортных средств вне границ земельного участка, находящегося в собственности юридического лица или индивидуального предпринимателя либо предоставленного им на иных правах ст. 1. [1].

Утилизация отходов - использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация), ст. 1. [1].

Объекты захоронения отходов - предоставленные в пользование в установленном порядке участки недр, подземные сооружения для захоронения отходов I - V классов опасности в соответствии с законодательством Российской Федерации о недрах, ст. 1. [1].

Анализ ситуации с системой обращения ТКО в г. Новосибирске

В г. Новосибирске, как и во всей стране, система обращения с ТКО, включающая разделение на компоненты в местах их образования (раздельный сбор), возврат во вторичное использование ценных компонентов, захоронение не утилизируемого остатка, не соответствует современным экологическим требованиям. Названная ситуация с неэффективной и неэкологической работой системы обращения с ТКО привела к нехватке площадей по утилизации и захоронению отходов. В таблице 1 показано, что два из четырех действующих полигонов в городе Новосибирске практически заполнены более чем на 90%, а два остальных на 50%. За последние 10 лет население Новосибирска увеличилось на 10%. Рост населения сопровождается ростом отходов. Совсем скоро город и Новосибирская область окажутся в ситуации, когда не останется мощностей по утилизации, и придется выделять новые площади для захоронения отходов, или продолжать использовать ресурс переагруженных мощностей старых объектов, что негативно будет сказываться на экологической ситуации.

Таблица 1

Остаточная емкость действующих полигонов в г. Новосибирске

№	Название полигона ТКО	Остаточная емкость (%)
1	ФГУП «ЖКХ ННЦ»	2,4
2	НовосибВторРесурс	39,8
3	Гусинобродский	5
4	Левобережный	40

На территории города Новосибирска насчитывается более 9100 многоквартирных домов, в них проживает около 1 млн. 200 тыс. человек. Кроме того, в зоне индивидуальной жилой застройки города насчитывается 1467 улиц, 47703 индивидуальных домовладений, в которых проживает 163,4 тыс. человек. В 2017 году от населения на полигоны ТКО поступило 1,9 млн. м³ отходов [2].

В настоящее время на территории Российской Федерации произошла реформа системы обращения с твердыми коммунальными отходами. Следствием, которой стала новая система обращения с ТКО, которая запущена во всех субъектах страны, в том числе в г. Новосибирске, с 1 января 2019 года. Власти НСО разработали территориальную схему обращения с отходами, выбрали по конкурсу регионального оператора по обращению с твердыми коммунальными отходами – ООО «Экология-Новосибирск» и утвердили правила его работы в рамках новой системы. Данная система нацелена на уменьшение объемов захоронения образуемых отходов за счет сортировки мусора и отдельного сбора вторичных материальных ресурсов. В настоящее время, в г. Новосибирске и по территории НСО ряд организацией занимаются сбором и утилизацией отходов различного класса опасности. В частности, по

данным источника [2]:

- *отходами пластика*, в том числе полиэтилена, поливинилхлорида, полипропилена занимаются общества «Полимер Рецикл», «Полимер Рецикл Н», «ПластИндустрия». Мощности этих предприятий позволяют переработать около 580,0 тонн отходов в месяц. Для сбора такого вида отходов на территории города установлено около 600 сеток-контейнеров.
- *отходами стекла, пластиковых бутылок, алюминиевых банок* занимается компания «Тайгер - Сибирь».
- *отходами стекла и стекловой тары* занимается крупнейший за Уралом производитель стеклотары – Новосибирский завод «Экран»;
- *отходы автомобильных покрышек и других резинотехнических изделий* утилизирует предприятие «Альбион-С» (г. Бердск), где налажено производство резиновых покрытий для спортивных площадок, гидроизоляции;
- *опасные медицинские и биологические отходы* обезвреживает крупнейший среди вирусологических и биотехнологических центров России НПО «Вектор», имеющий специальную установку для обезвреживания опасных отходов;
- *использованные одноразовые медицинские системы* собирают и перерабатывают компании «ПластСтройРесурс», «Ресурсы Полипропилена» продукцией переработки которых является непищевая тара;
- *отработанные фиксажные растворы проявления рентгеновской пленки* утилизируются компаниями «Медтехпереработка» и «Сибвтордраг»;
- *ртутьсодержащие отходы*, а именно, сбор и обезвреживание осуществляют ООО «Сибртуть» и ООО «Экорт».

Предлагаемые решения.

Для эффективной работы действующих на территории города и области перечисленных переработчиков отходов, а, так же полигонов захоронения ТКО, необходимо проведение инвентаризации мест сбора ТКО на территории г. Новосибирска. Эта задача решена Новосибирским городским комитетом охраны окружающей среды и природных ресурсов мэрии г. Новосибирска с привлечением авторов настоящей работы. Данные предоставляли районные администрации, организации, которые осуществляют управление многоквартирными жилыми домами, муниципальные предприятия и учреждения, а также иные хозяйствующие субъекты. На основании первичных данных разработана информационная электронная карта, которая после заполнения управляющими компаниями поступала в мэрию. Нами проводился анализ правильности внесения данных и обобщение информации по отдельным муниципальным образованиям. Выявленные ошибки направлялись для исправления. *Типичные ошибки:* неправильно указаны координаты, орфографические ошибки, неполнота заполнения информации. Форма карты и типичные ошибки заполнения приведены в табл. 2. Всего было собрано и

обработано около 10 тыс. ед. информации для создания карты, в том числе авторами работы 6500 ед. (65% от общей базы данных). Направлено на корректировку 4,5 тыс. ед.

Анализ карты показывает достаточный полный охват жилой зоны г. Новосибирска местами (площадками) накопления ТКО. Карта послужила основой для разработки транспортной схемы движения специального автотранспорта для сбора контейнеров отходов.

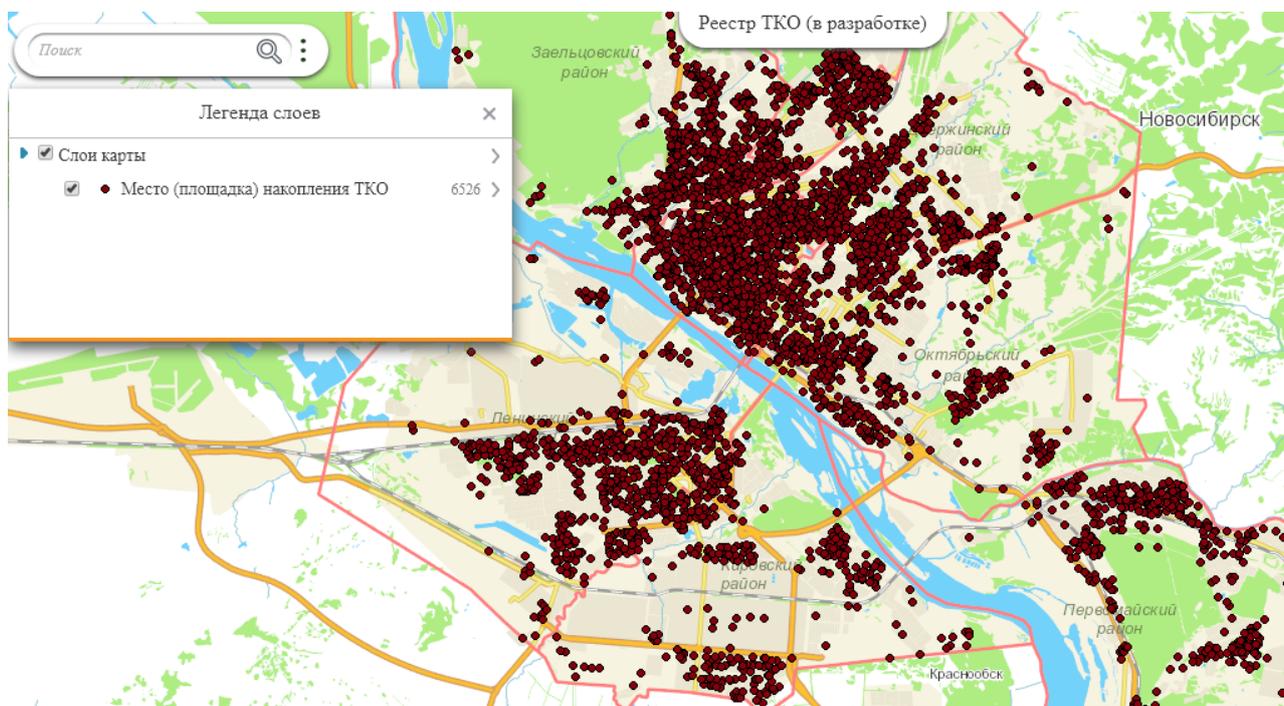


Рис. 1. Интерактивная карта мест (площадок) накопления ТКО

Таблица 2

Форма реестра мест (площадок) накопления ТКО и неправильное заполнение

№ п/п	Район/город (для районов разработывается слой)	Адрес: наименование места накопления ТКО (адресной части)			Географические координаты места накопления ТКО (из файла Excel-формы)		Сведения о типе поверхности площадки (для районов разработывается слой)	Площадь места накопления ТКО, кв. м	Обслуживаемое место накопления ТКО (наименование организации (обязательно указать собственное предприятие))	Физические установочные оборудование				Длина/ширина места накопления ТКО - в метрах (с точностью)		
		Тип улицы (для районов разработывается слой)	Наименование улицы	Номер дома (или иной площадки/дома)	Широта, °	Долгота, °				Количество контейнеров (контейнер, шт.)	Объемный бак (литры, куб. м)	Количество бункеров, шт.	Объем бака (на бункер, куб. м)	Полное наименование	ОГРН	Фактический адрес
1	Октябрьский р-н	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	19	20	21
		Улица	Аксенова	42	54.967384	83.058376	Бетон	2		1	0,75	0	0	Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования города Новосибирска детско-юношеская спортивная школа "Первомайск"		г. Новосибирск, ул. Аксенова, 42
	Первомайский район	Улица	Пожарского	2	54.975235	83.069004	Асфальт	6		4	0,7	0	0	ООО "ТК "Азарт и К"	1025403869787	г. Новосибирск, ул. Пожарского, 2
	Первомайский район	Улица	Первомайская	39/3			Асфальт	6		0	0	1	6	ООО "Премьер ТК "Переходной"	1115476164039	г. Новосибирск, ул. Первомайская, 39/3
	Первомайский район	Улица	Шушанка	7/1	54.938870	83.123446	Асфальт	4		0	0	1	4	ООО "Кинг ТК "Береговой"	1025401932008	г. Новосибирск, ул. Шушанка, 7/1
	Первомайский район	Улица	Малковского	5а	54.970932	83.096938	Асфальт	4		4	0,7	0	0	МБУК "ПКиО "Первомайский"		г. Новосибирск, ул. Малковского, 5а

Выводы

На основе инвентаризации твердых коммунальных отходов на территории г. Новосибирска создана интерактивная карта, слои которой позволяют

регулировать деятельность регионального оператора по транспортировке ТКО на утилизацию, обезвреживание или захоронение.

Библиографический список:

4. ФЗ РФ «Об отходах производства и потребления (с изменениями на 25 декабря 2018 года)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901711591>

5. Обзор «Состояние окружающей среды в г. Новосибирске 2015 – 2016 годы», Новосибирск 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://degkh.ru/ecology/overview_of_the_environment_in_novosibirsk/2015-16_obzor.pdf

INVENTORY OF PLACES OF SOLID MUNICIPAL WASTE IN THE TERRITORY OF NOVOSIBIRSK

*Khlynova Anastassiya Vladimirovna, student;
Alexandrov Viktor Yuryevich, associate professor*

Novosibirsk State Technical University,
department of engineering environmental problems, ph. 7 (383) 346-50-31
630073, Russian Federation, Novosibirsk, Prospect K. Marx, 20,

Hlynova A.V., e-mail: nastu6a_96@mail.ru

Alexandrov V.Yu., e-mail: viktoral48@yandex.ru

*The address for correspondence: Hlynova Anastasia Vladimirovna,
Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, K. Marx
Ave., 20, ph. +7(913)370-50-75*

Abstract:

Inventory of places of collecting solid municipal waste in the territory of Novosibirsk is carried out. On the basis of inventory the interactive map which layers allow to regulate activities of the regional operator for transportation of SMW on utilization, neutralization or burial is created.

Keywords: solid municipal waste (SMW), regional operator, register of places (platforms) of accumulation of SMW, ground, interactive map of places (platforms).

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ НОВОГО ВИДА ГОРОДСКОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА – ЭЛЕКТРОБУС

*Гелеверя Анастасия Константиновна, студент; Дьяченко Геннадий
Иванович, канд. геол.-минерал. наук*

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

Гелеверя А. К., email geleverya97@mail.ru

Дьяченко Г. И., e-mail dyachenko@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Гелеверя Анастасия Константиновна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (929)384-35-45

Аннотация

Сегодня особенную роль в дорожном потоке занимает пассажирский автотранспорт. В больших городах среднестатистический житель совершает 200-500 поездок в год, то есть в среднем 2 раза в день каждый из нас пользуется услугами городского транспорта. На сегодняшний день 60-70% загрязнений атмосферного воздуха во всех городах приходится на долю передвижных источников, в том числе и городского транспорта. К тому же транспортный поток создает до 80% от уровня шумов. К факторам негативного экологического воздействия следует отнести также пылеобразование, вибрацию, электромагнитное излучение, загрязнение при утечке горюче-смазочных материалов. Влияние разных видов городского пассажирского транспорта на окружающую среду проявляется по-разному. В частности городской электротранспорт (метро, трамвай, троллейбус) принято относить к «экологически чистой» категории. Но так ли это на самом деле, или же целесообразнее говорить об «относительной экологической чистоте» электротранспорта.

Ключевые слова: городской транспорт; электробус; экологичность; энергия; литий-ионные батареи.

Городской транспорт - комплекс различных видов транспорта, осуществляющих перевозку населения и грузов на территории города и ближайшей пригородной зоны, а также выполняющих работы, связанные с благоустройством города [1]. На данный момент основные виды городского транспорта – это автобус и троллейбус. Они имеют как свои достоинства, так и недостатки. Основным недостатком автобуса является повышенный уровень загрязнения окружающей среды вредными веществами, представленными в таблице 1.

Таблица 1

Содержание основных токсичных веществ в отработавших газах бензиновых двигателей и дизеля

Токсичные вещества	Бензиновые двигатели	Дизели
Окись углерода %	до 10,0	0,2
Углеводороды, %	до 3,0	0,01
Окислы азота %	до 0,5	0,25
Альдегиды %	0,03	0,002
Сажа г/м ³	до 0,04	0,01 - 1,1
Бензапирен мкг / м	до 20	до 10
Двуокись серы %	0,008	0,03

Что касается троллейбуса, его основными недостатками [1] являются большое потребление электроэнергии, очень чувствителен к состоянию дорожного покрытия и контактной сети, при сложном рельефе плохо тянется в горы.

В настоящий момент, с развитием электротехнической промышленности и различными разработками в области тягового электропривода создают виды нового электрического транспорта – электробусы.

Электробус или электрический автобус — автономное безрельсовое механическое транспортное средство общего пользования, предназначенное для перевозки по дорогам людей и движущееся по установленному маршруту, движимое с помощью тягового электропривода, электрическая энергия для которого запасается и хранится на борту в накопителе [3].

Электробус средней или большой вместимости, по принципу конструирования и применяемому электрооборудованию во многом похож на троллейбус.

В качестве накопителя и одновременно источника электроэнергии для работы электробуса, в «классическом» варианте, используется аккумуляторная батарея ёмкостью 44,2 кВт·ч, которую располагают в нишах под кузовом, в заднем отсеке.

В последнее время, в качестве источника электроэнергии для электробусов предлагаются новые виды аккумуляторов — ионисторы (или так называемые суперконденсаторы). Например, литий-ионный аккумулятор (Li-ion) — тип электрического аккумулятора, который широко распространён в

современной бытовой электронной технике и находит своё применение в качестве источника энергии в электромобилях и накопителях энергии в энергетических системах. Преимуществами таких аккумуляторов являются высокая энергетическая плотность (ёмкость) и низкий саморазряд.

В движение электробус приводится тяговым двигателем [3] мощностью 150 кВт. На одной зарядке электробус может проехать в среднем 160 км. Существуют и более мощные батареи, способные работать до 320 км. Для полной зарядки батареи потребуется от двух до четырёх часов.

Преимущества электротранспорта для города очевидны:

- Экологичность – абсолютное отсутствие вредных выбросов в атмосферу;
- Пониженный уровень шума - за счет меньшего количества движимых частей и механических передач;
- Возможность решения проблемы "энергетического пика" за счет подзарядки аккумулятора в ночное время;
- Низкая пожаро- и взрывоопасность при аварии.

Кроме того, современный электротранспорт, помимо очевидной экологичности имеет и экономические преимущества. Исходя из сегодняшних цен на бензин, расходы на топливо/энергию у электробуса в 5,5 раз меньше чем у традиционного автобуса. Техническое обслуживание электробуса также дешевле, чем у аналогичного автобуса: у электробуса отсутствует двигатель внутреннего сгорания, нет необходимости его обслуживания, замены масла, фильтров, свечей внутреннего сгорания. Электробус имеет более высокую первоначальную стоимость по сравнению с автобусом, но за счет более низких эксплуатационных расходов, срок окупаемости у них сопоставим.

Библиографический список:

1. Афанасьев А.С., Шевченко В.В. Контактные сети троллейбусов.–М.: Транспорт, 1987. – 300 с.
2. Городской транспорт. Виды и назначение городского транспорта. [Электронный ресурс]. URL : https://studopedia.ru/19_406937_gorodskoy-transport-vidi-i-naznachenie-gorodskogo-transporta.html (дата обращения: 18.03.2019).
3. Электробусы [Электронный ресурс]. URL: <http://autoreview.ru/gruzoviki-i-avtobusy/elektrobusy> (дата обращения: 18.03.2019).

PROSPECTS FOR THE INTRODUCTION OF A NEW FORM OF URBAN SUSTAINABLE TRANSPORT – ELECTROBUS

Dyachenko Gennady Ivanovich, Candidate of Geol.-Mineral. Sc, e-mail:

dyachenko@corp.nstu.ru

Geleverya Anastasiya Konstantinovna, student, e-mail: geleverya97@mail.ru

Novosibirsk State Technical University, 20 Prospect K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russian Federation

Abstract

Today, a special role in the traffic flow is occupied by passenger vehicles. In large cities, the average resident makes 200-500 trips per year, that is, on average, 2 times a day, each of us uses public transport. To date, 60-70% of air pollution in all cities accounts for mobile sources, including urban transport. In addition, traffic creates up to 80% of the noise level. The factors of negative environmental impact should also include dust, vibration, electromagnetic radiation, pollution from leakage of fuels and lubricants. The impact of different types of urban passenger transport on the environment is different. In particular, urban electric transport (metro, tram, trolleybus) is considered to be "environmentally friendly" category. But is it really so, or is it more expedient to talk about the "relative ecological purity" of electric transport.

Key words: Urban transport; electric bus; environmental friendliness; energy; lithium ion batteries.

ЭКОЛОГИЯ СОИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ ЕЕ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

*Ким Виктория Владиславовна, студент; Дьяченко Геннадий Иванович,
канд. геол.-минерал. наук*

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

Ким В.В., e-mail vika.kimskaya@gmail.com

Дьяченко Г. И., e-mail dyachenko@corp.nstu.ru

*Адрес для корреспонденции: Ким Виктория Владиславовна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. (996)-382-51-61*

Аннотация

Соя – это древнее культивируемое растение. Принадлежит к семейству бобовых. В плодах этого растения больше 35% белка, уникального по своему составу аминокислот, много питательных веществ. В мировом земледелии соя является одной из наиболее востребованных зернобобовых и масличных культур.

Выращивание сои в России ориентировано на получение продукта для животноводства, где высоко ценятся шрот, жмых и экструдированная полножирная соя. Это связано с тем, что более половины используемой в России сои приходится именно на эту отрасль [1]. Россия не только выращивает сою для собственных нужд, но и поставляет ее в Китай. Так с июля 2017-го по май 2018 года Россия отправила на китайский рынок 846,2 тыс. тонн соевых бобов.

Ключевые слова: соя, вредители сои, бобовая культура, почва, условия выращивания.

Соя растет при следующих экологических условиях:

- Оптимальная температура 20-25 °С.
- Минимальная допустимая температура от -2°С до -5 °С.
- Максимальная допустимая температура 35°С.
- Подходят нейтральная или слабокислая почва.
- Глубина заделки семян сои должна соответствовать 4,5-7 см. Между рядами необходимо оставлять расстояние 0,4-0,6 метров.
- Средней плотностью посева от 35 до 40 семян на метр.

В Новосибирской области есть все вышеперечисленные условия для выращивания сои.

При возделывании сои большое значение для получения высоких урожаев имеет борьба с вредителями (табл. 1, 2), которые поражают данную культуру и

снижают урожай.

Таблица 1

Вредители проростков и всходов сои

Русское наименование	Латинское наименование	Характер повреждения
Медведка восточная	<i>Gryllotalpa africana</i> Palisot	стебель у основания размочален, молодые растения увядают
Совка Исландская	<i>Agrotis islandica</i> Stgr.	гусеницы подгрызают всходы у основания или отгрызают семядоли и верхушки
Серый свекольный долгоносик	<i>Tanymecus palliatus</i> F.	жук выгрызает на всходах края листьев

Таблица 2

Вредители сои, повреждающие различные частей растений

Русское наименование	Латинское наименование	Характер повреждения
Кузнечик длиннохвостый	<i>Telligonia candata</i> G.	повреждает листья
Бересклетовая тля	<i>Aphis evonymi</i> F.	сосет верхние части растения
Июньские жуки	Род <i>Ilotrichis</i>	подгрызает основание стеблей, всходов

К числу мероприятий, способствующих уничтожению болезней и вредителей, относятся:

1. проверка семенного материала на зараженность бактериозом, фузариозом и зерновками;

2. размещение сои в севообороте в соответствии с принятым чередованием культур;

3. своевременная и высококачественная глубокая зяблевая пахота с предплужником и предварительное лушение стерни в сочетании с высококачественной предпосевной культивацией;

4. посев сои в оптимальные сроки обеспечивает дружные и быстрые всходы, что снижает возможность поражения болезнями и повреждения вредителями в период прорастания и всходов;

5. содержание поля в чистоте, поскольку многие сорняки являются

источником пищи для ряда вредителей;

б. химические и механические меры борьбы с вредителями – опрыскивание и опыливание различными препаратами и применение гусеницеловок;

7. к числу важнейших мер борьбы надо отнести создание сортов, устойчивых против наиболее вредоносных болезней в различных зонах возделывания сои и в первую очередь против фузариоза всходов и семядольного бактериоза.

Соя по выделенным под неё посевным площадям за последние годы прочно входит в первую десятку выращиваемых в России сельскохозяйственных культур. Наиболее продуктивными регионами Российской Федерации по возделыванию сои являются Дальний Восток и Кубань. На них приходится около 80% посевных площадей. Основные сорта: Приморская и Венера. На средней Волге хорошую урожайность могут показывать сорта Соер от 1 до 7, а в центральной полосе России – Лучезарная, Светлая, Белгородская.

Наиболее благоприятные природные условия для роста сои есть на Северном Кавказе, поэтому здесь урожайность достигает цифры в 0,4-0,5 т/га. Приморье настолько хорошим климатом не обладает, поэтому довольствуется показателями около 0,2 т/га, однако существенно выигрывает по посевным площадям. Поэтому передовой российский производитель соевых бобов – это, по-прежнему, Приморский край. А самое большое соеперерабатывающее предприятие в России находится в Калининградской области, и перерабатывают не только отечественное, но и импортное сырье. Основными источниками импортных соевых бобов для России являются Бразилия и Парагвай [2].

Согласно установленным планам, производство сои в России должно превысить 7 млн. тонн к 2020 году. Такое развитие имеет и стратегический смысл. Соя признаётся растением будущего, крайне важным для решения продовольственного кризиса, а ведущими её производителями остаются США и Бразилия. Россия же поднялась на мировом рынке с 11-го места на 8-ое по данным 2018 года.

Сравнивая экологические условия районов России, где выращивание сои более продуктивно, и экологические условия в Новосибирской области, можем наблюдать, что они благоприятны для возделывания сои. И это подтверждается рентабельностью данной культуры в настоящее время, которая достигает 25%, и при соблюдении агротехнических требований может быть повышена.

Библиографический список:

1. Бойко А.Т., Карягин Ю.Г. Соя — высокобелковая культура, 2004. — 22 с.
2. Бельшкينا М.Е. Анализ и перспективы производства сои в России и мире // Кормопроизводство. — 2013.

POWER SUPPLY OF SMALL SETTLEMENTS

Dyachenko Gennady Ivanovich, Candidate of Geol.-Mineral. Sc, e-mail:
dyachenko@corp.nstu.ru

Kim Viktoriya Vladislavovna, student, e-mail: vika.kimskaya@gmail.com
Novosibirsk State Technical University, 20 Prospect K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russian Federation

Abstract

Soy is an ancient cultivated plant. Belongs to the legume family. In the fruits of this plant more than 35% protein, unique in its composition of amino acids, a lot of nutrients. In world agriculture, soybean is one of the most sought after pulses and oilseeds.

Growing soybean in Russia is focused on getting a product for animal husbandry, where meal, cake and extruded full-fat soya are highly valued. This is due to the fact that more than half of the soybean used in Russia falls on this sector [1]. Russia not only grows soy for its own needs, but also supplies it to China. So, from July 2017 to May 2018, Russia shipped 846.2 thousand tons of soybeans to the Chinese market.

Keywords: Soybean, soybean pests, legumes, soil, growing conditions.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЫШЕННЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ УРАНА В ПОЧВАХ ЮЖНОГО ОБРАМЛЕНИЯ КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ

*Цыба Тамара Александровна, магистрант; Дьяченко Геннадий Иванович,
к.г.-м.н. доцент*

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

Цыба Т.А., email toma.tshiba@icloud.com

Дьяченко Г.И., email dyachenko@corp.nstu.ru

*Адрес для корреспонденции: Цыба Тамара Александровна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. +7 (950) 587-11-19*

Аннотация

В статье проводится анализ условий формирования повышенных концентраций урана в почвах юго-восточного Кузбасса с целью определения и нахождения мест с повышенной концентрацией вещества и предотвращения воздействия урана на человека и окружающую среду.

Загрязняющими источниками являются предприятия угольной промышленности и теплоэнергетики. Так же загрязнению почв способствует относительно высокое количество атмосферных осадков и маловетренная погода.

Формирование повышенных содержаний урана происходит в основном в заболоченных местах и местах сезонного подтопления почв.

Ключевые слова: токсикант; урансодержащие пыли; загрязнение почв; радиационное воздействие; геологическая среда.э

Введение

Уран один из немногих элементов, свойство которых изучен так детально и так всесторонне. Изучены ядерные, радиационные, геохимические. Биологические и прочие свойства. Но как-то без внимания остались его свойства как токсиканта. При нормировании воздействия урана на биоту учитывалось прежде всего радиационное воздействие.

При этом, серьезной и недостаточно изученной проблемой является вопрос о последствиях для живых организмов длительного воздействия ионизирующего излучения невысокой интенсивности.

«Малые дозы – это те дозы, о которых мы мало знаем», говорят радиобиологи. Над этой проблемой работают на полигонах загрязнения при авариях на АЭС. Там возможно проследить воздействие разных доз стронция и цезия, их радиационного воздействия, в течении десятилетий. Но эти условия не отражают комплексного влияния малых доз и токсичного влияния урана.

Только после войн США и НАТО в Ираке и Югославии, где применялись боеприпасы с обедненным ураном, обратили внимание на одинаковые заболевания солдат и индейцев из резервации, где в сороковые годы добывались урановые руды, но дышать приходилось урансодержащей пылью. В обоих случаях радиационные нормы безопасности не были нарушены.

Так возникла проблема территорий, в пределах которых возможно образования урансодержащих пылей. Положение полигонов ядерного комплекса, месторождений урана хорошо известно.

Но в доступной литературе не описано загрязнение почв ураном вне урановорудных районов и полигонов захоронения радиоактивных отходов.

Условия формирования повышенных содержаний урана в почвах юго-восточного Кузбасса

В работе проанализированы условия образования формирования повышенных содержаний урана в почвах южного обрамления Кузнецкого Алатау и, тем самым опасности урансодержащих пылей естественного происхождения.

Западный склон Кузнецкого Алатау, Кузбасс — это мощный аграрно-промышленный комплекс. Здесь основным источником загрязнения атмосферы, в том числе пылеобразования, является угольная промышленность и тепловая энергетика.

Результаты и обсуждение

Систематизация и анализ материалов по содержанию урана в геологической среде юга западного склона Кузнецкого материала показал:

1. В пределах рассматриваемого региона нет специализированных ураноносных геологических формаций.
2. Основным источником техногенных пылей являются предприятия угольной промышленности и теплоэнергетики.
3. Подавляющая часть добываемых углей — высококачественные антрациты, содержащие минимальные количества вредных примесей; концентрация урана в углях Кузбасса не превышает двух фоновых значений.
4. Карьерная отработка неглубоко залегающих угольных пластов и многочисленные провалы, и отстойники шахтных вод привели к формированию увлажненных поверхностей и заболачиванию.
4. Сжигание «на месте» высокозольных углей сопровождается накоплением многомиллиардных золохранилищ, дополняемых шахтными терриконами.
5. Относительно высокое количество атмосферных осадков и маловетренная погода способствуют осаждению пылей в непосредственной близости от источников их поступления.
6. При вовлечении в эксплуатацию высокозольных углей возможно повышение содержаний урана как в углях, так и в продуктах их сжигания

Выполненные расчеты показывают, что уран образует две относительно устойчивые ассоциации

в углях с молибденом, ванадием, фосфором; накопление элементов, характерных для условий угленакопления;

в золе с молибденом, ванадием, титаном, фосфором; при сжигании первичная геохимическая характеристика углей сохраняется, но в золу поступает материал вмещающих силикатных пород;

в почве с молибденом, фосфором, марганцем; в почвогрунтах ослабевает связь урана с молибденом, но существенно возрастает с фосфором удобрения; марганец - типичный элемент заболочиваемых территорий.

Формирование повышенных содержаний урана в почвах юго- западного обрамления Кузнецкого Алатау возможно:

-выпадением угольной пыли и пыли улета в заболоченных местах и местах сезонного подтопления почв;

- осадением урана из поверхностных и грунтовых вод на восстановительном барьере по периметру заболоченных участков и в отстойниках шахтных вод.

Вывод

Вести регулярные наблюдения на стадии разведки и эксплуатации месторождений особое внимание на участки выклинивания угольных пластов, именно там чаще всего высокозольные угли содержат повышенные концентрации урана.

Составление карт площадей потенциально опасных по образованию урансодержащих пылей.

Библиографический список:

1. Угольная база России. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский, бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай). - М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. - Т. 2.

2. Нифантов Б. Ф. Геохимия и оценка ресурсов редкоземельных и радиоактивных элементов в кузнецких углях. Перспективы переработки / Б. Ф. Нифантов, В. П. Потапов, Н. В. Митина. - Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2003. - 104 с.

3. Юдович Я. Э. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях / Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис. - Екатеринбург: УрО РАН, 2005. - 655 с.

**THE CONDITIONS FOR THE FORMATION OF ELEVATED
CONCENTRATIONS OF URANIUM IN SOILS OF THE SOUTHERN
FRAMING OF THE KUZNETSK ALATAU**

*Tamara Alexandrovna Tsyba, master student; Scientific adviser: Ph.D. of
Geologo-Mineralogical Sciences, associate professor, Gennady Ivanovich
Dyachenko*

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

T.A. Tsyba, email toma.tshiba@icloud.com

G.I. Dyachenko, email dyachenko@corp.nstu.ru

Address for correspondence: *Tamara Alexandrovna Tsyba*, Novosibirsk State
Technical University, Karl Marks Ave., 20, Novosibirsk, 630073, Russia, tel. +7
(950) 587-11-19

Abstract

The article analyzes the conditions for the formation of high concentrations of uranium in the soils of the South-Eastern Kuzbass in order to determine and find places with high concentrations of the substance and to prevent the impact of uranium on humans and the environment.

Polluting sources are enterprises of the coal industry and heat power engineering. Also, soil pollution contributes to the relatively high amount of precipitation and low-wind weather.

The formation of high uranium content occurs mainly in wetlands and areas of seasonal soil flooding.

Keywords: toxicant; uranium-containing dust; soil pollution; radiation exposure; geological environment.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ СЕЛИТЕБНОЙ ЗОНЫ Г. НОВОСИБИРСКА

Красовская Анна Юрьевна, магистрант; Сторожко Ирина Вадимовна, студент; Удальцов Евгений Анатольевич, канд. ветеринар. наук, доцент

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

Красовская А. Ю., e-mail: anya777.96@mail.ru

Сторожко И. В., e-mail: storozhko.irisha@gmail.com

Удальцов Е. А., e-mail: ugodnic@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Удальцов Евгений Анатольевич, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск пр. Карла Маркса, 20, кафедра БТ, +7(952)900-88-74

Аннотация

В данной работе представлены основные результаты исследований почв на содержание тяжелых металлов. Определены влажность, рН и зольность почв, по значениям этих показателей сделаны некоторые предварительные суждения о закономерности миграции и аккумуляции тяжелых металлов в почве. Выявлено превышение предельно-допустимых концентраций следующих элементов: Cu, Pb, As, Ni, Cr, Zn. Максимальное загрязнение зафиксировано на расстоянии 0,4 км от Новосибирского оловянного комбината, с увеличением расстояния загрязнение почв снижается, но прослеживается даже в районе естественной парковой зоны.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почва, аккумуляция, миграция.

Введение

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами является всемирной проблемой, которая активировалась после промышленной революции и усиливается в настоящий момент из-за быстрой урбанизации и развития промышленности [1]. Во всем мире более 20 млн. га земли загрязнены следующими элементами: As, Cd, Cr, Hg, Pb, Co, Cu, Ni, Zn и Se, их содержание превышает фоновые и нормативные уровни [2].

Тяжелые металлы аккумулируются в объектах окружающей среды, что может поставить под угрозу функционирование водных и наземных экосистем. Основным хранилищем этих элементов является почва, сильное загрязнение которых может привести к появлению техногенных пустынь, избыточному поступлению тяжелых металлов в пищевые цепи, к болезням и гибели живых организмов, в том числе человека.

Загрязнение окружающей среды происходит в результате миграции

вредных веществ, генерируемых источниками загрязнения. Самыми мощными поставщиками тяжелых металлов являются металлургические предприятия [3].

В связи с этим, цель нашей работы заключается в оценке содержания тяжелых металлов в почвах селитебной зоны вблизи металлургического предприятия.

В Новосибирске крупным предприятием цветной металлургии является Новосибирский оловянный комбинат, расположенный в Кировском районе. На расстоянии примерно 1 км от него располагаются жилые комплексы, детские площадки. В 500-х метрах находится семейный торговый центр «Мега», а за ним дачные участки. На расстоянии 2-х километров от завода находится парк культуры и отдыха «Бугринская роща». В связи с этим, мы решили оценить воздействие данного предприятия на близлежащую селитебную зону.

Методика экспериментального исследования

В соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84 мы отобрали пробы почвенного грунта на расстоянии 0,45 - 2,3 км в 10 точках, расположенных к северо-востоку от промышленной площадки с учетом юго-западного направления розы ветров.

Все исследования проводились в лабораториях Института химии твердого тела и механохимии СО РАН.

Первоначально, в отобранных образцах по общепринятым методикам определили величину рН, зольности и влажности почвы.

После соответствующей пробоподготовки в соответствии с методикой ПНДФ 16.2.22.371-2011 методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной атомизацией определили содержание следующих элементов: медь, свинец, мышьяк, цинк, хром и никель.

Результаты и обсуждение

По определенным нами показателям (влажность, рН, зольность) можно предварительно сделать выводы об основных закономерностях распределения металлов в почве.

Исследуемые почвы характеризуются нейтральной и слабощелочной реакцией (рН от 6,93-8,47), следовательно, подвижность свинца будет незначительна, а мышьяк и цинк будут более подвижны, чем никель и медь [3].

По величине зольности можно судить о количестве зольных элементов питания (фосфор, калий, кальций) и органики в почве. Средняя зольность исследуемых образцов составляет 78% - это соответствует преимущественно минеральному составу почв, из которых растениями будет потребляться металлов больше, чем из органических почв [4].

Влажность изменяется в пределах от 11 до 23 %, то есть это почвы с непромывным режимом, и накопление металлов в них будет сильнее, чем во влажных почвах [4].

В результате сопоставления нормативов (ПДК для почвы), выявлено превышение по всем исследуемым элементам. Содержание металлов в

зависимости от расстояния до промышленной площадки оловозавода представлено в таблице 1.

Таблица 1

Результаты исследований почв на содержание тяжелых металлов

Расстояние до объекта км	0,46	0,61	0,88	1,15	1,21	1,38	2,09	2,16	2,32	2,34	ПДК, мг/кг
Cu	75,2	83,7	59,3	52,8	42,8	32,3	25,0	34,8	27,3	15,5	3
Ni	48,3	37,6	41,9	39,2	40,6	41,4	35,4	56,3	32,9	29,9	4
Cr	44,2	36,0	26,0	40,1	38,6	41,9	33,5	35,3	45,4	25,6	6
Pb	108,6	192,1	77,5	59,8	48,2	38,8	36,7	29,2	23,4	17,4	6
As	134,7	68,3	149,9	75,5	17,2	24,4	41,1	12,2	4,1	5,8	10
Zn	95,7	459,5	99,8	112	57,4	38,2	41,8	108,3	112,8	24,4	23

Как видно из таблицы, концентрация для многих элементов уменьшается с увеличением расстояния от промышленной площадки завода. Стоит отметить, что загрязнение почв прослеживается даже в районе естественной парковой зоны (на расстоянии 2 и более км от оловокомбината).

Выводы

В ходе работы было определено содержание цинка, свинца, меди, никеля, хрома и мышьяка в почве селитебной зоны вблизи Новосибирского оловокомбината, и выявлен высокий уровень загрязнения почв данными элементами. Сделаны основные закономерности накопления и миграции химических элементов в почве, которые подтверждены полученными результатами.

Авторы выражают особую благодарность Шацкой Светлане Станиславовне, старшему научному сотруднику ИХТТМ СО РАН за оказанную помощь при проведении данного исследования.

Библиографический список:

1. Saeed A., Muhammad F., Aftab A. Integrated phytobial heavy metal remediation strategies for a sustainable clean environment // *Chemosphere*. 2019. – Vol. 217. P. 925-941.
2. Lianwen L., Wei L., Weiping S., Mingxin G. Remediation techniques for heavy metal-contaminated soils: Principles and applicability // *Science of the Total Environment*. 2018. – V. 633. P. 206 – 219.
3. Джувеликян Х. А., Щеглов Д. И., Горбунова Н. С. Загрязнение почв тяжелыми металлами. Способы контроля и нормирования загрязненных почв // Учебно-методическое пособие для вузов. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2009. - 22 с.
4. Иваненко Н. В. Экологическая токсикология: Учебное пособие. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2006. – 108 с.

THE CONTENTS OF HEAVY METALS IN THE SOILS OF THE RESIDENTIAL AREA OF NOVOSIBIRSK

Krasovskaya Anna Yurievna, master's Degree student

Storozhko Irina Vadimovna, student

Udaltsov Evgeny Anatolyevich, Cand. Sc. (Veterinary), associate Professor¹

Novosibirsk state technical university, Russia, 630073,

Novosibirsk, Prospekt Karla Marksa, 20

Krasovskaya A. Yu., e-mail: anya777.96@mail.ru

Storozhko I. V., e-mail: storozhko.irisha@gmail.com

Udaltsov E. A., e-mail: ugodnik@gmail.com

Address for correspondence: Udaltsov E. A., Novosibirsk state technical university,
630073, Russia, Novosibirsk, Prospekt Karla Marksa, 20, +7(952) 900-88-74

Abstract

This paper presents the main results of soil studies on the content of heavy metals. Humidity, pH and ash content of soils were determined, some preliminary regularities of migration and accumulation of heavy metals were made by the values of these indicators. Excess of maximum permissible concentrations of the following elements was revealed: Cu, Pb, As, Ni, Cr, Zn. The maximum pollution was recorded at a distance of 0.4 km from the Novosibirsk tin plant, with increasing distance, soil pollution is reduced, but can be traced even in the natural Park area.

Keywords: heavy metals, soil, accumulation, migration

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА АО «НЗПП С ОКБ»

*Родина Анастасия Александровна, студент; Удальцов Евгений
Анатольевич, канд. ветеринар. наук, доцент*

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

Родина А.А., e-mail: nastenapasa2@mail.ru

Удальцов Е. А., e-mail: ugodnic@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Удальцов Евгений Анатольевич, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск
пр. Карла Маркса, 20, кафедра БТ, +7(952)900-88-74

Аннотация

В данной работе представлен анализ промышленных стоков АО «НЗПП с ОКБ». Рассмотрена эффективность очистки от фтора промышленных стоков на имеющейся станции нейтрализации. Усовершенствована станция очистки и нейтрализации, рассчитан примерный срок окупаемости.

Ключевые слова: загрязнение и очистка сточных вод, станция нейтрализации, очистка от фтора, категория объектов.

Введение

Одним из показателей загрязнения сточных вод является водородный показатель среды. Даже небольшое изменение уровня рН естественной природной среды приводит к серьезным экологическим проблемам. Прямой сброс в канализацию кислотно-щелочных стоков не только экологическая, но и технологическая проблема (снижает срок службы промышленной канализации и вспомогательного оборудования).

По оценке качества воды р. Обь и ее притоки по удельному комбинаторному индексу загрязнения воды (далее - УКИЗВ), имеют индекс от очень загрязненных до экстремально грязных, это видно из таблицы 1 [8].

Несоблюдение санитарных и гигиенических норм сбросных вод вызывает серьезные проблемы с природоохранными организациями.

Сброс сточных вод должен быть организован непосредственно в водный объект, либо в системы водоотведения с минимальными поступлениями загрязняющих веществ, также должна быть предусмотрена ливневая канализация. Для этого необходимо организовывать очистные и нейтрализующие станции [1, 2].

Таблица 1

Оценка качества воды р. Обь и ее притоков по удельному комбинаторному индексу загрязнения воды (УКИЗВ)

Река Обь и ее притоки	2016г	2017г	Степень загрязненности
р. Обь (г. Новосибирск 300 ниже ГЭС)	очень загрязненная	очень загрязненная	очень загрязненная
р. Бердь (г. Искитим, н/г)	грязная	грязная	грязная
р. Нижняя Ельцовка	грязная	грязная	грязная
р. Иня	грязная	грязная	грязная
р. Каменка	экстремально грязная	грязная	экстремально грязная
р. Ельцовка-1	очень грязная	очень грязная	очень грязная
р. Ельцовка-2	грязная	грязная	грязная

Анализ промышленных сточных вод АО «НЗПП с ОКБ»

АО «НЗПП с ОКБ» осуществляет производство полупроводниковых устройств и относится к 3 категории объектов оказывающих негативное воздействие на окружающую среду (далее – НВОС) [7]. Процессы сложные (в среднем 343 операции), в некоторых применяются кислоты и щелочи.

Структура стоков, поступающих на станцию нейтрализации согласно рисунку 1, состоит из воды, кислот и щелочей. Несмотря на то, что кислот и щелочей мало, они представлены крайне агрессивными соединениями, в т.ч. (плавиковая кислота – 17%, имеет 2 класс опасности) (рис 2, 3).

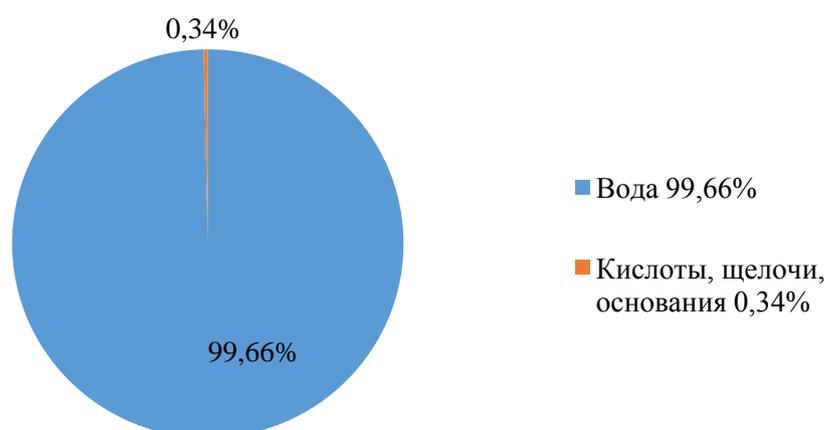


Рис. 1- Структура стоков, поступающих на станцию нейтрализации

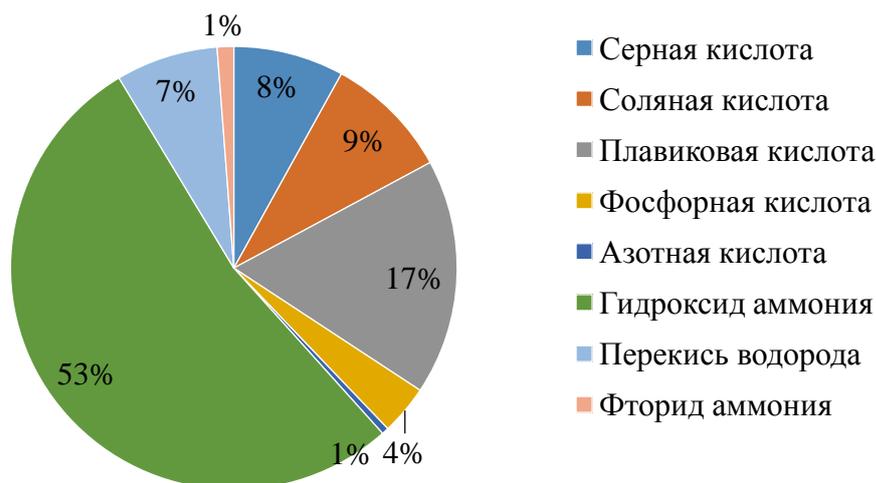


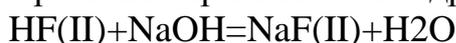
Рис 2 - Структура кислотно-щелочных стоков



Рис. 3 - Структура стоков по классам опасности

Существующая в данный момент автоматизированная станция нейтрализации состоит из 2 емкостей для реагентов объемом 1 м³ каждая, реактора и отстойника, оснащена датчиками рН, расположенными перед реактором.

Действующая сегодня схема химической очистки производственных стоков представляется неоптимальной в силу того, что станция не справляется с залповыми и концентрированными сбросами, а также не очищает от фтора, тяжелых металлов. В качестве реагента применяется гидроксид натрия.



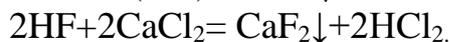
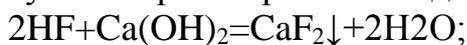
Как мы видим, соединение фтора не осаждается, а имеет водорастворимую форму [7].

Учитывая существующие недостатки системы очистки, нами разработан проект (рис. 4). Фторсодержащие и кислотно - щелочные стоки необходимо разделить.

В линию нейтрализации перед реактором дополнительно установить

усреднитель, также ввести возврат на доочистку.

Для очистки от фтора: установить 3 емкости для реагентов - $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaCl_2 , NaOH . При взаимодействии плавиковой кислоты с хлоридом кальция 2 и гидроксидом кальция 2, образуется нерастворимый осадок [7]:



Самотеком стоки поступают в усреднитель, где перемешиваются сжатым воздухом. В реакторе установлены рН-метр, F-метр, для дозирования и подачи реагентов автоматически, перемешивание производится миксерами с электроприводом. Далее стоки попадают в остойник с фильтр-прессом, откуда осветленный поток самотеком отводится в бак очищенных сточных вод и канализацию.

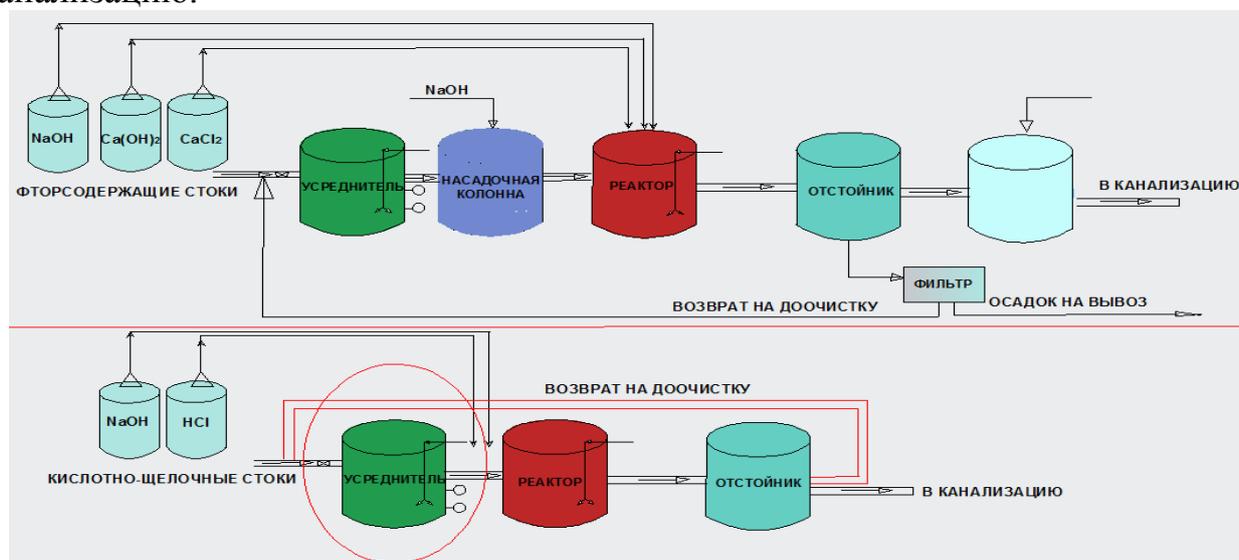


Рис. 4 - Усовершенствованная схема станции нейтрализации промышленных стоков

Результаты и обсуждение

На данный момент соединения плавиковой кислоты собираются и вывозятся на соответствующий объект для дальнейшей утилизации.

Согласно проекту:

- экспертная стоимость разработанной станции 35 - млн.руб.,
 - средняя сумма штрафов в год предприятий 2 и 3 категории – 1,5 млн. руб.
- Строительство данной станции при существующем законодательстве экономически нецелесообразно [1-6].

По вступившему в силу закону, с 01.01.2019г. автоматизированный контроль будет вводиться до 2025 года, только на объектах 1 категории. Объекты 2, 3, 4 категории будут проверяться по ранее установленному порядку - 1 раз в квартал, а при обнаружении нарушений - 1 раз в месяц, методом отбора проб. Автоматизация данных категорий объектов законодательством не предусмотрена [1, 2].

Выводы

Автоматизацию сбросов необходимо вводить не только для 1 категории

объектов НВОС, а для всех, так как отсутствие постоянного мониторинга освобождает пути к несоблюдению законодательства.

А для того чтобы стоки на АО «НЗПП с ОКБ» соответствовали нормативам сбросов по показателям, необходимо предусмотреть следующие мероприятия:

1. Поставить в линию нейтрализации усреднитель и возврат на доочистку;
2. Продолжить организовать сбор фторсодержащих стоков и сдавать их на утилизацию в лицензированную организацию.

Библиографический список:

1. №7-ФЗ от 10.01.2002 (ред. От 29.07.2018г.) «Об охране окружающей среды».
2. №219-ФЗ от 21.07.2014г. О внесении изменений в ФЗ «Об охране окружающей среды».
3. Постановление Правительства РФ от 21.06.2013 № 525 (ред. От 05.01.2015) «Об утверждении Правил осуществления контроля состава и свойств сточных вод».
4. Приказ Министерства ЖКХ и Э НСО от 28.09.2018г. № 204.
5. №416-ФЗ от 07.12.2011г. (ред. От 25.12.2018) «О водоснабжении и водоотведении».
6. Постановление Правительства РФ от 28.09.2015г. № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам 1, 2, 3, 4 категории».
7. Таблица растворимости кислот, оснований и солей.
8. Государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области»

**IMPROVEMENT OF WASTEWATER CLEANING METHODS AT
«NOVOSIBIRSK FACTORY OF SEMICONDUCTOR DEVICES WITH
SPECIAL DESIGN DEPARTMENT» PUBLIC COMPANY**

Rodina Anastasiya Aleksandrovna, student

Udaltsov Evgeny Anatolyevich, Cand. Sc. (Veterinary), associate Professor¹

Novosibirsk state technical university, Russia, 630073,

Novosibirsk, Prospekt Karla Marksa, 20

Rodina. A.A., e-mail: nastenapasa2@mail.ru

Udaltsov E. A., e-mail: ugodnik@gmail.com

Address for correspondence: **Udaltsov E. A.**, Novosibirsk state technical university,
630073, Russia, Novosibirsk, Prospekt Karla Marksa, 20, +7(952) 900-88-74

Abstract

This paper presents an analysis of industrial effluents of "Novosibirsk factory of semiconductor devices with special design department" public company. The efficiency of the purification of fluorine from industrial waste using existing neutralization station is reviewed. Cleaning and neutralization station is improved, the approximate payback period is calculated.

Keywords: pollution and wastewater cleaning, neutralization station, fluorine purification, category of objects.

ЭКОСОЦИАЛЬНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ ОЧАГА ДИФИЛЛОБОТРИОЗА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

*Тоноева Наталья Чагыловна, магистрант; Удальцов Евгений Анатольевич
к.ветеринар..н, доцент,*

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

Тоноева Н.Ч., email tonoeva1395@mail.ru

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

Адрес для корреспонденции: Тоноева Наталья Чагыловна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (923)17-17-565

Аннотация

Оценка загрязнения канализационных сточных вод г. Якутска выявила наличие паразитарного загрязнения. В пробах сточной воды и осадка на всех этапах исследования были обнаружены яйца аскарид и диффиллоботриид.

Коммунально-бытовые стоки, загрязненные пропативными формами биогельминтов являются одним из факторов, обуславливающим неблагоприятное санитарно-паразитологическое состояние р. Лена, формируя устойчиво функционирующий антропогенный очаг диффиллоботриоза в регионе.

Цель исследования – установить влияние паразитологического загрязнения коммунально-бытовых вод на формирование очага диффиллоботриоза в Республике Саха (Якутия) и заболеваемость населения диффиллоботриозами.

Ключевые слова: яйца гельминтов; гельминтозы; диффиллоботриоз; риск заражения; обсеменение объектов окружающей среды; санитарно-паразитологический; мониторинг.

Введение

Диффиллоботриоз человека зарегистрирован в Европе, Азии, Северной Америке и Южной Америке. Южная Америка выявила случаи диффиллоботриоза из Перу, Чили и Аргентины. Южноамериканский диффиллоботриоз является древней болезнью, яйца *D. pacificum* были найдены в копролитах, 4000 - 5000-летних чилийских мумий[4].

Оценивая, эпидемическую ситуацию в РФ установлено, что ежегодно на территории Российской Федерации регистрируется до 10 тысяч случаев диффиллоботриоза[1].

Республика Саха (Якутия) занимает лидирующее место в РФ по заболеваемости населения диффиллоботриозами. Диффиллоботриозы относятся к

паразитарным заболеваниям, для которых характерен водный путь передачи.

Одной из причин, из-за которой происходит распространение паразитарных болезней это несовершенство системы очистки сточных вод и их осадков от возбудителей паразитозов.

Следовательно, значимыми являются результаты наблюдений за очисткой сточных вод, качеством воды поверхностных водных объектов, как одним из основных факторов передачи паразитозов и формирования антропогенного очага дифиллоботриоза.

Материалы и методы

Работа выполнена в химико-бактериологической лаборатории АО «Водоканал» г. Якутска в 2016-2018 гг.

При отборе проб руководствовались ГОСТ 31942-2012 (ISO 19458:2006) «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа», «Методические указания по отбору проб для анализа сточных вод» ПНД Ф 12.15.1–2008.

Исследования проводились согласно МУК 4.2.1884–04 «Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов»; «Исследование сточной воды на яйца гельминтов. Метод Романенко (1996)»; «Исследование осадков сточных вод и донных отложений на яйца гельминтов. Метод Романенко (1996)».

Оценка эпидемической ситуации проведена на основе Государственных докладов «О санитарно-эпидемиологической обстановке» в Российской Федерации и Республике Саха (Якутия) за 2000-2017 гг.

Результаты и обсуждение

В Якутии дифиллоботриоз регистрируют ежегодно. Результаты анализа заболеваемости населения Республики Саха (Якутия) по дифиллоботриозу за 1995-2017 гг. свидетельствуют о превышении общероссийского среднего многолетнего показателя заболеваемости (СМПЗ) в 26,13 раз. Особенно напряжённая ситуация складывается на севере республики в Жиганском районе, где установлено превышение общероссийского СМПЗ в 266 раз [1].

Сброс неочищенных сточных вод в р. Лена играет немаловажную роль в заражении рыб личинками дифиллоботриид.

В среднем течении реки Лена установлено восемь видов рыб, зараженных дифиллоботридами. Наибольшая экстенсивность инвазии (ЭИ) плероцеркоидами *Diphyllobothrium latum* наблюдается у налима и щуки - 100% и 63,1%. ЭИ окуня, тугуна и ерша личинками *D. latum* составляла 47,8%, 11,1% и 7,6% соответственно [2].

Санитарно-паразитологическое качество водоисточников напрямую зависит от правильной эксплуатации очистных сооружений, применяемых методов дезинвазии и их безаварийной работы [3].

В г. Якутске коммунально-бытовые стоки поступают на станцию биологической очистки сточных вод (СБОС), где проходят механическую и биологическую очистку, а также ультрафиолетовое обеззараживание (УФО).

На СБОС систематически проводятся санитарно-химические анализы сточных вод по 30 показателям на входе и выходе из очистных сооружений, а также санитарно-паразитологические исследования стоков и осадков. Наибольшая кратность превышения ПДК на входе в очистные сооружения наблюдается по 5 показателям (табл. 1).

Проводимая на СБОС г. Якутска механическая и биологическая очистка стоков позволяет снизить концентрацию загрязняющих веществ, превышающих ПДК до допустимых пределов по органолептическим, механическим и санитарно-химическим показателям.

Таблица 1

Результаты санитарно-химического анализа сточной воды на АО «Водоканал»
г. Якутска (2013-2018 гг.)

	Ед.изм.	M±m		ПДК Утв.	Кратность прев. ПДК на входе	Кратность прев.ПДК на выходе
		До	Выпуск			
Аммоний-ион (NH ⁺)	мг/ дм ³	46,19±0,560	1,443±0,557	0,5	92,3	2,88
Азот аммон.	мг/ дм ³	35,93±0,437	1,124±0,434	0,472	76,1	2,38
БПК	мгO ₂ /дм ³	282,95±6,64	5,44±0,157	6	47,16	-
Взвешен. вещ-ва	мг/ дм ³	174,01±1,721	6,79±0,158	7,15	24,34	-
Железо общее	мг/ дм ³	5,192±0,189	0,2669±0,018	0,27	19,23	-

Проведенными нами лабораторными исследованиями проб донных осадков и сточных вод г. Якутска, установлено наличие паразитарного загрязнения канализационных сточных вод г. Якутска. Яйца дифиллоботриид выявлены в пробах сточной воды взятой до очистки в 67%, в осадке из песколовки в 39%, а также в осадке после пресс фильтра в 63% случаев. После биологической очистки воды доля положительных проб снизилась до 11%. Неповреждённые яйца возбудителей дифиллоботриоза обнаружены после УФ-обработки в 5 % проб воды.

Напряженная эпидемическая и эпизоотическая ситуация по биогельминтозам в РС (Я) во многом определяется эколого-паразитологическим состоянием среды обитания человека и животных, наличия условий для реализации риска новых заражений.

Заключение

Республика Саха (Якутия) относится к регионам стационарно неблагополучным по заболеваемости дифиллоботриозом человека.

Положительные результаты паразитологических исследований свидетельствуют об эпидемической опасности поверхностных водоисточников в среднем течении р. Лена.

Результаты исследований доказывают, что на эпидемическое

неблагополучие населения дифиллоботриозом в Якутии выраженное влияние оказывает обсемененность коммунально-бытовых стоков и как следствие поверхностных вод пропативными формами возбудителя.

Усугубляет ситуацию по паразитозам отсутствие ливневой канализации в условиях вечной мерзлоты.

Поддержанию высокой заболеваемости дифиллоботриозом способствуют национальные и гастрономические особенности местного населения.

Библиографический список:

1. Государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Саха (Якутия) в 2000-2017 году».

2. Кузьмина Н.В. Воздействие антропогенных факторов на основные виды цестод рыб среднего течения реки Лена. Автореф. Дисс. ...канд. Биол. наук. Якутск, 2017.

3. Романенко Н.А., Падченко И.К., Чебышев Н.В. Санитарная паразитология. М., 2000.

4. Reinhard K, Urban O. Diagnosing ancient diphyllbothriasis from Chinchorro mummies. Mem Inst Oswaldo Cruz. 2003;98(Suppl1):191–3.

**ECOSOCIAL PRECONDITIONS OF
DIPHYLLOBOTHRIASIS CENTER FORMATION IN THE REPUBLIC
OF SAKHA (YAKUTIA) CONDITIONS**

*Natalya Chagylovna Tonoeva, master student; Scientific adviser: Ph.D.,
associate professor, Evgeniy Anatolyevich Udaltsov*

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

N.Ch.Tonoeva, email tonoeva1395@mail.ru

E.A. Udaltsov, email ugodnic@gmail.com

Address for correspondence: **Natalya Chagylovna Tonoeva**, Novosibirsk
State Technical University, Karl Marks Ave., 20, Novosibirsk, 630073, Russia, tel.
(923)17-17-565

Abstract

Sewage pollution evaluation in Yakutsk revealed the presence of parasitic pollution. *Ascaris* and difilobotriide eggs were detected in samples of wastewater and sediment at all stages of the study.

Municipal sewage contaminated by biohelminths propagative forms is one of the factors causing an unfavorable sanitary-parasitological condition of the Lena river, forming a sustainably functioning anthropogenic center of diphyllobotriasis in the region.

The goal of the study is to establish the parasitological contamination effect of municipal waters on the diphyllobotriasis center formation in the Republic of Sakha (Yakutia) and the population incidence by diphyllobotriasis.

Keywords: helminth eggs; helminthiasis; diphyllobotriasis; infection risk; contamination of environmental objects; sanitary and parasitological; monitoring.

ПОДХОДЫ К КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Мухина Юлия Дмитриевна, магистрант; Тихонова Ольга Васильевна,
к.т.н, доцент*

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

Мухина Ю.Д., email pj00@mail.ru

Тихонова О.В., email tihonova.olga654@yandex.ru

*Адрес для корреспонденции: Мухина Юлия Дмитриевна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. (999)462-17-70*

Аннотация

Обоснована базовая роль экологической безопасности как фактора конкурентоспособности предприятия на рынке. Определены принципы формирования действенной системы показателей экологической безопасности предприятия, обеспечивающей комплексную, своевременную и достоверную оценку. Предложены показатели, применение которых позволит получить представление о степени экологичности производства и продукции, экологической эффективности производственно-хозяйственной деятельности предприятия. Применение предложенной системы показателей обеспечивает возможность поддерживать оптимальный уровень экологической безопасности предприятия.

Ключевые слова: экологическая безопасность, система показателей, экологичность производства, экологичность продукции, эко-эффективность, экологическая эффективность менеджмента.

Введение

В XXI веке экологическая проблематика продолжает оставаться одной из важнейших в мировой политике, поскольку вопросы гармонизации взаимодействия искусственной и естественной сред обитания человека приобретают первостепенное значение в условиях углубляющегося многомерного экологического кризиса. Именно поэтому в последнее время появилось понимание того, что в общей концептуальной структуре понятия «безопасность» формируется важная составляющая экологическая безопасность.

Под экологической безопасностью предприятия понимают обеспечение соответствия его природоохранной деятельности нормативным требованиям. В свете повышения уровня экологической ответственности предприятия его

экологическая безопасность для окружающей среды и населения в значительной степени определяет его конкурентоспособность.

Экологическая безопасность напрямую связана с организацией и проведением контроля, который определён Федеральным законом от 10.01.2002г. № 7ФЗ «Об охране окружающей среды» следующим образом: «...контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль) это система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов в области охраны окружающей среды» .

Оценка экологической безопасности предприятия требует комплексного подхода, который предопределяет необходимость по-новому осмыслить принципы построения системы показателей. Основное предназначение любой системы показателей состоит в преобразовании массива информации (нормативной, плановой, финансовой, юридической, учётной) в совокупность формализованных и неформализованных критериев, позволяющих понять суть явления (или процесса) и оценить размер происходящих в нём изменений.

Целью экологического менеджмента является безопасная деятельность предприятия и снижение негативного воздействия на окружающую среду. На первом этапе при оценке экологической безопасности предприятия целесообразно дать общую количественную оценку воздействия предприятия на окружающую среду. Для этого можно использовать следующие показатели.

1. Степень экологичности производства:

$$К_{\text{эк. пр.}} = \frac{Z_{\text{охр.}}}{Z_{\text{общ.}}}, \text{ где}$$

$K_{\text{эк. пр.}}$ - коэффициент экологичности производства;

$Z_{\text{охр.}}$ - природоохранные затраты компании (затраты на охрану атмосферного воздуха, водных ресурсов, земельных угодий);

$Z_{\text{общ}}$ - общие затраты за исследуемый период.

2. Степень экологичности продукции:

$$К_{\text{эк. прод.}} = \frac{P_{\text{серт.}}}{P_{\text{общ.}}}, \text{ где}$$

$K_{\text{эк. прод.}}$ - коэффициент экологичности продукции;

$P_{\text{серт.}}$ - объем продукции, сертифицированной на экологичность и безопасность;

$P_{\text{общ.}}$ - общий объем выпущенной продукции.

Предприятие будет иметь преимущество в конкурентной борьбе за покупателей и клиентов, если производимая продукция будет предпочтительней с экологической точки зрения.

3. Экоэффективность предприятия.

Многими корпорациями на Западе принята концепция устойчивого развития, при котором состояние окружающей среды в конце отчетного периода остаётся, как минимум, таким же, как и в его начале. Всемирным экономическим

форумом по устойчивому развитию был впервые введён термин «экоэффективность». Экоэффективный режим работы снижает воздействие предприятия на окружающую среду, одновременно повышая его рентабельность. Экоэффективность (Кэк.эф.) может быть точно измерена посредством ведения экологического учёта и анализа, т.е. предоставления точной информации по природоохранным расходам, сбережениям и анализа воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду:

$$\text{Кэк.эф.} = \frac{\text{Фин.рез.}}{\text{Экол.рез.}}, \text{ где}$$

Кэк.эф - коэффициент экологической эффективности.

Фин.рез. - финансовый результат, достигнутый в производственной деятельности, т.е. прибыль от продажи (можно брать не финансовый, а производственный результат выручка от продажи продукции);

Экол.рез. - экологический результат, полученный от данного производственного процесса (количество затраченной энергии, выброшенных в атмосферу газов, потреблённой воды и т.д.).

Экоэффективность, являющаяся в равной степени эффективностью экологической и экономической, отражает производительность природных ресурсов. Иными словами, она означает удельное воздействие компании на окружающую среду в расчёте на прибыль или на производимую продукцию. Принцип экоэффективности основан на стремлении к достижению экономической выгоды за счёт снижения воздействия на окружающую среду и сокращения использования природных ресурсов.

Для оценки экологических аспектов деятельности организации необходимо учитывать финансовые и собственно экологические параметры.

Финансовые параметры природо-защитной деятельности можно описать количественными критериями:

1. финансирование природоохранных мероприятий
2. Экологические платежи
3. Затраты, повышающие экологическую эффективность внедряемых производственных и технологических решений.
4. Преимущества, получаемые от экологических улучшений.

Показатели экологической безопасности технологических объектов и оборудования представлены в таблице.

Таблица 1

Показатели экологической безопасности производственной системы

Производственный аспект	Наименование показателей
Сырье, вспомогательные материалы	- состав сырья, включая наличие вредных веществ; - наличие вредных и токсичных материалов и веществ в технологическом процессе; - количество повторно используемых материалов; - количество воды, расходуемое на единицу продукции
Энергоносители	- номенклатура энергоносителей; - расход энергоносителей; - количество расходуемой энергии, приходящееся на единицу продукции
Технологические объекты и оборудование	- число часов работы оборудования в год; - число аварийных ситуаций или негативных ситуаций в год; - земельная площадь, используемая для производства
Снабжение и поставка	- средний расход топлива парком транспортных средств; - число грузовых перевозок транспортными средствами в день; - количество транспортных средств, в парке, оборудованных технологическими для снижения вредных выбросов
Продукция	- безопасность для окружающей среды; - технология утилизации
Производство	- уровень аварийности; - состояние техники безопасности
Газообразные, жидкие выбросы, твердые отходы, излучения	- количество выбросов загрязнителей, потенциально влияющих на изменение климата; - количество выбросов загрязнителей, потенциал влияющих на уменьшение озонового слоя; - степень переработки отходов; - уровень шума; Уровень излучений; - состав и количество твердых отходов; - состав и количество сбросов; - состав и количество выбросов в атмосферу

В каждом конкретном случае выделяются важные для предприятия аспекты, связанные с экологической эффективностью функционирования и управления, что позволяет сформировать перечень индикативных показателей окружающей среды. Номенклатура показателей должна быть технически оправдана и отражать сбалансированный функциональный подход к оценке технологического процесса. Применение сформированной системы показателей экологической безопасности предприятия даст возможность идентифицировать и устранять экологические проблемы в управлении организацией.

Регулярность проведения анализа обеспечит оперативный мониторинг основных аспектов экологической безопасности, что позволит своевременно корректировать экологическую политику предприятия для сохранения окружающей среды.

Библиографический список:

1. ГОСТ Р 56063-2014 «Производственный экологический мониторинг. Требования к программам производственного экологического мониторинга»
2. ГОСТ ИСО 14001-2016 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению»
3. Матвеева Л.В. Методология системного анализа и моделирования экологической эффективности промышленного предприятия – Краснодар: Изд-во Кубанского гос. ун-та, 2010- 318

APPROACHES TO THE COMPLEX EVALUATION OF THE ECOLOGICAL EFFICIENCY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Mukhina Julia Dmitrievna, undergraduate; Scientific advisor: Ph.D., associate professor, Tikhonova Olga Vasilievna

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Moscow, ul. Novosibirsk, pr. Karl Marx, 20

Y.D.Mukhina, e-mail pj00@mail.ru

O.V. Tikhonova, e-mail tikhonova.olga654@yandex.ru

Address for queries: *Mukhina Julia Dmitrievna*, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Moscow, ul. Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (999) 462-17-70

Abstract

The article is devoted to environmental safety, which is a factor of competitiveness of the enterprise in the market economy. Principles of formation of the enterprise's ecological safety indicator system proposed in the article. These principles help to get comprehensive, timely and accurate assessment for research purposes. In the scientific research, the author proposed to use indicators which demonstrate the level of environmentally friendly of production and products, ecoefficiency of activity of the enterprise. The author uses an integrated approach to solving the problem, therefore proposes to form a set of quantitative and qualitative criteria, which are tools for assessing the environmental aspects of the activities of the enterprise. A more detailed assessment of ecological security of the enterprise is carried out on two fronts: the environmental security of functioning production system and the ecoefficiency of management of the enterprise. For monitoring environmental security of the enterprise the author proposes to allocate the basic production factors, which have a negative impact on the environment. Then list of environmental indicators is compiled by each factor.

Keywords: environmental safety; system of indicators; ecological production; ecological products; ecoefficiency; environmental management effectiveness.

Содержание

СЕКЦИЯ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА НАМОТКИ КАТУШЕК СИЛОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Добрынин Вячеслав Юрьевич; Сырецкий Геннадий Александрович 5

РАДИАЦИОННЫЙ НАГРЕВ ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ НА ПАДАЮЩИХ МОЛОТАХ

Литвинов Вячеслав Александрович; Курлаев Николай Васильевич 10

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ АВТОМАТИЗАЦИИ РУЧНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ

Лоскутникова В.В.; Рахимьянов А.Х. 14

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРОЧНЕНИЯ БОЛТОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Раздельщиков Кирилл Сергеевич; Сырецкий Геннадий Александрович 16

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА МИКРОСТРУКТУРУ СФОРМИРОВАННОГО СЛОЯ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ 316SS ПРИ АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Рашковец Мария Владимировна, Никулина Аэлита Александровна 20

ПЛАЗМЕННАЯ ЗАКАЛКА СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Сафонов Евгений Николаевич; Панкова Мария Сергеевна 24

ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫЙ НАГРЕВ ПРОФИЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПОДСЕЧЕК

Урбах Артур Александрович; Рынгач Николай Анатольевич 29

СЕКЦИЯ: БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ГОРЕНИИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Артёменко Юлия Евгеньевна; Илюшов Николай Яковлевич 33

ЗАЩИТНОЕ ЗАЕМЛЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ 110/0,4 кВ

Парахин Анатолий Михайлович; Брагина Ангелина Александровна 38

О ЗАЕМЛЕНИИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Брыксин Андрей Анатольевич; Илюшов Николай Яковлевич 43

ОЦЕНКА ГРОЗОВЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ С РАЗЛИЧНЫМИ ОПОРАМИ

Вершинина Любовь Евгеньевна; Илюшов Николай Яковлевич 49

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОКОРРОЗИИ ПОДЗЕМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Гавриленко Екатерина Николаевна; Асеев Георгий Евгеньевич 53

ПРАКТИКА ОРГАНИЗАЦИИ ВНУТРЕННЕГО АУДИТА ПО ОХРАНЕ ТРУДА НА ОБУВНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Дёмина Валерия Георгиевна; Тихонова Ольга Васильевна 57

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ В ЖИЛОЙ ЗОНЕ

Ермошин Александр Владимирович; Асеев Георгий Евгеньевич 63

<i>К ВОПРОСУ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</i>	
<i>Зыкина Марина Олеговна; Тихонова Ольга Васильевна</i>	<i>67</i>
<i>ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ</i>	
<i>Кисилёва Дарья Владимировна; Дьяченко Геннадий Иванович.....</i>	<i>72</i>
<i>РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ ГОРЮЧИХ И ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ</i>	
<i>Киселёва Людмила Ивановна; Илюшов Николай Яковлевич</i>	<i>77</i>
<i>АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОФЗАБОЛЕВАНИЙ ЗАНЯТЫХ НА ПОЛИГРАФИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ РАБОТНИКОВ</i>	
<i>Колесникова Галина Михайловна; Коробенкова Александра Юрьевна.....</i>	<i>82</i>
<i>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АГЛОМЕРАЦИИ АЛЮМИНИЯ ПРИ ГОРЕНИИ МОДЕЛЬНЫХ СМЕСЕВЫХ ТОПЛИВ</i>	
<i>Корчемкина Полина Геннадьевна; Глотов Олег Григорьевич</i>	<i>87</i>
<i>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВОЗГОРАНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ</i>	
<i>Корыткина Надежда Станиславовна; Илюшов Николай Яковлевич.....</i>	<i>91</i>
<i>СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ СЕЛИТЕБНОЙ ЗОНЫ Г. НОВОСИБИРСКА</i>	
<i>Красовская Анна Юрьевна;Сторожко Ирина Вадимовна;Удальцов Евгений Анатольевич... </i>	<i>97</i>
<i>МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ И СОСУДОВ ПОД ДАВЛЕНИЕМ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</i>	
<i>Нарушев Андрей Олегович.....</i>	<i>101</i>
<i>ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ</i>	
<i>Никифорова Елена Валерьевна; Илюшов Николай Яковлевич</i>	<i>106</i>
<i>ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА НАРУШЕНИЙ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</i>	
<i>Остахов Денис Сергеевич; Тихонова Ольга Васильевна</i>	<i>110</i>
<i>ПРИЗНАНИЕ ПРИГОДНОСТИ К ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИАЦИОННОГО ИСТОЧНИКА, ПУНКТА ХРАНЕНИЯ</i>	
<i>Салин Николай Владиславович;.....</i>	<i>116</i>
<i>ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РЕЗЕРВУАРА ПО КРИТЕРИЮ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА</i>	
<i>Сереброва Ольга Сергеевна; Асеев Георгий Евгеньевич.....</i>	<i>124</i>
<i>ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ</i>	
<i>Слободян Андрей Валерьевич; Поляков Юрий Олегович</i>	<i>127</i>
<i>АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ОБЪЕКТАХ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ</i>	
<i>Таякина Наталья Алексеевна; Поляков Юрий Олегович.....</i>	<i>133</i>
<i>АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ САМОВОЗГОРАНИЯ СЕНА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ХРАНЕНИЯ</i>	
<i>Тыныбаева Анар Кайратовна; Илюшов Николай Яковлевич</i>	<i>137</i>

РАЗРАБОТКА ПЛОЩАДКИ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ БОЕПРИПАСОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ПОДХОДОВ (МЕТОДОВ)	
Шаризанова Н. В.; Копаненко А.С.; Таскаева Д. А.; Милевский К.Е.....	141
СЕКЦИЯ: ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ $\text{CoMoP}/\text{Al}_2\text{O}_3$ КАТАЛИЗАТОРЫ ГИДРООЧИСТКИ С ПОВЫШЕННОЙ ГИДРОДЕАЗОТИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТЬЮ	
Богомолова Татьяна Сергеевна; Ватутина Юлия Витальевна; Надеина Ксения Александровна; Климов Олег Владимирович.	145
ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НИКЕЛЯ НА АКТИВНОСТЬ Ni/CeO_2-КАТАЛИЗАТОРОВ В РЕАКЦИИ ПАРОУГЛЕКИСЛОТНОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА	
Шляхтина Александра Сергеевна; Матус Екатерина Владимировна; Исмагилов Ильяс Зинферович; Сухова Ольга Борисовна; Керженцев Михаил Анатольевич; Исмагилов Зинфер Ришатович	150
РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ТЕСТИРОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ НАНОСУСПЕНЗИЙ С СОДЕРЖАНИЕМ ОКСИДА ЦИНКА	
Щербашина Анастасия Васильевна; Коскин Антон Павлович	154
ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СЕРЫ В ПРОДУКТАХ РЕАКЦИИ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ ГУДРОНА	
Чичкань А.С., Чесноков В.В., Деревянко Р.В., Сальников А.В.....	159
ГИДРОЛИЗ-ГИДРОГЕНОЛИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ЭТИЛЕН И ПРОПИЛЕНГЛИКОЛИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ	
Землянухина Ольга Владимировна; Громов Николай Владимирович	166
ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИДКОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНИТЕЛЯ ФЕНОЛА В ПРИСУТСТВИИ ЖЕЛЕЗОСАДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА СИБУНИТ	
Фролова Анна Сергеевна; Вартик Алина Иульяновна; Громов Николай Владимирович	170
ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЖИДКОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В ПРИСУТСТВИИ ТВЕРДЫХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ	
Шпунт Анна Александровна; Громов Николай Владимирович	174
РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО МЕТОДА СИНТЕЗА 1-МЕТОКСИ-2-ПРОПАНОЛА В ПРИСУТСТВИИ СЛОИСТОГО ТИТАНОСИЛИКАТА АМ-4	
Курченко Юлия Васильевна; Тимофеева Мария Николаевна	178
СИНТЕЗ МОНОМЕТИЛОГО ЭФИРА ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ –ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО РАСТВОРИТЕЛЯ, В ПРИСУТСТВИИ ZIF-8 И ЕГО КОМПЗИТОВ	
Лукоянов Иван Андреевич; Швыдко Алина Витальевна; Тимофеева Мария Николаевна.....	183
СИНТЕЗ ТИТАН-МАГНИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ α-ОЛЕФИНОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПРОДУКТОВ	
Шмакова Дарья Александровна; Панченко Валентина Николаевна.....	187

<i>СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ СЕЛЕКТИВНОГО ГИДРИРОВАНИЯ ДИЕНОВ В СОСТАВЕ БЕНЗИНА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА</i>	
<i>Саломатина Анна Анатольевна; Климов Олег Владимирович; Перейма Василий Юрьевич</i>	
.....	191
<i>СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ NI КАТАЛИЗАТОРОВ НА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЕ В РЕАКЦИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НИТРОБЕНЗОЛА</i>	
<i>Нефедова Дарья Васильевна; Делл'Анна Мария Микела; Ларичкин Владимир Викторович</i>	
.....	194
<i>СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ Co В ОРГАНИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ В УСТОЙЧИВЫХ УСЛОВИЯХ</i>	
<i>Толстихина Дарья Владимировна; Делл'Анна Мария Микела; Ларичкин Владимир Викторович</i>	
.....	198
<i>ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ И ПРИРОДЫ МЕТАЛЛА VIII ГРУППЫ НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ ГИДРИРОВАНИЯ C=O СВЯЗИ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ</i>	
<i>Ярославцева Алина Евгеньевна; Симакова Ирина Леонидовна</i>	
.....	202
<i>ПРОЦЕСС ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНОЛА В ФОРМАЛЬДЕГИД В МИКРОКАНАЛЬНОМ РЕАКТОРЕ ЩЕЛЕВОГО ТИПА</i>	
<i>Игнатов Александр Сергеевич; Корчемкина Полина Геннадьевна; Верниковская Надежда Викторовна; Чумаченко Виктор Анатольевич</i>	
.....	208
<i>ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ТЭЦ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ</i>	
<i>Борисова Анастасия Алексеевна; Кортаева Татьяна Александровна</i>	
.....	213
<i>ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ПРОНИКНОВЕНИЯ НЕФТИ В СЛОИ ЗАЩИТНОГО ЭКРАНА И ПОЧВУ</i>	
<i>Кожевникова Анна Евгеньевна; Соловей Мария Владимировна; Ларичкина Наталья Илларионовна; Ларичкин Владимир Викторович</i>	
.....	219
<i>ЗОЛОКЕРАМЗИТ НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ УНОСА УГОЛЬНЫХ ТЭС</i>	
<i>Кудашкина Наталья Геннадьевна; Гусев Кирилл Петрович; Ларичкин Владимир Викторович</i>	
.....	225
<i>ПОЛУЧЕНИЕ ВЯЖУЩЕГО ИЗ ОГНЕУПОРНОГО ЛОМА</i>	
<i>Лапин Андрей Владимирович; Бердникова Лилия Кадировна; Полубояров Владимир Александрович; Горбунов Фёдор Константинович</i>	
.....	230
<i>ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК В ПРОИЗВОДСТВЕ НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА</i>	
<i>Малахов Денис Алексеевич; Дицель Владимир Артурович; Машкин Николай Алексеевич</i>	
.....	234
<i>ПЕРЛИТОВЫЕ МИКРОСФЕРЫ – ЭФФЕКТИВНЫЙ АПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ПЕНОБЕТОНА</i>	
<i>Русаков Валерий Евгеньевич; Малахов Денис Алексеевич; Машкин Николай Алексеевич</i>	
.....	238
<i>ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ И ОБОГАЩЕНИЯ АНТРАЦИТОВЫХ УГЛЕЙ</i>	
<i>Харченко Антон Михайлович</i>	
.....	243

<i>РТУТЬ В ВОДЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ЯРЛЫАМРЫ-ЧИБИТКА-ЧУЯ (В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ АКТАШСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ, РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ)</i>	
<i>Кастина Дарья Константиновна; Сарыг-оол Багай-оол Юрьевич; Густайтис Мария Алексеевна</i>	<i>247</i>
<i>НЕЦЕЛЕВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ</i>	
<i>Ржеутская Дарья Алексеевна; Ларичкина Наталья Илларионовна</i>	<i>253</i>
<i>ПОЖАРЫ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДАХ В РОССИИ. РАСЧЕТ ПЛАТЫ ЗА АВАРИЙНЫЙ ВЫБРОС ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ</i>	
<i>Тупикина Вера Антоновна; Александров Виктор Юрьевич</i>	<i>257</i>
<i>ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ИНТЕНСИВНОЙ ОКРАСКОЙ</i>	
<i>Сучкова Анжелика Викторовна; Александров Виктор Юрьевич</i>	<i>263</i>
<i>ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ МЕСТ СБОРА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ г. НОВОСИБИРСКА</i>	
<i>Хлынова Анастасия Владимировна; Александров Виктор Юрьевич</i>	<i>268</i>
<i>ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ НОВОГО ВИДА ГОРОДСКОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА – ЭЛЕКТРОБУС</i>	
<i>Гелеверя Анастасия Константиновна; Дьяченко Геннадий Иванович</i>	<i>274</i>
<i>ЭКОЛОГИЯ СОИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ ЕЕ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ</i>	
<i>Ким Виктория Владиславовна; Дьяченко Геннадий Иванович</i>	<i>278</i>
<i>УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЫШЕННЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ УРАНА В ПОЧВАХ ЮЖНОГО ОБРАМЛЕНИЯ КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ</i>	
<i>Цыба Тамара Александровна; Дьяченко Геннадий Иванович</i>	<i>282</i>
<i>УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЫШЕННЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ УРАНА В ПОЧВАХ ЮЖНОГО ОБРАМЛЕНИЯ КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ</i>	
<i>Красовская Анна Юрьевна; Сторожко Ирина Вадимовна; Удальцов Евгений Анатольевич</i>	<i>286</i>
<i>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА АО «НЗПП С ОКБ»</i>	
<i>Родина Анастасия Александровна; Удальцов Евгений Анатольевич</i>	<i>290</i>
<i>ЭКОСОЦИАЛЬНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ ОЧАГА ДИФИЛЛОБОТРИОЗА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)</i>	
<i>Тоноева Наталья Чагыловна; Удальцов Евгений Анатольевич</i>	<i>296</i>
<i>ПОДХОДЫ К КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ</i>	
<i>Мухина Юлия Дмитриевна; Тихонова Ольга Васильевна</i>	<i>301</i>

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Наука Промышленность Оборона

Труды XX ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

г. Новосибирск, 17-19 апреля 2019 г.

Том 3

Под редакцией *С.Д. Саленко*

Компьютерная верстка *Зубашевский К. М.*

Подписано в печать 26.06.2019 г. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная
Тираж 25 экз. Уч.-изд.л. 18,14. Печ.л. 19,5. Заказ № 1031

Отпечатано в типографии
Новосибирского Государственного Технического Университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20
Тел: (383)-346-31-87