

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

НАУКА ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ОБОРОНА

**ТРУДЫ
XVIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

г. Новосибирск, 19-21 апреля 2017 г.

Том III

СЕКЦИИ:

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

Новосибирск
2017

УДК 62+623](063)
ББК 72я431
Н 34

Н 34 **Наука Промышленность Оборона:** труды XVIII Всероссийской научно-технической конференции: в 4 т. / коллектив авторов; под редакцией С.Д. Саленко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017.

ISBN 978-5-7782-3217-4
Том 3: - 335 с.
ISBN 978-5-7782-3220-4

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 XVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов «Наука Промышленность Оборона – 2017». Материалы представлены по следующим секциям:

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

УДК 62+623](063)

ISBN 978-5-7782-3220-4 (Том 3)
ISBN 978-5-7782-3217-4

© Коллектив авторов, 2017
© Новосибирский государственный
технический университет, 2017

СОСТАВ ОРГКОМИТЕТА

Председатель оргкомитета:

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

Сопредседатели:

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

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

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

Пегашкин В.Ф., д.т.н., профессор, директор Нижнетагильского технологического института (филиала) Уральского федерального университета имени первого президента России Б.Н. Ельцина, член-корреспондент АВН;

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

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

Смирнов С.А., заместитель Генерального директора ОАО "Компания "Сухой", директор НАЗ им. В.П. Чкалова;

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

Разгонов В.Л., полковник, начальник ВУНЦ СВ «Общевойсковой академии Вооруженных сил Российской Федерации» (филиал г. Новосибирск);

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

Члены Оргкомитета:

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

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

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

Киселёв А.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой 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 «Инженерные проблемы экологии» (ИПЭ) НГТУ, академик МАНЭБ;

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

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

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

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

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

Обуховский А.Д., к.т.н., доцент, заместитель заведующего кафедрой АГД;

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;

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

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

Редакционная коллегия сборника трудов научно-технической конференции «НПО-2017»

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

Карпович А.И., д.э.н., профессор

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

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

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 621.791.13

ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИЦИЙ Nb- ИНТЕРМЕТАЛЛИД-Al С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА СВАРКИ ВЗРЫВОМ И ПОСЛЕДУЮЩИМ ОТЖИГОМ

*Аликина Мария Сергеевна, студент; Фомина Дарья Евгеньевна, студент;
Бубликова Христина Михайловна, студент; Поздняков Станислав
Владимирович, студент*

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

Аликина М.С., e-mail am.unimail@mail.ru

Фомина Д.Е., e-mail gaga.95@mail.ru

Бубликова Х.М., e-mail khris95@mail.ru

Поздняков С.В., e-mail s.t.a.s.13.3@mail.ru

Аннотация

В работе представлены результаты исследований микроструктуры и механических свойств многослойных композиций, состоящих из фольги ниобия и алюминия, полученных методом сварки взрывом. Так как время сварки взрывом измеряется в микросекундах, гомогенизация структуры в зоне перемешивания не успевает завершиться, вследствие чего требуется дополнительная термическая обработка, необходимая для активизации диффузионных процессов и роста интерметаллидного слоя на границе между материалами. Таким образом, производился дополнительный отжиг полученных сваркой взрывом образцов в интервале температур 620-850 °С. Установлено, что существенный рост прослоек интерметаллида начинается от 750 °С и выше. Результаты измерений микротвердости показали, что образовавшиеся слои имеют твердость пределах 400-530 НВ, что в несколько раз превышает твердость исходных материалов.

Ключевые слова

ниобий, алюминий, сварка взрывом, интерметаллид, отжиг

1. Введение

В настоящее время слоистые металлические материалы, содержащие интерметаллидные прослойки, представляют большой интерес. В результате формирования таких композитов возможно получение материалов с уникальными свойствами, которыми не может обладать каждый составной элемент композита в отдельности [1]. Система Nb-Al, анализируемая в работе, является перспективной, благодаря возможности получения сверхпроводящего

интерметаллидного соединения $AlNb_3$ при подборе определенной термической обработки, следующей после сварки взрывом. Также, это соединение является основным упрочняющим элементом в формируемых композитах. Все интерметаллиды системы Nb-Al наряду с высокой температурой плавления обладают низкой плотностью, а также высокой жаропрочностью и износостойкостью, что позволяет применять композиты на их основе в авиационной и автомобильной промышленности [2-6]. Кроме того, применение слоистых композиций позволяет снизить стоимость готового изделия путем соединения дорогостоящего компонента с более дешевым [1].

Характерные особенности сварки взрывом позволяют решить проблему расслаивания металлических многослойных композиций, вызванную недостаточной прочностью контактов соединяемых заготовок. Кроме того, высокая скорость воспроизведения сварки и её минимальная продолжительность позволяют сваривать разнородные материалы с образованием интерметаллидных прослоек, имеющих ультрамелко- или наноразмерную структуру [7].

Таким образом, целью работы являлось формирование сваркой взрывом и последующим отжигом многослойных композитов на основе ниобия и алюминия, содержащих интерметаллидные прослойки, а также изучение микроструктуры и механических свойств полученных образцов.

2. Материалы и методы исследования

В работе исследовали слоистые композиционные материалы, полученные методом сварки взрывом, состоящие из чередующихся фольг ниобия марки Нб-1 и алюминия марки А5, толщина каждой из которых составляла 0,2 мм. С целью повышения прочности композита, нижний и верхний слои были образованы титановыми сплавами ВТ14 и ОТ4 толщиной 0,6 и 0,3 мм, соответственно. Расстояние между пластинами при формировании многослойных композитов составило 1 мм. Взрывчатым веществом являлся аммонит марки БЖВ, толщина которого составляла 15 мм (рис. 1). Скорость детонации – 2,6 км/с.

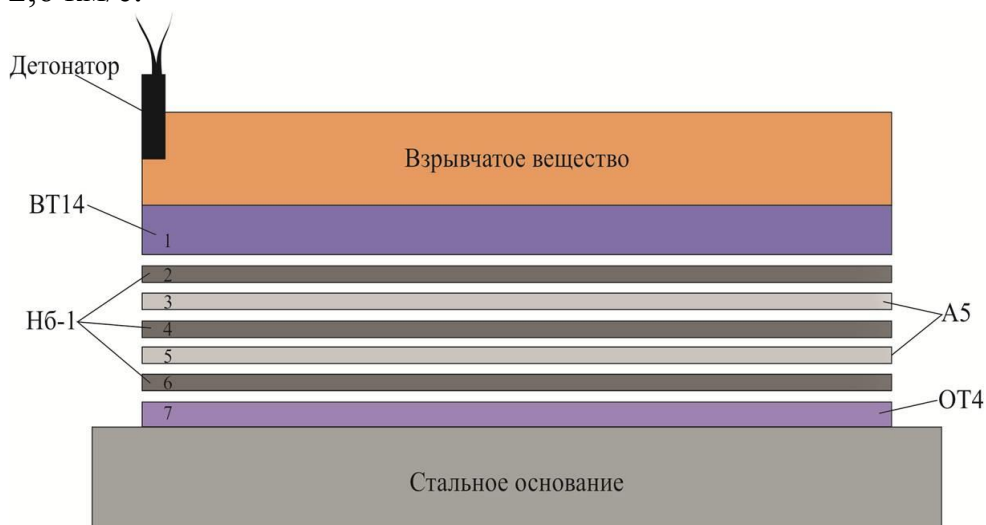


Рис. 1. Схема сварки взрывом многослойного композита Nb и Al

Полученные сваркой взрывом композиты подвергали дополнительному отжигу в интервале температур 620-850 °С в течение 1 часа, с целью активизации и роста интерметаллидного слоя на границе между ниобием и алюминием. Отжиг проводили в лабораторной печи SNOL 7,2/1100. Для предотвращения окисления образцов, их обмазывали гипсом.

Изучение микроструктуры полученных многослойных композитов проводилось на вырезанных в продольном, относительно распространения фронта волны, направлении образцах, из которых далее были изготовлены микрошлифы. Исследование осуществлялось на оптическом микроскопе Axiovert 40 MAT фирмы Carl Zeiss в режиме светлого поля в диапазоне увеличений от 100 до 1000 крат.

Для исследования механических свойств полученных композитов проводилось измерение микротвердости по Виккерсу на приборе Wolpert Group 402 MVD. Для этого использовали образцы непосредственно после сварки взрывом, а также после дополнительного отжига. Нагрузка на индентор составляла 0,1 Н. Уколы производились на расстоянии 70 мкм, как в слоях исходных материалов, так и в микрообъемах сварных швов. Для расчета среднего значения микротвердости в каждой из указанных областей были выполнены три дорожки измерений во всех образцах по 30-35 уколов. По результатам измерений микротвердости были построены зависимости микротвердости от расстояния (исследуемой области).

3. Результаты и обсуждение

На рисунке 2 представлена микроструктура композита Nb-Al, полученного сваркой взрывом. Результаты микроструктурных исследований показали, что границы, формируемые между различными слоями композиции, имеют преимущественно волновое строение. Видимых дефектов, таких как трещины, поры, непровары и т.д. обнаружены не были.

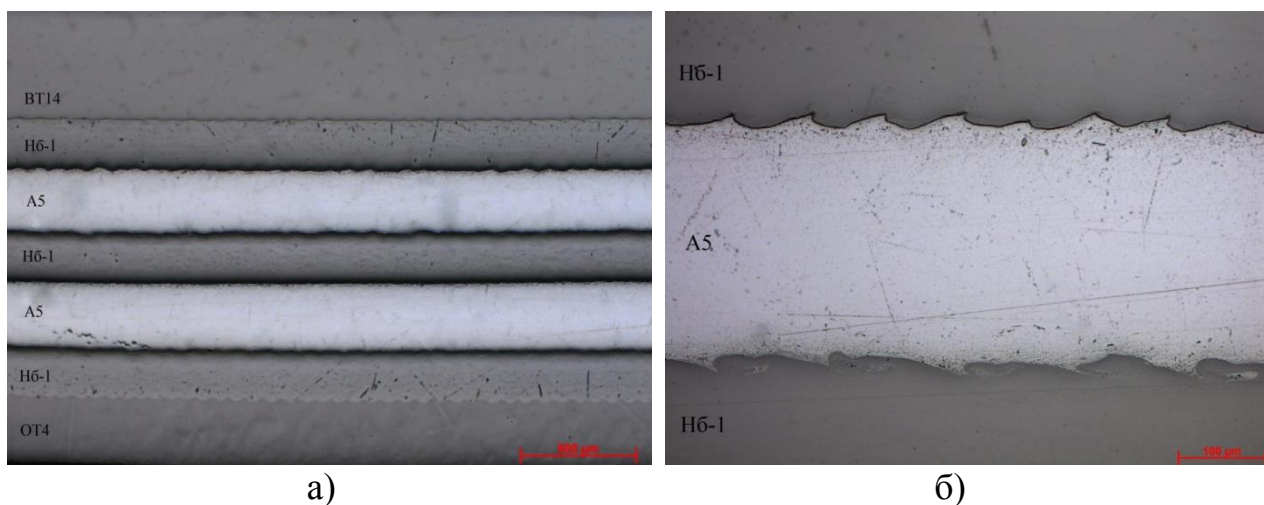


Рис. 2. Многослойный композит, полученный сваркой взрывом:
а – общий вид, б – зона сварного шва H6-1/A5/H6-1

Результаты исследований микроструктуры отожженных после сварки взрывом образцов показали, что в результате отжига при температурах ниже 750 °С видимых изменений микроструктуры и значительного роста интерметаллидных слоев не происходит. Однако при температурах 750 °С и выше отмечен их существенный рост – на границе Nb-Al появляется сплошная прослойка интерметаллида, кроме того, происходит заполнение вихревых зон, как видно из рисунка 3. При температуре 800 °С интерметаллидный слой начинает расти вглубь алюминия на толщину 10-20 мкм. С дальнейшим повышением температуры отжига до 850 °С идут активные диффузионные процессы, в результате которых интерметаллидный слой вырос на 30-50 мкм. В некоторых участках можно наблюдать рост интерметаллида в центральной части Al фольги, при этом сплошного заполнения не происходит.

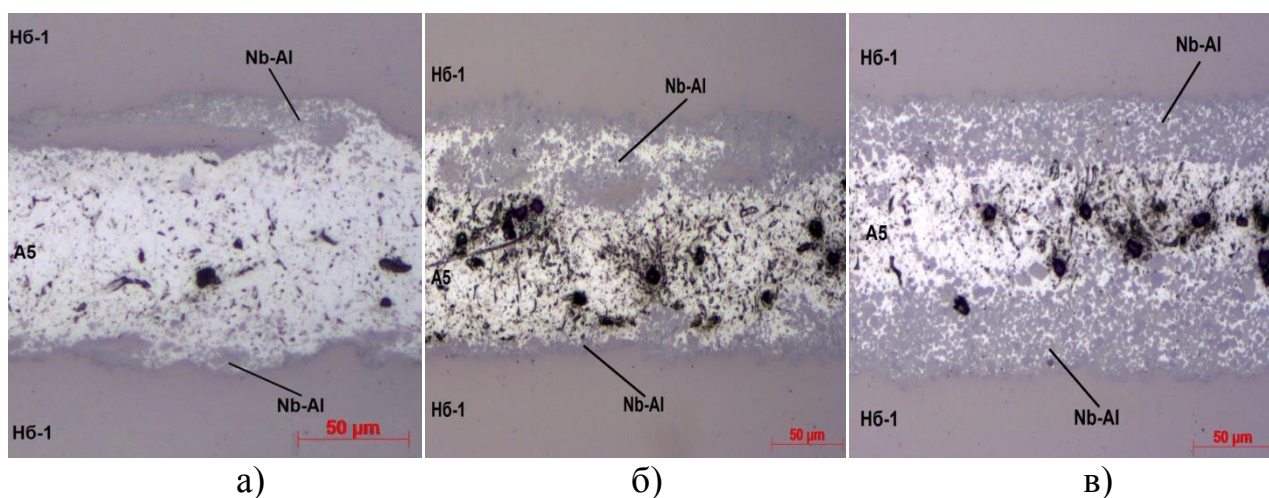


Рис. 3. Микроструктура отожженных образцов при:
а – 750, б – 800, в – 850 °С

По результатам измерений микротвердости были построены зависимости микротвердости от расстояния (рисунок 4 а). Результаты измерений показали, что образовавшиеся слои имеют твердость, в несколько раз превышающую твердость исходных материалов и находится в пределах 400-530 НВ.

При измерении микротвердости в интерметаллидном слое было отмечено растрескивание вокруг укола (рисунок 4 б). Это объясняется высокой твердостью образовавшегося слоя, а также его низкой пластичностью. С другой стороны, теоретическая твердость интерметаллидов на основе ниобия и алюминия составляет 580-910 НВ в зависимости от состава сплава [8], что существенно выше полученных в работе значений. Это объясняется тем, что анализируемый слой состоял как из интерметаллидных частиц, так и из алюминия, твердость которого очень мала. Таким образом, можно предположить, что полученный сваркой взрывом и последующим отжигом композит наряду с высокой твердостью будет обладать достаточной пластичностью.

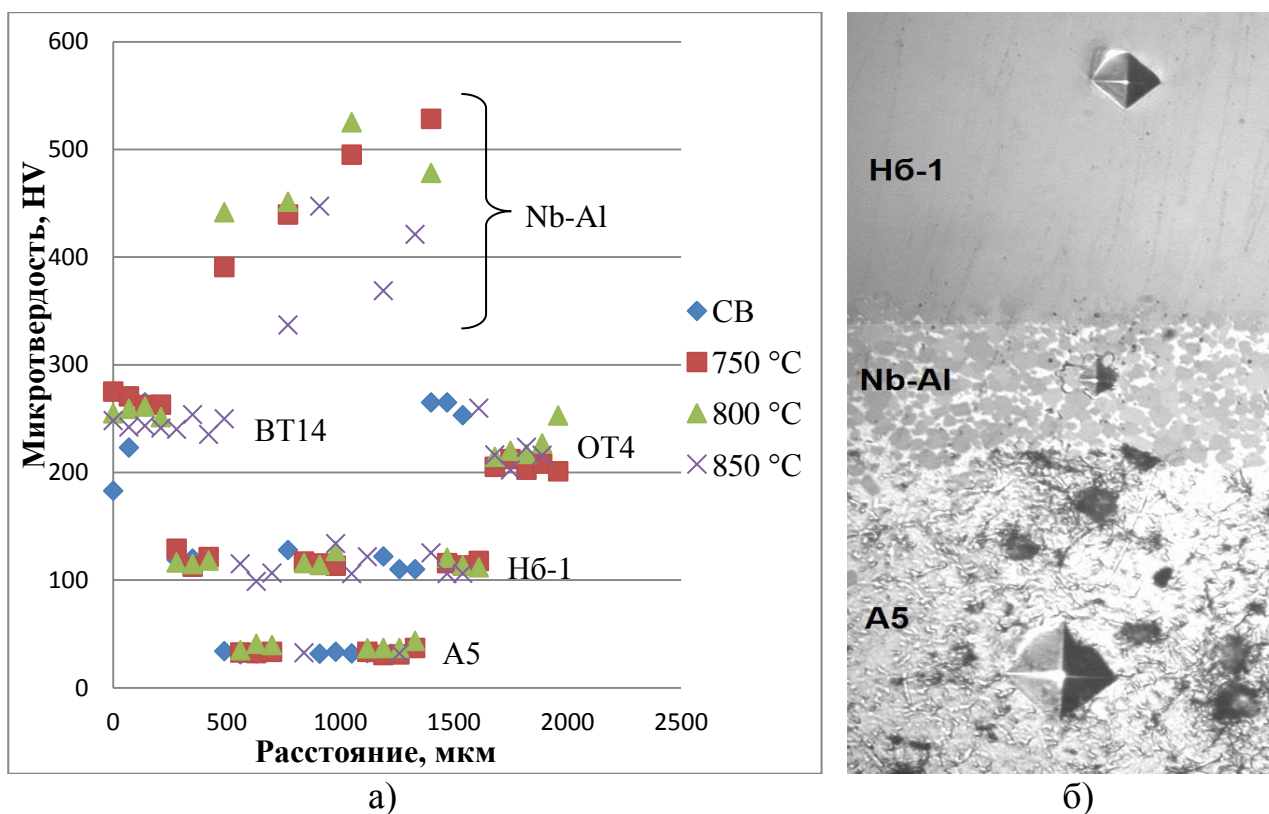


Рис. 4. Результаты измерений микротвердости:
 а – зависимость микротвердости от исследуемой области, б – растрескивание вокруг укола в интерметаллидном слое. СВ – образцы после сварки взрывом

4. Выводы

1. Методом сварки взрывом были получены многослойные композиции из ниобиевых и алюминиевых фольг, сварные соединения которых на границе имеют бездефектное волнообразное строение;
2. Зарождение и рост интерметаллидного слоя на границе «ниобий-алюминий» происходит при дополнительном отжиге при температуре выше 750 °С;
3. Твердость прослойки, образовавшейся после отжигов и состоящей из алюминиевой матрицы и интерметаллидных частиц, составила 400-530 HV.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуляев А.П., *Металловедение: учебник для вузов. 5-е изд., перераб. и доп.* - М.: "Металлургия", 1977. – 647 с.
2. Прохоров Д.В. *Структура и механические свойства жаропрочных композиционных материалов на основе системы Nb-Al [Текст]: дис. ... канд. тех. наук: 05.16.01: защищена 12.10.16 / Прохоров Дмитрий Владимирович.* – Черноголовка: ИФТТ РАН, 2016 – 190 с.

3. *C.T. Rios, P.L. Ferrandini, S. Milenkovic, R. Caram.* Growth and micro structure evolution of the Nb₂Al-Al₃Nb eutectic in situ composite, *Materials Characterization*, 2005, v. 54, p. 187-193.
4. *C.T. Rios, S. Milenkovic, P.L. Ferrandini, R. Caram.* Directional solidification, microstructure and properties of the Al₃Nb –Nb₂Al eutectic, *Journal of Crystal Growth*, 2005, v. 275, p. 153-158.
5. *C.T. Rios, P.L. Ferrandini, R. Caram.* Fracture toughness of the eutectic alloy Al₃Nb -Nb₂Al, *Materials Letters*, 2003, v. 57, p. 3949-3953.
6. *T. Kumagai, S. Hanada.* Microstructure of Nb₂Al-NbAl₃ eutectic alloys produced by unidirectional solidification, *Materials Science and Engineering A*, 1992, v. 152 (1-2), p. 349-355.
7. *Захаренко И.Д.,* Сварка металлов взрывом: учебник для вузов. - Мн.: "Наука и техника", 1990. – 205 с.
8. *D.-S. Chung, M.Enoki, T. Kishi.* Microstructural analysis and mechanical properties of in situ Nb/Nb-aluminide layered materials, *Science and Technology of Advanced Materials*, 2002, v.3, p. 129-135.

FABRICATION OF Nb-INTERMETALLIC COMPOUND-AL MULTILAYERED COMPOSITIONS BY EXPLOSIVE WELDING TECHNOLOGY AND NEXT ANNEALING

Alikina Mariya Sergeevna, student, e-mail: am.unimail@mail.ru

Fomina Dar'ya Evgen'evna, student, e-mail: gaga.95@mail.ru

Bublikova Hristina Mihailovna, student, e-mail: khris95@mail.ru

Pozdnyakov Stanislav Vladimirovich, student, e-mail: s.t.a.s.13.3@mail.ru
Novosibirsk State Technical University, 20 Prospect K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russian Federation

Abstract

Current research presents the results of microstructural studies and mechanical properties of multilayered materials consisting of niobium and aluminum foils. Compositions were produced by explosive welding. Because of high-speed of explosive welding technology the homogenization has no time to be completed, which results in the additional heat treatment for activation of diffusion processes and growth of intermetallic layer at the interface between materials. Thus, in research post annealing of explosively welded compositions was carried out in the temperature range of 620-850 °C. It was found that intensive growth of intermetallic layers begins with 750 °C and higher. Results of microhardness measurements have shown that hardness of formed intermetallic layers was 450-530 HV. These values were in several times greater than that of initial materials.

Keywords

niobium, aluminum, explosive welding, intermetallic layer, annealing

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТЫХ СЛОЕВ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКОЙ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА НА СТАЛЬ

*Бардин Алексей Игоревич, студент,
Лосинская Анна Андреевна, канд. техн. наук, доцент,
Ложкина Елена Алексеевна, канд. техн. наук, доцент,
НГТУ, 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20
alexxeixxx13@yandex.ru
anna.losinskaya@mail.ru
helens_case@ngs.ru*

Аннотация

Актуальной проблемой материаловедения является повышение эксплуатационных свойств сталей. В работе исследованы механические свойства высокоуглеродистых слоев, полученных наплавкой углеродного волокна на сталь лучом электронов, введенном в воздушную атмосферу. Глубина упрочнённых слоёв изменяется от 1,5 до 3 мм. Износостойкость полученных покрытий превосходит свойства стали 20 после цементации и закалки с низким отпускком. Так же приведены результаты исследования микроструктуры полученных слоев. Микротвёрдость поверхностных слоёв превосходит 5000 МПа. Ударная вязкость образцов превышает 50 Дж/см².

Ключевые слова

сталь, цементация, электронный луч, износостойкость, ударная вязкость

1. Введение

Во время работы из-за циклических нагрузок и износа в поверхностных слоях деталей машин возникают высокие напряжения. Одним из решений данной проблемы является химико-термическая обработка, например, цементация. Это экономически выгодный технологический процесс на производстве, но она обладает рядом недостатков, среди которых высокая длительность процесса и большая энергоёмкость [1]. Взамен ей приходят современные методы по формированию упрочнённых слоев с использованием лазерного, ионного, электронного и плазменного излучения [2-8]. Каждый из видов излучения имеет свои недостатки и преимущества. Особенно если речь идёт о наплавке. На данный момент в мире физика процессов высокоэнергетических обработок хорошо изучена [9]. Технология вневакуумной электроннолучевой обработки представляет большой интерес в вопросе создания высокопрочных покрытий, из-за высокого КПД электронного луча [10].

Исследования поверхностного упрочнения низкоуглеродистых сталей методом вневакуумной электронно-лучевой обработки углеродосодержащих порошковых материалов показали, что эффективность такого метода высока

[11, 12]. Применение углеродных волокон для наплавки рассмотрено в работах [13-15], однако изучению механических свойств материалов, сформированных описанным выше способом, уделялось недостаточное внимание. Данная работа посвящена ускоренной цементации стальных заготовок по методу электронно-лучевого оплавления углеродных волокон на промышленном ускорителе электронов ЭЛВ-6 производства ИЯФ СО РАН и исследованию механических свойств полученных материалов.

2. Методика

В данной работе вневакуумной электронно-лучевой обработкой углеродного волокна GG 210-P получали высокоуглеродистые слои на стали 20 с использованием промышленного ускорителя электронов ЭЛВ-6. Сущность процесса вневакуумного электронно-лучевого воздействия состоит в том, что кинетическая энергия, сформированного в вакууме электронного пучка, выводится в воздушную атмосферу и превращается в тепловую в зоне обработки. Возможность вывести электронный пучок в воздушную атмосферу является преимущественным для данного типа обработки, так как не требуется дополнительного вакуумного оборудования. Высокая энергия луча имеет КПД до 75 %, что является максимальным для существующих сейчас методов [16].

Для равномерного распределения углерода применяли особо чистый порошок железа, как смачивающую компоненту. Так же использовали флюс и клей. Клей использовался для предотвращения сдувания наплавляемых материалов с поверхности обрабатываемого материала. Смесь связующего вещества с порошками железа и флюса наносилась двумя способами. Первый способ заключался в нанесении смеси поверх двух слоев волокна, второй способ был дополнен нанесением смеси между слоями волокна. Состав наплавляемого материала: 13 % (масс.) углерода, 37 % (масс.) железа и 50 % (масс.) флюса, 100 % (масс.) связующего вещества. Перед нанесением наплавляемого материала поверхность очищалась и обезжиривалась. После нанесения заготовки сушились в печи при 40 °С до полного высыхания связующего вещества.

Поверхность заготовки в процессе электронно-лучевой обработки находилась на расстоянии 90 мм от выпускного отверстия. Энергия пучка электронов составляла 1,4 МэВ, ток пучка – 8 и 10 мА. Обработка проходила в дорожечном режиме, со скоростью 10 и 25 мм/с.

Металлографические исследования образцов были выполнены на оптическом микроскопе *AxioObserverAlm* при увеличениях в диапазоне от x25 до x1000. Микротвердость исследуемых покрытий оценивали с применением полуавтоматического микротвердомера *WolpertGroup 402MVD* в соответствии с ГОСТ 9450-76. Испытания на ударную вязкость материалов с наплавленными покрытиями проводили на маятниковом копре *Metrocom*. Максимальная энергия маятника составляет 300 Дж.

3. Результаты и обсуждения.

Результатами наплавки являются слои толщиной до 3,3 мм с содержанием углерода на поверхности до 2,2 %. Металлографическое

исследование обнаруживает следующее строение обработанных образцов: верхний высокоуглеродистый слой, зона термического влияния, зона основного неизмененного металла, что можно увидеть на рисунках. 1 и 2. В структуре верхнего слоя наблюдается перлит, вторичный цементит и ледебурит. Фаза вторичного цементита имеет видманштеттову морфологию. Зона термического влияния состоит из перлита и феррита видманштеттова типа. Макроскопические дефекты в обработанных образцах не обнаружены.

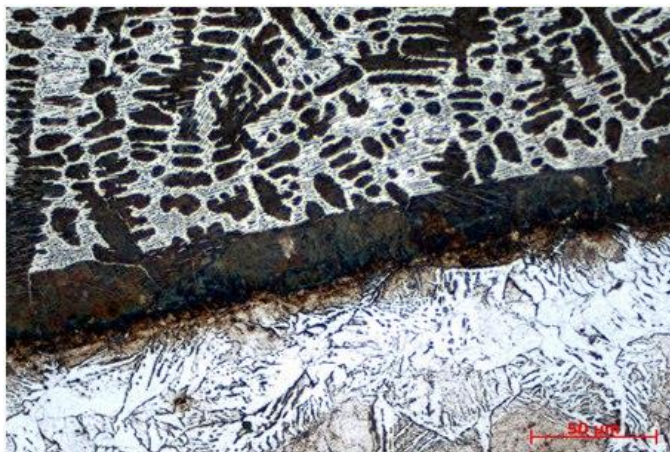


Рис. 1. Структура наплавки с переходной зоной

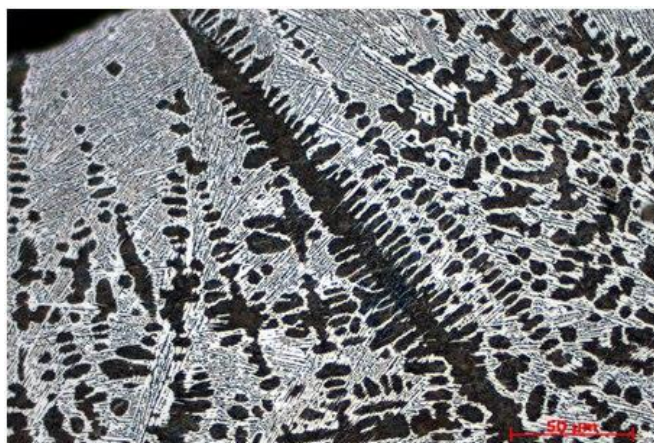


Рис. 2. Структура упрочнённого слоя

Твердость наплавленных поверхностных слоев достигает 6000 МПа. Триботехнические испытания показали, что при воздействии закрепленных частиц абразива износостойкость наплавленных слоев соответствует свойствам стали 20 после цементации с закалкой с низким отпуском, что видно из рисунка 3.

Максимальной ударной вязкостью обладают образцы из стали 20 с феррито-перлитной структурой 125 Дж/см². Наличие высокоуглеродистых слоев приводит к снижению ударной вязкости образцов. Объясняется это повышенной хрупкостью поверхностно упрочненных слоев и высоким качеством их соединения с основным металлом. После электронно-лучевой наплавки ударная вязкость стали 20 с

высокоуглеродистыми слоями в 2,5 раза ниже по сравнению с исходным неупрочненным состоянием.

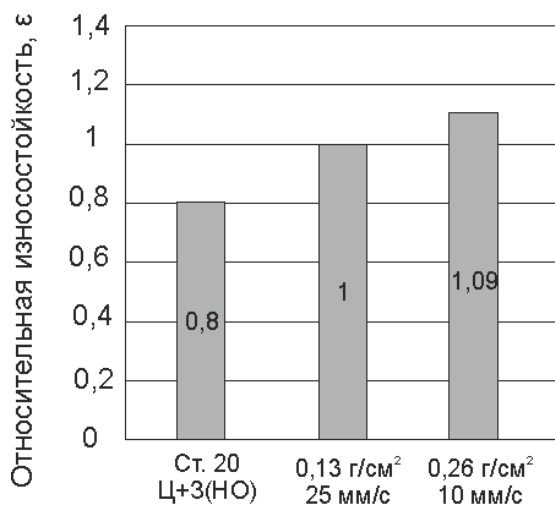


Рис. 3. Результаты испытания на износостойкость

4. Выводы

Эффективность данного метода в разы выше, нежели у цементации. Минусам данной технологии являются приличные габариты оборудования, а так же высокая на данный момент времени его стоимость и обслуживание. Данная технология может использоваться в многосерийном производстве.

Механические свойства материала оказались лучше, чем ожидалось. Ударная вязкость полученных пластин имеет значения, которые прилагаются ко многим деталям машин, работающим в условиях ударного воздействия, а в связке с высокой прочностью образуют прогрессивный материал в машиностроении.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-33-00141 мол_a

Список литературы

1. Лахтин Ю.М. Химико-термическая обработка металлов : учеб. пособие для вузов [Текст] / Ю.М. Лахтин, Б.Н. Арзамасов. – Москва : Металлургия, 1985. – 256 с.
2. Coated Metal. Structure and Properties of Metal-Coating Compositions [Text] / L.I. Tushinsky, I.M. Kovensky, A.V. Plokhov, V.I. Sindeyev, P.V. Reshedko. – Berlin ; Heidelberg ; New-York : Springer, 2002. – 457 p.
3. Microstructure and wear property of carbon nanotube carburizing carbon steel by laser surface remelting [Text] / J. Yao, Q. Zhang, M. Gao, W. Zhang // Applied Surface Science. – 2008. – Vol. 254. – P. 7092–7097.
4. Abboud J.H. Laser surface treatments of iron-based substrates for automotive application [Text] / J.H. Abboud, K.Y. Benyounis, A.G. Olabi, M.S.J. Hashmi // Journal of Materials Processing Technology. – 2007. – Vol. 182. – P. 427–431.

5. Клебанов Ю.Д. Физические основы применения концентрированных потоков энергии в технологиях обработки материалов [Текст]: учебник / Ю.Д. Клебанов, С.Н. Григорьев. – Москва : Изд-во МГТУ Станкин, 2005. – 220 с.

6. Mechanisms of hardening, wear and corrosion improvement of 316 L stainless steel by low energy high current pulsed electron beam surface treatment [Text] / J.X. Zou, K.M. Zhang, S.Z. Hao, C. Dong, T. Grosdidier // Thin Solid Films. – 2010. – Vol. 519. – P. 1404–1415.

7. Formation of high-carbon abrasion-resistant surface layers when high-energy heating by high-frequency currents / N.V. Plotnikova, V.Y. Skeebe, N.V. Martyushev, R.A. Miller, N.S. Rubtsova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2016. - Vol. 156.

8. Structure and tribological properties of steel after non-vacuum electron beam cladding of Ti, Mo and graphite powders / I. Bataev, D. Mul, A. Bataev, O. Lenivtseva, M. Golkovski, Y. Lizunkova, R. Dostavalov // Materials Characterization. –2016. – Vol. 112. P. 60-67.

9. Рахимьянов Х.М. Высокоэнергетические процессы обработки материалов / Х.М. Рахимьянов, О.П. Солоненко, А.П. Алхимов, В.В. Марусин и др. - Новосибирск, 2000. - 425 с.

10. Голковский М.Г. Физико-химические основы электроннолучевой вневакуумной наплавки защитных покрытий на титановые сплавы / Голковский М.Г., Тушинский Л.И., Н.М. Барис // Новые высокоэнергетические технологии упрочнения металлов. / УНЦ новых высокоэнергетических технологий упрочнения металлов. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. - С. 14 - 27.

11. Surface hardening of steels with carbon by non-vacuum electron-beam processing / I. Bataev, M. Golkovskii, A. Bataev, A. Losinskaya, R. Dostovalov, A. Popelyukh, E. Droblyaz // Surface & Coatings Technology. - 2014. - Vol. 242. - P. 164–169. - DOI: 10.1016/j.surfcoat.2014.01.038.

12. Структура и свойства поверхностных слоев низкоуглеродистой стали, полученных методом наплавки углеродсодержащих порошковых смесей и последующей закалки / А.А. Лосинская, Е.А. Дробяз, В.А. Батаев, Н.В. Плотникова, М.Г. Голковский // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. - 2013. - № 4 (61). - С. 5-11.

13. Surface alloying of cylindrical steel parts using non-vacuum electron beam treatment / A. Losinskaya, D. Golovin, O. Lenivtseva, E. Lozhkina // Applied Mechanics and Materials. - 2015. - Vol. 788 : Actual Problems and Decisions in Machine Building. - P. 237-240.

14. Бардин А.И. Получение высокоуглеродистых слоев на низкоуглеродистых сталях методом вневакуумной электронно-лучевой обработки углеродных волокон // Наука. Технологии. Инновации // Сборник научных трудов в 9 ч. / под ред. ст. преп. Ю.В. Ванаг – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – Часть 3. – С. 101-102.

15. Бардин А.И. Получение высокоуглеродистых слоев на сталях методом вневакуумной электронно-лучевой обработки углеродных волокон // Материалы 54-й Международной научной студенческой конференции МНСК-

16: Новые конструкционные материалы / Новосиб. гос. техн. ун-т. Новосибирск, 2016. С. 7.

16. Применение ускорителей серии ЭЛВ в радиационно-технологических процессах / М.Э. Вейс, Ю.И. Голубенко, Н.К. Куксанов и др. // Машиностроитель. – 2004. – N 8. – С. 24-28.

MECHANICAL PROPERTIES OF THE HIGH-CARBON LAYERS FORMED BY ELECTRON-BEAM CLADDING OF CARBON FIBER ON STEEL

Bardin A.I., Student, e-mail: alexeixxx13@yandex.ru

Losinskaya A.A., Ph.D. (Engineering), Associate Professor, e-mail: anna.losinskaya@mail.ru

Lozhkina E.A., Ph.D. (Engineering), Associate Professor, e-mail: helens_case@ngs.ru

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

Abstract

This article considers the formation of the high-carbon layers on the low-carbon steel (0.18 % C) by use of the method of electron-beam partial melting of the carbon fibers. For the formation of layers was used a 1.4 MeV electron beam that was extracted into air. Also was studied the features of the cladded layers formation by use of different binders for a reliable fixation of the cladding material. It is determined that the best results are obtained using the phenol-formaldehyde glue as the binder. It is determined that the best results are obtained using the phenol-formaldehyde glue as the binder. A 3 mm thickness layers with 2.2 % C are shown to be formed. In friction tests against fixed abrasive particles, the wear-resistance of the cladding layers was close to the wear resistance of pack-carburized specimens. The fracture toughness of samples exceeds 50 J/cm². The hardness of the surface layer exceeds 5000 MPa.

Keywords

steel, carburizing, electron beam, wear resistance, toughness.

Acknowledgements

The study was financially supported by RFBR in the framework of a research project number 16-33-00141mol_a

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И СВОЙСТВА ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ B_4C-Ni

Безрукова Виктория Александровна, студент; Тютюнькова Мария Константиновна, студент; Елизарьев Кирилл Алексеевич, студент;

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (905)095-33-49

Безрукова В. А., e-mail vikabezrukova1995@mail.ru

Тютюнькова М. К., e-mail mystery22@inbox.ru

Елизарьев К. А., e-mail lightkrio@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Безрукова Виктория Александровна,

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (905)095-33-49

Аннотация

В работе исследовали покрытия из материалов на основе карбида бора (B_4C), сформированные с помощью технологии воздушного плазменного напыления. В качестве напыляемых материалов использовали порошки карбида бора плакированные 30 и 40 мас. % Ni и гранулированный порошок карбида бора с 40 мас. % Ni. Металлографические исследования показали, что покрытия имеют схожую микроструктуру: частицы карбида бора, равномерно распределенные в металлической матрице на основе боридов никеля (Ni_3B , Ni_2B , NiB). Для покрытий из плакированных порошков наблюдаются более высокие показатели когезии. Также, в данных покрытиях после травления обнаруживаются участки с эвтектической структурой, микротвердость которых ниже микротвердости металлической матрицы.

Ключевые слова

карбид бора, B_4C , плакированный порошок, гранулированный порошок, покрытия, плазменное напыление

Введение

В настоящее время особое внимание в области материаловедения уделяется материалам на основе карбида бора (B_4C). Карбид бора характеризуется высокими показателями износостойкости и коррозионной стойкости, а также низкой плотностью и высокой температурой плавления [1-3]. Данные показатели обуславливают его применение в машиностроении, ядерной физике, химической промышленности и электронике [1, 2].

Одним из перспективных способов использования карбида бора и материалов на его основе является формирование покрытий методом воздушного плазменного напыления [4, 5]. Выбор данной технологии связан, в первую очередь, с возможностью широкого выбора, как и напыляемых материалов так и подложек. Такая особенность плазменного напыления

обусловливается отсутствием активного диффузионного взаимодействия между покрытием и основным металлом. Также, плазменное напыление является технологией, позволяющей формировать качественные покрытия достаточно простым и экономичным способом. Тем не менее, низкая пластичность и теплопроводность B_4C позволяют сформировать качественные покрытия из чистого карбида бора с помощью данной технологии. Решением данной проблемы является добавление к порошку карбида бора металлических порошков с более высокими показателями пластичности и теплопроводности, например, Ni, Co, Ti, Al, Cu [6].

В настоящей работе исследовались структурные особенности плазменных покрытий B_4C-Ni .

Методика проведения экспериментов

В качестве материалов для нанесения покрытий использовали порошки B_4C (80 ат. % B и 20 ат. % C), плакированный 30 (30Ni(п)) и 40 (40Ni(п)) мас. % Ni и гранулированный порошок B_4C (80 ат. % B и 20 ат. % C) с добавкой 40 вес. % Ni. Размеры частиц порошков находились в диапазоне от 40 до 100 мкм.

При выполнении данной работы использовали технологию воздушного плазменного напыления с распределённым кольцевым вводом порошка. Порошки напыляли на трубы из низкоуглеродистой стали 20 с внутренним диаметром 25 мм и толщиной стенки 3 мм. Напыление покрытий проводили в Институте прикладной и теоретической механики СО РАН на установке плазменного напыления порошковых материалов «Термоплазма 50-01». В качестве плазмообразующего и транспортирующего газа использовали воздух, в качестве защитного – смесь воздуха и пропан-бутана. Режимы напыления: сила тока – 180 А, напряжение – 265 В, дистанция напыления – 170 мм. Поверхность стальных труб перед напылением подвергали пескоструйной обработке.

Микроструктурные исследования проводили на оптическом микроскопе CarlZeissAxioObserver A1m. Исследования порошка и тонкого строения структуры покрытий проводились на растровом электронном микроскопе CarlZeiss EVO50 XVP на микрошлифах, приготовленных по стандартной методике. Определение химического состава частиц порошка и структурных составляющих покрытий проводили с использованием микроанализатора EDS X-Act. Рентгенофазовый анализ исходного порошка и покрытий проводили на рентгеновском дифрактометре ARL X'TRA в $CuK\alpha$ излучении. Образцами для структурных исследований выступали поперечные микрошлифы, запрессованные в полимерную матрицу в прессе для заливки образцов BuehlerSimpliMet 1000 и подготовленные по стандартной методике. В качестве травителя структуры покрытий использовали реактив следующего состава: 10 мл HCl, 0.1 мл HNO_3 и 10 г $FeCl_3$.

Измерение микротвердости структурных составляющих покрытий проводили с использованием микротвердомера WolpertGroup 402MVD с усилием 25 г.

Результаты и обсуждение

По результатам микроструктурных исследований было установлено, что толщина покрытий составляет 1000...1200 мкм (рис. 1 (а)). Световой оптической микроскопией показано, что микроструктура полученных покрытий представляет собой металлическую матрицу (1 на рис. 1 (б)) с распределенными в ней нерасплавившимися частицами (2 на рис. 1(б)). Можно предположить, что нерасплавившиеся частицы – это частицы карбида бора, так как они имеют более низкую теплопроводность и не успели расплавиться в процессе напыления. Покрытия 30Ni(п) и 40Ni(п) имеют аналогичную микроструктуру. В покрытии из 40Ni(г) нерасплавившиеся частицы распределены неравномерно и образуют небольшие конгломерированные группы, что приводит к их дальнейшему частичному выкрашиванию при подготовке микрошлифов. Неравномерное распределение частиц связано со способом получения данного порошка.

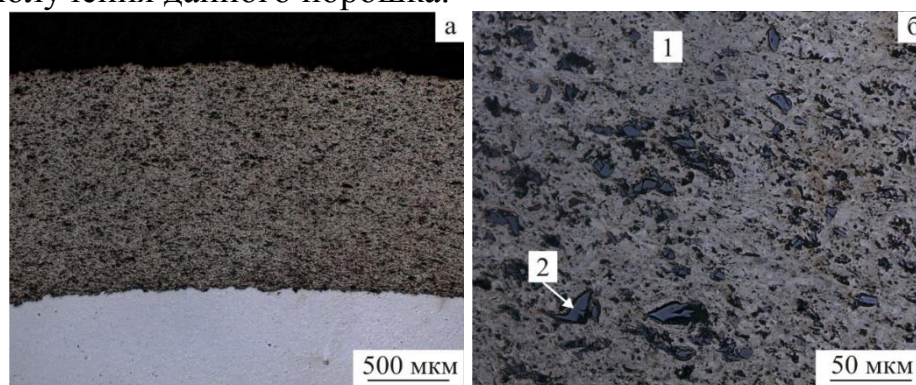


Рис. 1. Изображения покрытий, полученные оптической микроскопией: а) панорамное изображение; б) покрытие из 30Ni(п)

По результатам рентгенофазового анализа было выявлено, что порошки и полученные покрытия имеют в своем составе фазу B_4C . Было установлено наличие в покрытиях фаз NiB (30Ni(п), 40Ni(п)), Ni_3B (30Ni(п), 40Ni(п), 40Ni(г)), Ni_2B (40Ni(г)). Также было выявлено, что все три покрытия имеют в своем составе фазы B_2O_3 и NiO.

Данные, полученные микрорентгеноспектральным анализом, подтверждают, что нерасплавившиеся частицы – это частицы B_4C (1 на рис. 2). Металлическая матрица представляет из себя бориды никеля (NiB, Ni_3B и Ni_2B). Области с повышенным содержанием углерода – поры и места с выкрашенными частицами (3 на рис. 2). Также, было установлено, что после травления в покрытиях 30Ni(п) и 40Ni(п) образуются области с повышенным содержанием фосфора, имеющие эвтектическое строение (4 на рис. 4).

Выявлено, что эвтектика обладает наименьшими значениями микротвердости. Значения микротвердостей частиц карбида бора и металлической матрицы во всех покрытиях соответствуют значениям, представленным в литературе [6]. Численные значения микротвердостей покрытий представлены в таблице.

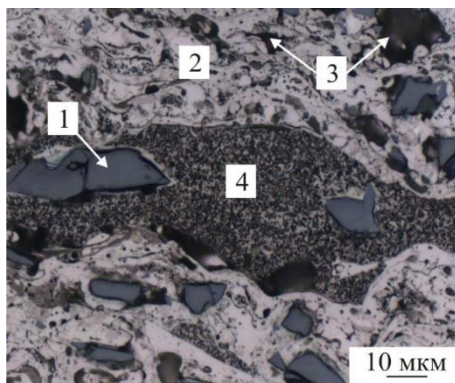


Рис. 2. Изображение покрытия 30Ni(n) после травления

Таблица

Покрытие	Значения микротвердостей покрытий, ГПа		
	B ₄ C	Матрица	Эвтектика
30Ni(п)	30...50	4...5,7	2...3
40Ni(п)	30...50	4...5	2...3
40Ni(г)	38...50	3,6...5	-

Выводы

1. Структура покрытий представляет собой нерасплавившиеся частицы карбида бора, распределенные в объеме металлической матрицы.
2. Металлическая матрица состоит из боридов никеля.
3. Микротвердость частиц карбида бора в среднем составляет 30...50 ГПа. Микротвердость металлической матрицы примерно одинакова во всех покрытиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рисованый В. Д., Захаров А. В., Клочков Е. П., Гусева Т. М. Бор в ядерной технике. – Димитровград: ОАО «ГНЦ НИИАР», 2011. 668 с.
2. Андриевский Р. А. Микро- и наноразмерный карбид бора: синтез, структура и свойства // Успехи химии, 2012. № 81. 549-559.
3. Арабей Б. Г. Чекунов В. В. Поглощающие материалы для регулирования ядерных реакторов. – Москва: Атомиздат, 1965. 450 с.
4. Salimijazi H. R., Coyle T.W., Mostaghimi J., Leblanc L. Microstructure of vacuum plasma-sprayed boron carbide // Journal of Thermal Spray Technology. 2005. V. 14. P. 362-368.
5. Zhengping Mao, Jing Ma, Jun Wang, Baode Sun. Comparison of the coatings deposited using Ti and B₄C powder by reactive plasma spraying in air and low pressure // J Mater Sci. 2009. V. 44. P. 3265-3272.
6. Алексеев А.Г., Бовкун Г.А., Болгар А.С. Свойства, получение и применение тугоплавких соединений. Справ. изд. / Под ред. Косолаповой Т.Я. – М.: Metallurgy, 1986. – 928 с.

THE STRUCTURAL FEATURES AND PROPERTIES OF B₄C-Ni PLASMA COATINGS

Bezrukova Viktoriya Aleksandrovna, student, e-mail: vikabezrukova1995@mail.ru

Tyutyunkova Mariya Konstantinovna, student, e-mail: mystery22@inbox.ru

Elizaryev Kirill Alekseevich, e-mail: lightkrio@gmail.com

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

Abstract

In this study we investigated the coatings on the B₄C base obtained by air plasma spraying. We used nickel-clad B₄C powders with 30 and 40 wt. % of nickel and granular B₄C powder with 40 wt. % of Ni. Metallographic analysis shown that all coatings had similar microstructure: metal matrix from nickel borides (Ni₃B, Ni₂B, NiB) with the regularly spaced B₄C particles. The coatings from the nickel clad powders had higher cohesion. Moreover, areas with the eutectic structure was found in these coatings after the etching. It was established that the microhardness of areas with the eutectic structure were lower than microhardness of the metal matrix.

Keywords

boron carbide, B₄C, cladding powder, granular powder, coating, plasma spraying

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СЕРОГО ЧУГУНА.

*Иванчик Илья Сергеевич, Иванчик Сергей Николаевич,
Кузнецов Алексей Федорович*

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Иванчик И.С., email ivan_ilija@ngs.ru

Адрес для корреспонденции: Иванчик Илья Сергеевич, «Сибирский государственный университет водного транспорта», 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, тел. (913) 919-24-62

Повышение износостойкости серого чугуна методом локальным воздействием концентрированного лазерного луча имеющего место высокой скорости нагрева и охлаждения.

1. Введение

Втулки (гильзы) цилиндров дизелей относятся к сильно нагруженным деталям. Они подвергаются износу от трения движущихся колец поршня. Процесс трения протекает в неблагоприятных условиях. Можно считать, что смазка на верхней части зеркала втулки при каждом рабочем ходе частично сгорает, вследствие чего создается полусухое трение.

Также имеет место абразивный износ от твердых остатков продуктов сгорания топлива и масла и частиц продуктов износа металла.

Износу способствует коррозия, возникающая на зеркале втулки в процессе работы двигателя.

В особо тяжелых условиях цилиндровая втулка работает в период пуска и прогрева двигателя. Основной причиной интенсивного изнашивания верхней части втулки при работе в низкотемпературных режимах является кислотная коррозия, протекающая при недостаточной смазке и низкой температуре стенок втулки, когда поршневые кольца стирают металл и продукты его коррозии. В низкотемпературных режимах происходит конденсация водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания топлива. Сернистый газ, также содержащийся в продуктах сгорания, соединяясь с влагой, образует серную и сернистую кислоты, которые и вызывают коррозию стенок втулки.

2. Методика экспериментального исследования

По высоте втулки изнашиваются неравномерно. Максимальный износ втулки цилиндра у большинства двигателей внутреннего сгорания наблюдается в районе первого и второго верхних компрессионных колец при положении поршня в верхней мертвой точке (рисунок 1).

Наибольший износ в верхней части объясняется высоким давлением верхних поршневых колец на стенки цилиндра, неблагоприятными условиями смазки из-за коксования масла в области высоких температур и высоким коррозионным действием продуктов сгорания. Характер изнашивания втулки по высоте зависит от распределения масла по ее зеркалу. При смазке цилиндров разбрызгиванием нижняя часть втулки смазывается обильно, а верхняя - только за счет «насосного» действия поршневых колец, которое ограничивается маслосъемными кольцами. Изнашивание цилиндрической втулки происходит в соответствии с распределением масла и параметрами газов по ходу поршня.

Нормальный износ втулки за 1000 ч работы после ее приработки у четырехтактных дизелей составляет 0,02-0,04 мм, у двухтактных – 0,06-0,12 мм. Допустимый предельный износ втулки составляет 0,5-0,8% ее диаметра, а эллиптичность – не более 1% диаметра, после чего втулка подлежит замене.

Изнашивание втулки по диаметру в совокупности с изнашиванием поршневых колец и тронка поршня приводит к увеличению зазоров между втулкой и поршнем в стыках колец и нарушается плотность прилегания последних к зеркалу цилиндра. При этом возрастает прорыв газов в картер. Повышается угар масла и ухудшаются его свойства, пригорают и закоксовываются поршневые кольца, затрудняется пуск и снижается экономичность дизеля.

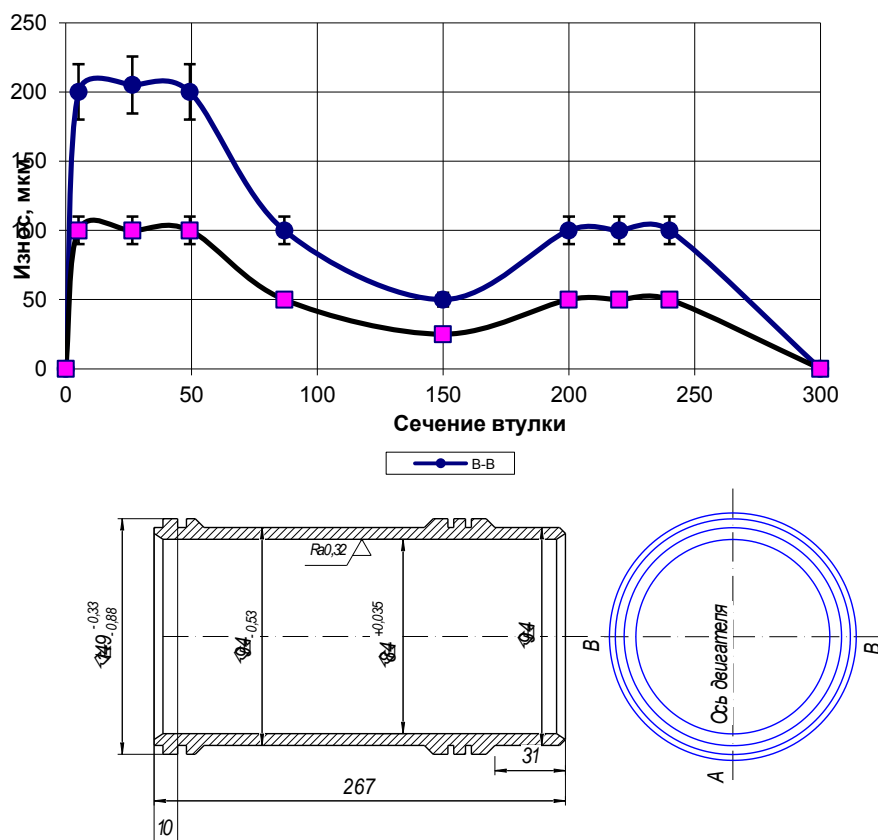


Рисунок 1 – Характерная зависимость величины износа по высоте цилиндрической втулки тронковых дизелей после 1000 часов работы

Таким образом, к материалу втулок цилиндров предъявляется целый комплекс требований, в том числе: повышенная прочность, плотность, износостойкость, коррозионная стойкость и невысокий коэффициент теплового линейного расширения (ростостойчивость).

Для сохранения микрорельефа поверхности, свойственного структуре серого чугуна в данной работе выполнено локальное поверхностное упрочнение рабочей поверхности чугунных образцов путём обработки лазерным лучом (рисунок 2). В качестве технологического оборудования использовался многофункциональный 3 кВт CO₂-лазер ЛОК-3МФ [3] в непрерывном режиме генерации. Это позволило создавать на поверхности плотность мощности 25 - 80 кВт/см².

При локальном воздействии концентрированного лазерного луча имеют место высокие скорости нагрева и охлаждения. Глубина области фазовых превращений в железоуглеродистых сплавах при этом составила около 100 – 200 мкм. После прохождения луча нагретый участок оказывается в окружении холодного металла, который обеспечивает почти столь же быстрое охлаждение. Ускоренный нагрев поверхностного слоя и столь же быстрое последующее охлаждение приводит к возникновению особых, характерных именно для этой обработки, структур.

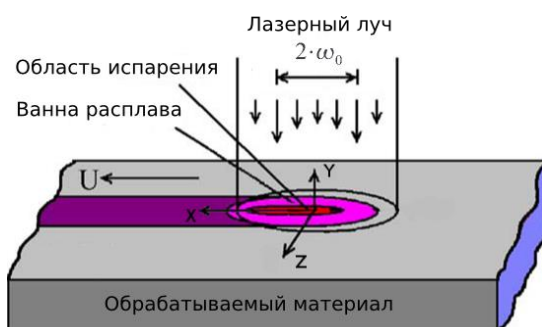


Рисунок 2 – Схема процесса лазерной поверхностной обработки

Твёрдость закалённых слоёв при лазерном воздействии превышает твёрдость, достижимую при других видах термической обработки. Высокую твёрдость имеет как слой, закалённый из жидкого состояния ЗЖС, так и слой, нагретый при лазерном воздействии до аустенитного состояния ЗТС.

Глубина закалённых слоёв при прочих неизменных условиях определяется продолжительностью лазерного воздействия.

При выборе режима для упрочнения поверхности учитывали, что структура, полученная закалкой из жидкого состояния не желательна, поскольку усадочные в сочетании со структурными напряжениями способствуют возникновению микротрещин.

Наилучшим результатом лазерной обработки поверхности серого чугуна для создания стойкого к истиранию маслоудерживающего рельефа следует считать структуру с локально упрочнёнными вокруг графитовых включений участками, равномерно расположенными на поверхности. Для получения такой

структуры поверхность образцов, обрабатывали лазерным лучом.

Образцы для лазерной обработки размером были вырезаны из начерно расточенной цилиндрической втулки двигателя диаметром 76 мм.

После лазерной обработки рабочую поверхность образцов шлифовали, регулируя припуск в соответствии со схемой, представленной на рисунок 3.

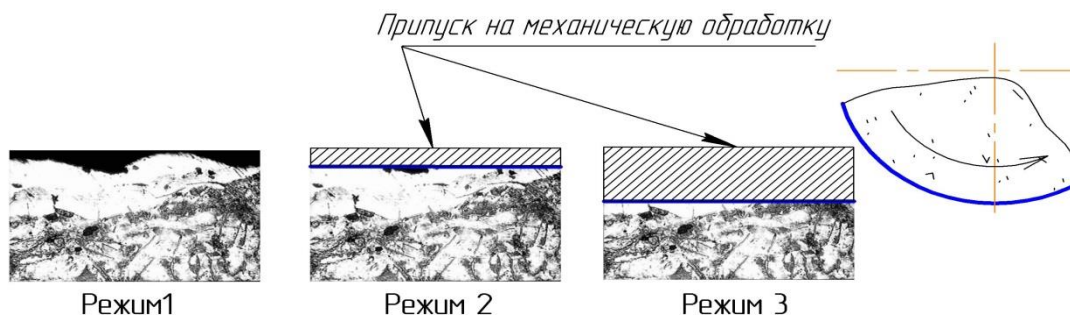


Рисунок 3 – Схема распределения припуска при шлифовании обработанных лазером поверхностей серого чугуна

Износостойкость образцов на образцах с размером рабочей поверхности 10x10 мм оценивали при испытании на машине трения МИ-1 по схеме «диск – колодка» при смазке маслом М8В. Обработанные лазером образцы, установленные на испытания без механической обработки, показали худшие триботехнические характеристики. При высоком коэффициенте трения они имели низшую износостойкость. Это связано, очевидно, с выкрашиванием хрупких частиц со структурой закалённой из жидкого состояния.

3. Выводы

Лучшие триботехнические характеристики имели образцы, обработанные до полного устранения пористости поверхности. Графитовые пластины окружены прослойками структуры, полученной закалкой из жидкого и твёрдого аустенитного состояния [1,2]. Эти твёрдые прослойки воспринимают усилие, возникающее в паре трения, обеспечивая износостойкость чугуна. Кроме того они препятствуют затиранию графитовых частиц, сохраняя маслоудерживающий рельеф поверхности и обеспечивая тем самым низкий коэффициент трения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Макагон Л.Д., Токарев А.О., Шалимов А.В., Нагибин В.М. Повышение антифрикционных свойств серого чугуна лазерной обработкой. Сибирский научный вестник X, Новосибирск, 2007г.

2 Макагон Л.Д., Грачёв Г.Н., Смирнов А.Л. Исследование формирования структуры рабочей поверхности цилиндров втулок судовых дизелей при лазерной обработке. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. №1 2006г. с.-194-198.

3 Grachev G.N. Multifunctional 3 kW CO₂ laser with controllable spectral and temporal characteristics for industrial and scientific applications [Text]: G.N. Grachev, A.G. Ponomarenko, A.L. Smirnov, V.B. Shulyat'ev // SPIE selected papers, - vol. 4165 (2000), - P. 185 – 196.

ENHANCING WEAR RESISTANCE OF GREY CAST IRON

I.S. Ivanchik , S.N. Ivanchik, A.F. Kuznetsov

Enhancing wear resistance of grey cast iron by the method of the local effects of the concentrated laser beam having a high speed of heating and cooling.

Key words: the increase in wear resistance, laser surface treatment, wear of cylinder sleeve of internal combustion engine

АНИЛИЗ ПРИЧИН ПОЛОМКИ ГРЕБНОГО ВАЛА ТЕПЛОХОДА «ВОЛГО-ДОН 117»

*Иванчик Илья Сергеевич¹, Иванчик Сергей Николаевич¹,
Кузнецов Алексей Федорович¹,
кадеты;
Кузмина Ксения Евгеньевна², Горбунова Анастасия Вячеславовна²,
Горбатовский Алексей Валерьевич³*

¹ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Иванчик И.С., email ivan_ilija@ngs.ru

²МБОУ СОШ №7 «Ново-Николаевский Кадетский Корпус Спасателей».
630089, Россия, г. Новосибирск, ул. А. Лежена, 22, МБОУ СОШ №7
«НККС»

³МБОУ СОШ № 38
456780, Россия, Челябинская область, г. Озерск, ул. Октябрьская, 2

*Адрес для корреспонденции: Иванчик Илья Сергеевич, Сибирский
государственный университет водного транспорта, 630099, Россия, г.
Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, тел. (913) 919-24-62*

Для исследования причин выхода из строя гребного вала теплохода «Волго-дон 117», был проведен микроструктурный анализ излома, микроструктурный анализ фрагмента гребного вала, выполнена дефектоскопия методами визуального и неразрушающего контроля.

1. Введение

Гребные валы, как любые силовые детали машин, должны изготавливаться только из улучшенных сталей, а для эксплуатации в условиях севера – из легированных сталей, которые после улучшения обеспечивают оптимальное сочетание прочности и вязкости, в том числе и при отрицательных температурах.

Обработанную заготовку вала в зависимости от марки стали подвергают упрочняющей обработке. С учётом габаритов изделия наиболее распространенным способом такой обработки является поверхностная закалка с применением ТВЧ, а также обкатка роликами. При поверхностной термической обработке теплота выделяется в наружном слое обрабатываемой заготовки, а основная масса металла вследствие кратковременности нагрева (0,5 – 2,0с) не нагревается, что предохраняет заготовку от деформации и предотвращает образование окалины. Глубину закаливаемого слоя можно регулировать в пределах 1 – 5мм. Твердость закалённого слоя HRC 48 – 52 постепенно

снижается от наружной поверхности заготовки к её оси.

Нарушение указанных норм приводит к выходу из строя гребных валов.

Подавляющая часть поломки гребных валов имеет усталостный характер.

2. Методика экспериментального исследования

Провели обследование фрагментов гребного вала т/х «Волго-Дон 117» с целью установления причин его поломки.

В ходе обследования были выполнены:

- макроструктурный анализ излома;
- микроструктурный анализ материала фрагментов гребного вала;
- измерение твёрдости материала методами Бринелля и Роквелла;
- поиск зон концентрации напряжений (ЗКН) методом магнитной памяти металла (ММП - контроль);
- выполнена дефектоскопия методами визуального и неразрушающего контроля.

В результате обследования установлено:

Наружная цилиндрическая поверхность фрагмента гребного вала $\varnothing 200$ мм, массой около 140 кг имеет значительные коррозионные повреждения в виде изъязвлений глубиной 1,0 – 1,5 мм (рисунок 1).

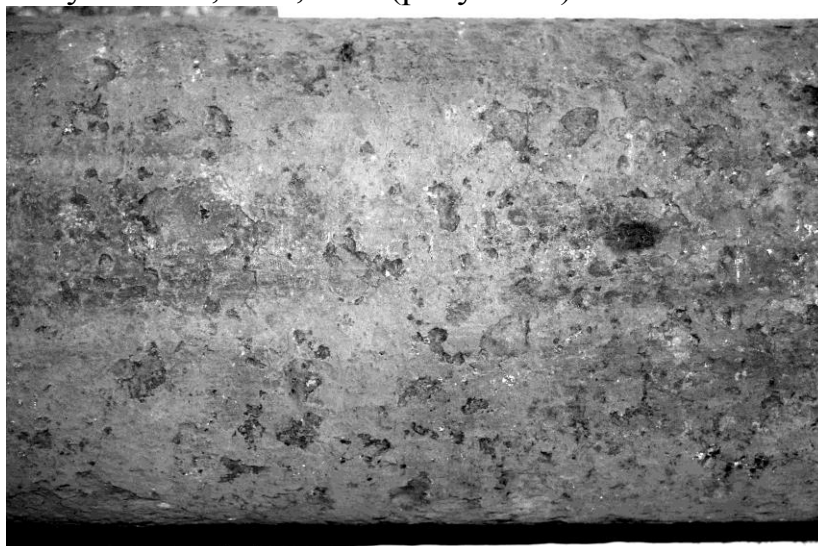


Рисунок 1–Коррозионные повреждения наружной поверхности гребного вала.

Обстоятельства, место, расположение излома, а также срок и какие-либо особенности эксплуатации вала заказчиком не установлены. Поверхность излома имеет вид, характерный для коррозионно-усталостного разрушения (рисунок 2). Расположение и ориентация ступенек поверхности усталостного излома позволяют судить о месте возникновения (оно обозначено на фотографиях стрелками) и траектории распространения трещины, разрушившей вал.

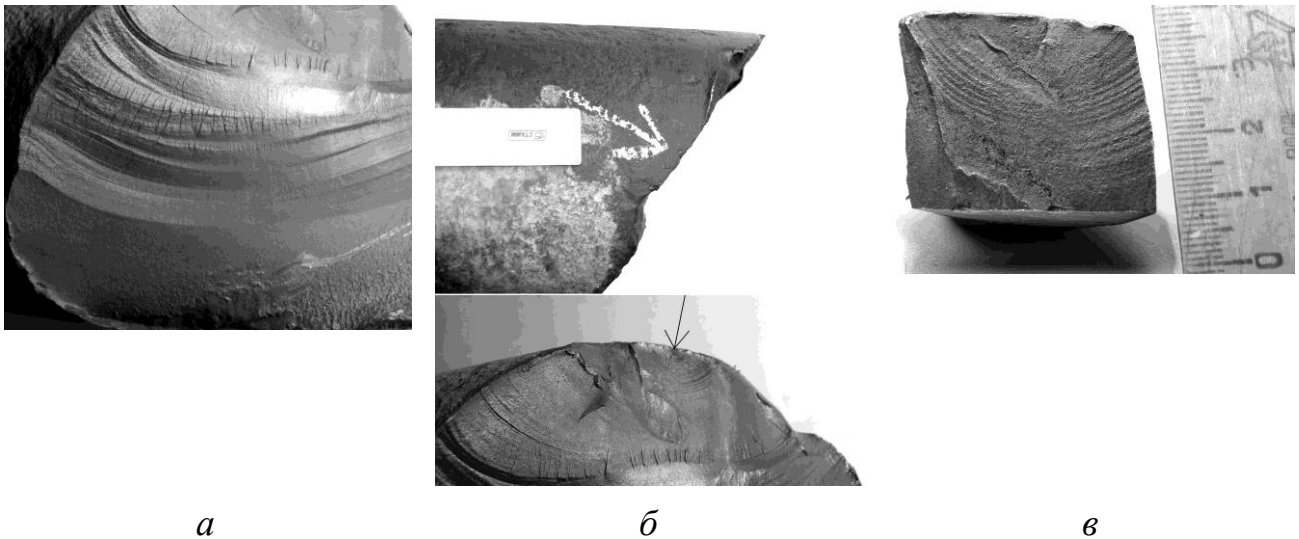


Рисунок 2 – Поверхность излома, характерная для коррозионно-усталостного разрушения (стрелками указано место возникновения усталостной трещины): а – общий вид, б – место возникновения усталостной трещины, в – образец для металлографических исследований.

Усталостная трещина, разрушившая вал, образовалась на его поверхности и медленно распространялась в радиальном направлении. Траектория трещины, направленная не по направлению максимального крутящего момента в приповерхностных слоях вала, а радиально, свидетельствует о наличии изгибающего момента на гребном валу. Зона долома составляет около 40 % сечения вала, т.е. действующие на вал нагрузки не превышали расчётных значений.

Средствами ультразвуковой дефектоскопии в сечении вала на расстоянии около 40 мм от трещины, разрушившей вал, были обнаружены другие трещины длиной до 15 – 20 мм (рисунок 3).

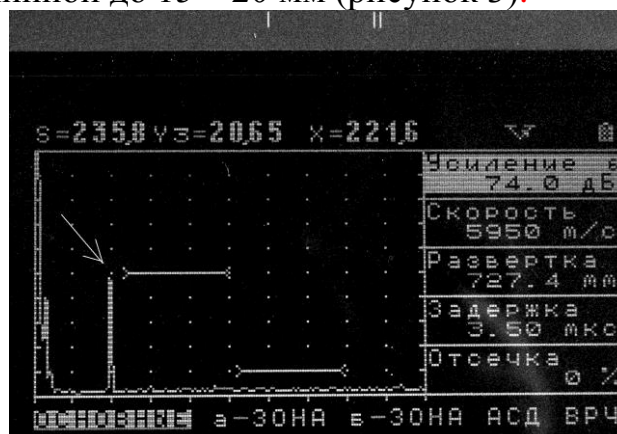


Рисунок 3 – Осциллограмма ультразвукового дефектоскопа. Стрелкой указан пик, вызванный наличием трещины в сечении вала.

Твёрдость материала гребного вала определяли по методу Бринелля ГОСТ 9012 на твердомере ТШ-II и по методу Роквелла ГОСТ 9013 на

твердомере ТК. Твёрдость по Бринеллю составляет НВ 1790 МПа, по Роквеллу HRB 88, что соответствует твёрдости стали, содержащей 0,35 – 0,40% углерода в нормализованном состоянии.

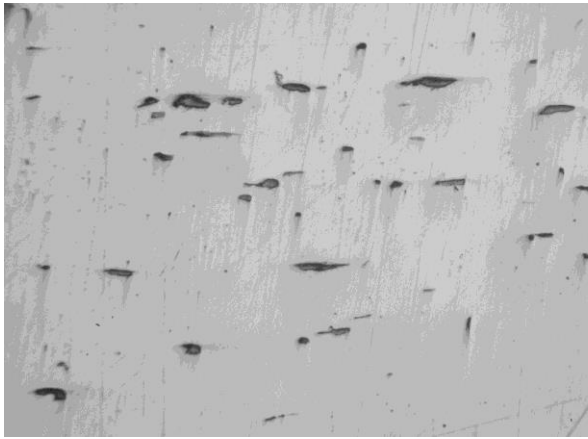
Для металлографических исследований и измерения твёрдости вала были вырезаны образцы из объёма металла, прилегающего к трещине разрушившей вал и из сечения, содержащего другие нераскрывшиеся трещины (рисунок 4).

Микроструктуру выявляли травлением 5% раствором азотной кислоты в спирте. Исследования производили на металлографическом микроскопе МИМ8М.

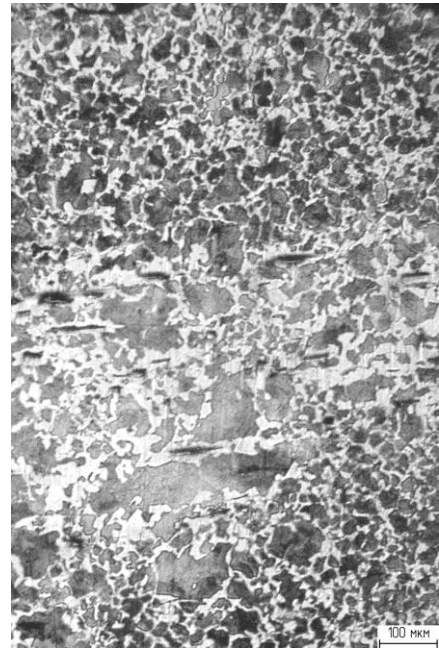


Рисунок 4 – Место вырезки образцов.

Структура стали, из которой был изготовлен гребной вал феррито-перлитная (рисунок 5).



До травления



После травления

Рисунок 5 – Структура стали с неметаллическими включениями в плоскости параллельной оси вала, на глубине 5 мм.

Размер зерна – балл 6, сталь мелкозернистая. Зерно – равноосное, без признаков пластической деформации.

Содержание углерода 0,35 – 0,40%. Сталь отобранных проб значительно загрязнена неметаллическими включениями, степень загрязнения соответствует баллу 8 по ГОСТ 1778 (рисунок 5), что не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к сталям как обыкновенного качества по ГОСТ 380, так и к качественным сталям ГОСТ 1050.

В результате диагностики усталостных повреждений, выполненных методом магнитной памяти металла ГОСТ Р 52005-2003 в поверхностном слое металла гребного вала обнаружены зоны концентрации напряжений (ЗКН). ЗКН расположены в зоне, прилегающей к месту излома на двух диаметрально расположенных образующих (рисунок 6). Это обстоятельство говорит о существовании нескольких ЗКН, возникших в материале гребного вала в процессе эксплуатации. Разрушение вала произошло в наиболее опасной ЗКН.

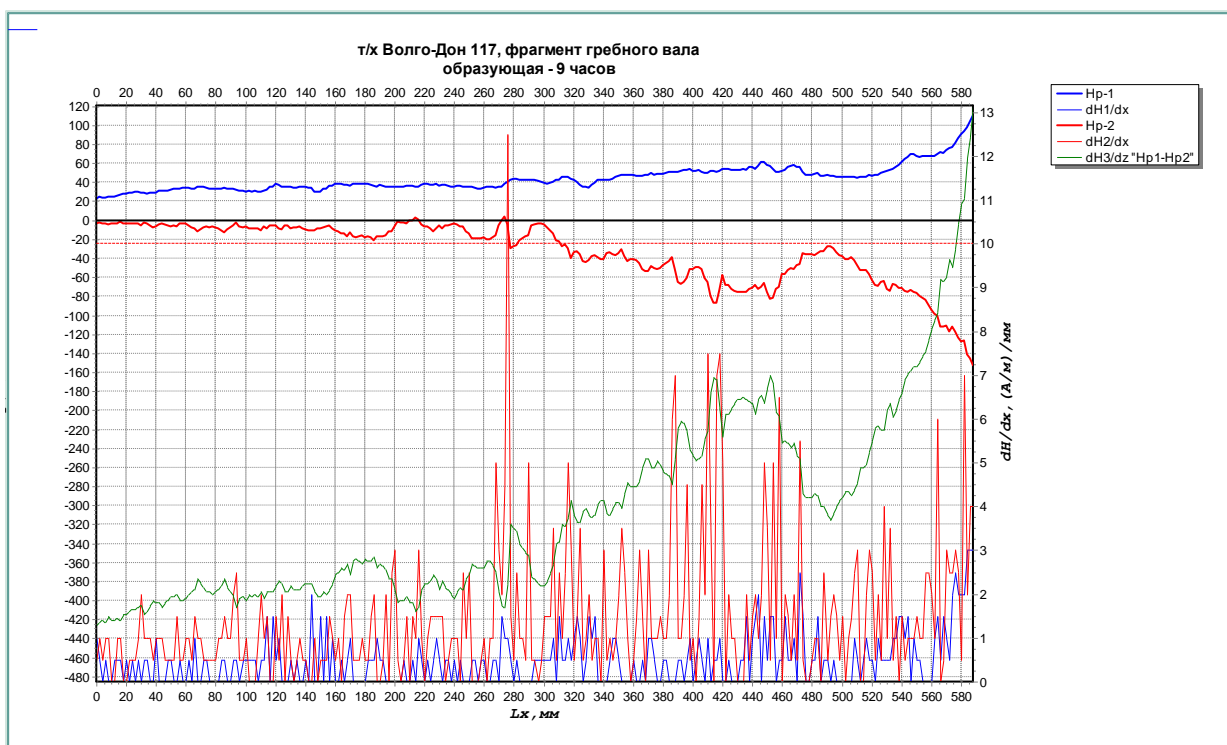


Рисунок 6 – Расположение зоны Концентраций напряжений на участке гребного вала, примыкающем к месту излома.

3. Выводы

Основной механизм разрушения гребного вала – произошло в процессе длительной эксплуатации. Впоследствии медленное усталостное распространение трещин, вызванное появлением новых зон концентрации напряжений и уменьшение площади «живого» сечения привело к разрушению вала. Наличие неметаллических включений и изгибающего момента на валу способствовало этому процессу. Причина возникновения изгибающих моментов на валу может быть установлена обследованием состояния валовой линии судна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Токарев, А.О. Повышение ресурса деталей судовой техники / А.О. Токарев, С.Н. Иванчик, И.С. Иванчик // Инновац. техн. сервиса транспор. средств. – 2011. – с. 84 – 91
- 2 Токарев, А.О. Анализ условий обеспечения жизненного цикла деталей судовой техники / А.О. Токарев, С.Н. Иванчик, И.С. Иванчик // Речной транспорт (XXI век). – 2011. – № 3 (51). – с. 74 – 75
- 3 Токарев, А.О. Анализ причин и профилактика аварий деталей судовой техники: учебное пособие/ А.О. Токарев, С.Н. Иванчик, И.С. Иванчик. – Новосибирск: Новосиб. гос. акад. трансп., 2010. – 250с.

**ANALYSIS OF THE CAUSES OF BREAKAGE OF THE PROPELLER
SHAFT OF THE SHIP
"VOLGO-DON 117"**

«Siberian state university of water transport»

**I.S. Ivanchik , S.N. Ivanchik, A.F. Kuznetsov, K.E. Kuzmina, A.V. Gorbunova,
A.V. Gorbatovsky**

To investigate the causes of failure of the propeller shaft of the ship "Volgo-don 117", was carried out microstructural analysis of the fracture, microstructural analysis of a fragment of the propeller shaft, made detection by visual and nondestructive inspection.

Key words: propeller shaft, fatigue fracture, mechanism of fracture of the propeller shaft, microstructural analysis macrostructural analysis, the hardness of the material

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ СНАБЖЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СМАЗЫВАЮЩЕ-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ

Кендзерский Ян Владиславович, студент

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

Аннотация:

В данной работе дается представление об особенностях системы снабжения смазывающе-охлаждающей жидкости в авиастроении. Описана одна из наиболее значимых проблем и способ ее решения путем перехода от децентрализованной системы поставки СОЖ к централизованной системы.

Ключевые слова: станки с ЧПУ, СОЖ, централизованный подход, децентрализованный подход, замкнутая система, вторичное сырье.

Летательный аппарат, как сложное техническое изобретение состоит из большого количества оригинальных и типовых деталей. Данные детали могут изменяться от партии к партии в процессе внесения корректировок в конструкцию самолета. С целью оптимизации изготовления этих деталей часто используют станки с числовым программным управлением. Для стабильной работы этих станков, а значит и планомерного изготовления деталей, необходимо соблюдение правил обслуживания этих станков. В частности обслуживание и замены СОЖ.

Удаление отработанной СОЖ и подготовка эмульсии происходит на участках без учета характерных особенностей станков, обрабатываемых материалов методом смешивания «вручную» без контроля состава. Что характерно для децентрализованного подхода. Данный метод повышает риск вывода из строя оборудования из-за не качественного состава СОЖ. Переход от децентрализованной системы снабжения и переработки СОЖ к централизованной системе позволит сократить риск вывода из строя оборудования.

Внедрение централизованного подхода включает в себя использование системы трубопроводов по которой отработанная СОЖ будет поступать в бак-отстойник, очищаться с использованием дополнительной фильтровальной установки и сливаться в емкости для повторного использования. Применение проточного насоса позволит подводить воду к станкам, а использование смесителей и индикаторов достигать необходимой концентрации эмульсии для станков. В конечном итоге будет организована замкнутая системы работы по замене СОЖ.

Библиографический список:

1. Советы Л.Я. Советы заводскому технологу // Ленинздат, 1975 г. – С. 52–66.
2. И 03.07-139 2014 «СМК. Порядок приобретения, приготовления, применения и утилизации смазочно-охлаждающих жидкостей»

**IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF SUPPLYING AND
PROCESSING OF LUBRICANT-COOLING LIQUID**

Kendzerskij Yan Vladislavovich, student

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

Abstract

In this article we give an idea about specifics of systems of supply of coolant in aircraft building. One of the most significant problems and the way to solve it is described by transition from decentralized approach to centralized approach.

Keywords: CNC machines, coolant, centralized approach, decentralized approach, closed system, secondary raw materials.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СТАТИЧЕСКОЙ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ТЕРМОГРАФИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

¹
Куриленко Георгий Алексеевич, доктор технических наук, профессор
кафедры прочности летательных аппаратов; *Никитин Егор
Александрович*, студент группы ТМ-501 механико-технологического
факультета

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)-346-17-77

Куриленко Г.А., e-mail: gkurilenko@mail.ru

Никитин Е.А., e-mail: teormech@ngs.ru

Адрес для корреспонденции: *Куриленко Георгий Алексеевич*, *Никитин
Егор Александрович*,

Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)-346-17-77

Аннотация. Предлагается новый способ экспериментального определения характеристик статической трещиностойкости при вязком и упруго-вязком разрушении путем построения диаграммы $P-\Delta S$ вместо традиционной диаграммы $P-V$ (P – растягивающая сила, ΔS – изменение удельной энтропии в кончике трещины, V – смещение кромок трещины). При этом повышается точность расчета этих характеристик за счет того, что термодинамическая диаграмма имеет характерный излом в районе расчетной силы.

Ключевые слова: температура, удельная энтропия, расчетная сила, характеристики статической трещиностойкости.

1. Введение. Одной из актуальных задач современного машиностроения является корректное определение характеристик трещиностойкости металлов. В механике разрушения, базирующейся на линейной теории упругости, поле напряжений вблизи вершины трещины имеет особенность вида $r^{-1/2}$ (r – расстояние от вершины трещины), следовательно, напряжение при приближении к вершине трещины неограниченно растет. Поэтому понятие коэффициента концентрации напряжений теряет смысл. Поле напряжений и процесс разрушения материала в этом случае описывается коэффициентом интенсивности напряжений (КИН) K_U , имеющего размерность $[Па \cdot м^{1/2}]$

Силовым критерием роста трещины является условие

$$K_U > K_C,$$

где K_C – критический коэффициент интенсивности напряжений, определяемый на специальных образцах.

При стандартных испытаниях на статическую трещиностойкость растягиваются плоские образцы с нанесенными на них надрезами и нарощенными от вершин надрезов усталостными трещинами. Строятся диаграммы $P-V$, где P – приложенная сила, V – смещение берегов трещины. Целью этих испытаний является фиксация момента страгивания трещины. Этому моменту соответствует расчетная нагрузка P_Q , по которой затем и рассчитываются характеристики трещиностойкости [1].

При хрупком разрушении расчетной нагрузке P_Q соответствует или максимум, или локальный максимум нагрузки (рис.1-а), т.е. момент страгивания трещины удается зафиксировать довольно точно. Диаграммы $P-V$, соответствующие упруго-вязкому или вязкому разрушению, характеризуются отсутствием локальных максимумов нагрузки, что затрудняет фиксацию расчетной нагрузки. Для этой цели рекомендуется следующее построение – проводят 5%-ую секущую, тангенс угла наклона которой на 5% превышает тангенс угла наклона линейного участка диаграммы (рис.1-б), и расчетная нагрузка P_Q определяется как ордината пересечения этой секущей с кривой $P-V$. Проведением 5%-ой секущей пытаются отделить геометрическую нелинейность, определяющую 2%-ое подрастание трещины, после которого, как считается, начинается движение трещины, от физической нелинейности, связанной с развитием интенсивной пластической деформации в кончике трещины. Однако при таком подходе не учитываются особенности поведения испытываемого материала.

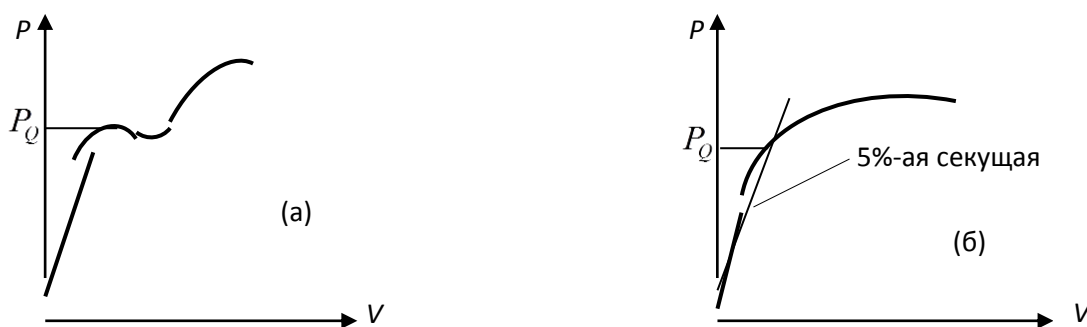


Рис.1. Диаграммы $P-V$: (а) – для хрупких материалов, (б) – для вязких и упруго-вязких материалов.

2. Цель и задачи исследования. Целью проведенного исследования было повышение точности определения характеристик трещиностойкости при упруго-вязком и вязком разрушении на основе термографического метода. Исследования проводились на плоских образцах из стали 20 толщиной 9 мм (реальная толщина стенки магистрального трубопровода) с центральными трещинами нормального отрыва. Размеры образцов и их подготовка к испытаниям (создание небольшой усталостной трещины от исходного надреза) были выбраны согласно рекомендациям в [1].

3. Методика исследования. Характеристики трещиностойкости

(вязкости разрушения) определялись по результатам однократных статических испытаний данных образцов на универсальной гидравлической машине УГ-20. При растяжении образцов одновременно записывались диаграммы $P-V$ и $P-\Delta T$ (ΔT – изменение температуры в кончике трещины за достаточно малый промежуток времени) с помощью двухкоординатных потенциометров «Endim 620.02» [2].

Температура в кончике трещины фиксировалась с помощью шведского тепловизора «Aga-750» [2], имеющего чувствительность $0,1^{\circ}C$ при включенном механизме сканирования. При наблюдении за точкой механизм сканирования отключали, при этом чувствительность тепловизора возрастала на порядок.

Усилие P измерялось датчиком омического сопротивления, установленного в системе нагружения испытательной машины. Датчик имел линейную характеристику нагрузки с погрешностью $\pm 1\%$. Для измерения смещения кромок надреза V использовался датчик смещения тензорезисторного типа, который на всем диапазоне рабочего хода от 1 до 5мм имел линейную характеристику.

При испытаниях на трещиностойкость данных образцов в них происходят упругопластические деформации с образованием большой пластической зоны в вершине трещины. В таких случаях в качестве наиболее достоверных характеристик вязкости разрушения принимают: K_{QT} – критический K_{IH} для образца данной толщины, K_c^* – условный критический K_{IH} , соответствующий квазихрупкому разрушению, δ_c – раскрытие в вершине трещины при максимальной нагрузке P_c .

Диаграммы $P-\Delta T$ затем перестраивались в диаграммы $P-\Delta S$, где ΔS – изменение удельной энтропии в кончике трещины (рис.2).

Величина ΔS подсчитывалась по формуле [2]

$$\Delta S = c_v \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right). \quad (1)$$

Здесь c_v – удельная теплоемкость материала; T_2 и T_1 – температуры в вершине трещины в конце и начале данного промежутка времени. Следует заметить, что в формуле (1) ΔS – та часть потока произведенной энтропии, которая идет только на нагрев очага повреждаемости, но именно этот поток энтропии и адекватен рассматриваемой задаче, поскольку при пластическом деформировании практически вся энергия переходит в тепло.

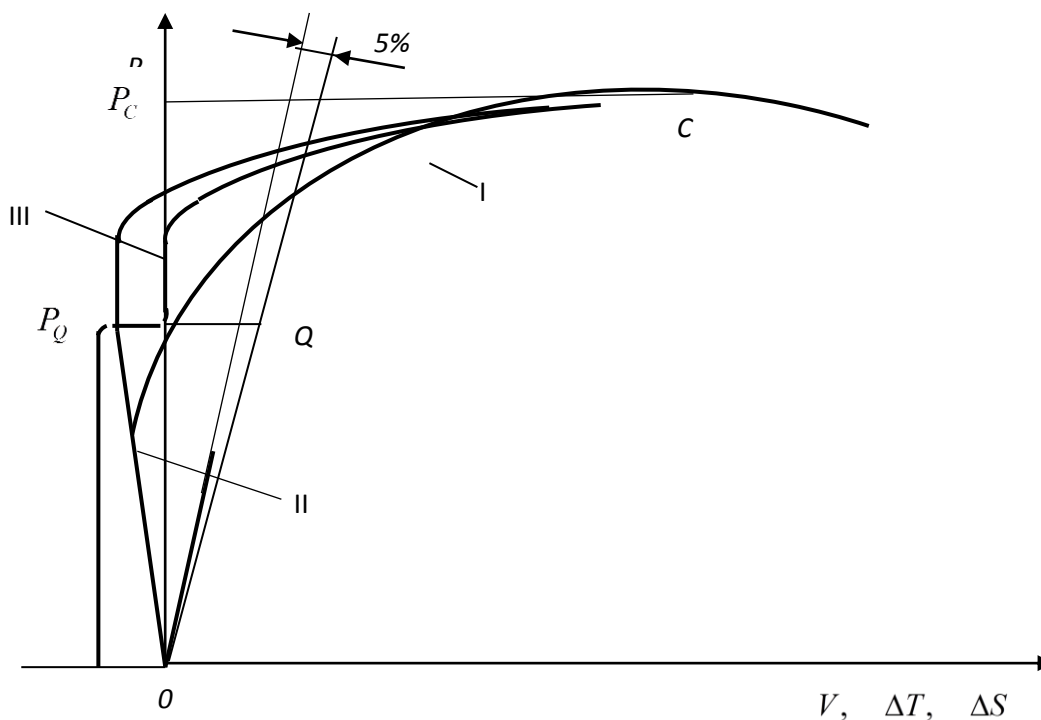


Рис.2. I – диаграмма $P-V$; II – диаграмма $P-\Delta T$; III – диаграмма $P-\Delta S$.

4. Результаты экспериментов. Термодинамические диаграммы $P-\Delta T$ и $P-\Delta S$ имеют три четко выраженные зоны [2], имеющие ясный физический смысл: вначале (1-ая зона) происходит небольшое понижение температуры, связанное с эффектом Томсона, затем разогрев материала за счет микропластического деформирования компенсирует эффект Томсона и происходит стабилизация температуры (2-ая зона) и, наконец, начинается резкое повышение температуры за счет выделения энергии при пластическом деформировании (3-ья зона). Что же касается энтропийной диаграммы, то в 1-ой зоне приращение удельной энтропии, связанной с охлаждением очага повреждаемости, является отрицательным. Это отнюдь не значит, что все произведенное количество энтропии будет отрицательным, поскольку в рассчитанное ΔS не входят части энтропии, идущие на развитие повреждаемости, на неопасное движение дислокаций и т. д. [3]. Во второй зоне стабилизации температуры $\Delta S=0$, ну и далее при развитии повреждаемости и росте трещины ΔS резко возрастает.

И что является очень важным, определенные точки этих диаграмм коррелируют с характерными точками на диаграмме $P-V$: ординаты точки на границе между 1-ой и 2-ой зонами практически соответствуют ординате точки Q на диаграмме $P-V$, а точки C , соответствующие максимальной нагрузке, практически совпадают.

Затем по диаграммам $P-V$ и $P-\Delta S$ были определены по стандартной методике [1] все необходимые характеристики трещиностойкости, оговоренные выше, и рассчитаны для них доверительные интервалы и среднеквадратические

отклонения.

5. Анализ результатов. Выводы.

1. Характеристики трещиностойкости довольно точно определяются традиционным способом (по диаграмме $P-V$) при хрупком (упругом) разрушении. При испытаниях образцов из *стали 20* наблюдалось вязкое разрушение. Сложная природа явления страгивания трещины при вязком разрушении препятствует прямой его регистрации по диаграмме $P-V$. Из-за того, что трещина может распространяться внутри материала, невозможно использовать некоторые альтернативные методы, например, оптические. Может оказаться затруднительным сам факт обнаружения разрушения, поскольку поврежденность на фронте трещины растет постепенно, т.к. происходит рост и слияние микропор. В самой сути традиционного способа (проведения 5%-ой секущей) заложена погрешность, которая может быть существенной, поскольку при этом не учитываются особенности материала, да и точное проведение 5%-ой секущей является довольно затруднительным. Поэтому многие исследователи [2,3-5] предлагают поиск новых экспериментальных методов расчета характеристик трещиностойкости при вязком разрушении. И предлагаемый термографический способ можно рассматривать как шаг в этом направлении.

2. Из рассчитанных доверительных интервалов по результатам экспериментов с несколькими десятками образцов видно, что характеристики трещиностойкости, определенные по диаграмме $P-\Delta S$, лежат кучнее, чем характеристики, рассчитанные по диаграмме $P-V$, следовательно, можно предположить, что точность их определения – более высокая. Такой результат можно объяснить тем, что график $P-\Delta S$ имеет резко выраженный излом в районе расчетной точки, по которому эту точку легко зафиксировать. Этот излом имеет и четкую физическую интерпретацию – он соответствует началу процесса интенсивного пластического деформирования, который, как отмечается в литературе, а также зафиксировано в наших экспериментах, происходит скачкообразно [2]. Именно в этот момент начинается движение трещины, что и необходимо зафиксировать при испытаниях.

Библиографический список:

1. ГОСТ 25.506-85. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. - М: Изд. стандартов, 1985. - 61 с.
2. Куриленко Г.А., Пшеничный А.Б. . Способ определения трещиностойкости материалов: а.с. СССР № 1820278, МКИ³ G 01 N 3/00; заявл. 21.03.1990; опубл. 07.06.93, Бюл. №21. - 14 с.
3. Куриленко Г.А. Исследование повреждаемости металлов термодинамическим способом // Известия томского политехнического университета. 2015. №3. Том 326. С. 105–109.

4. Ding P., Wang X. Solutions of the second elastic-plastic fracture mechanics parameter in test specimens // Engineering Fracture Mechanics. – 2010. – Vol. 77. – P. 3462-3480.

5. Куриленко Г.А., Мазко Т.И. Термографический метод определения индивидуальных пределов выносливости // Сб. трудов XVII Всероссийской научно-технической конф. Наука, Промышленность, Оборона. Т.1. Новосибирск, НГТУ, 2016. – С. 118-123.

DETERMINATION OF THE STATIC FRACTURE TOUGHNESS BY THERMOGRAPHIC METHOD

George A. Kurilenko¹, doctor of technical Sciences, Professor, Professor of Strength of Aircrafts Department, e-mail: gkurilenko@mail.ru.

Egor A. Nikitin¹, student, e-mail: teormech@ngs.ru.

¹Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, K. Marx av., 20.

Abstract. Static fracture toughness characteristics are traditionally determined in tests of standard specimens using a P-V curve, where P is the load and V is notch-opening displacement. This curve has a characteristic point Q . At the load P_Q corresponding to this point, the crack starts to propagate. For this load, the fracture toughness characteristics are then calculated. In brittle (elastic) fracture, the P-V curve at the onset of crack propagation has an extremum (or a local extremum), from whose ordinate P_Q is determined with sufficient accuracy. In ductile and elastic-ductile fracture, P-V curves are monotonically increasing, and P_Q is calculated using the 5% secant offset method without taking into account the characteristics of the material, so that the P_Q is determined inaccurately. To improve the accuracy of P_Q determination, we propose a thermographic method for these cases. This method involves plotting the load P against the temperature change ΔT over a relatively short period of time at the notch tip. This plot is then transformed to a $P - \Delta S$ curve, where ΔS is the specific entropy increment at the notch tip, which is calculated through ΔT . This thermodynamic diagram has a characteristic step at the beginning of crack propagation, and from the ordinate of this step, P_Q can be determined much more accurately.

Key words: temperature, specific entropy, characteristic load, static fracture toughness characteristics.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ФОРМИРОВАНИЯ АМОРФНЫХ СТРУКТУР ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ СВАРКЕ ВЗРЫВОМ ФОЛЬГИ НИОБИЯ И ПЛАСТИНЫ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ

Кучумова Иванна Денисовна

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

Кучумова И. Д., e-mail ivannakz@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Кучумова Иванна Денисовна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20

Аннотация

Данная работа посвящена исследованию структуры сварного шва полученного при сварке взрывом фольги ниобия и пластины из нержавеющей стали. Анализ результатов исследования показал, что в процессе сварки образовался сварной шов имеющий волнообразную морфологию. В вершинах и впадинах образовавшихся волн сформировались вихревые зоны. Методом просвечивающей электронной микроскопии было установлено, что вихревые зоны имеют аморфную структуру. Это подтвердили результаты измерения микротвердости по Виккерсу. Так же в работе приведены анализ причин аморфизации вихревых зон и результаты моделирования процесса охлаждения сваренных взрывом материалов.

Ключевые слова:

Биметалл, расчет изменения температуры, сечение образца, аморфная структура, сварка взрывом, метод конечных разностей.

1. Введение

Сварка взрывом является одним из методов получения соединения между разнородными металлами. Как правило, в процессе сварки взрывом метаемая пластина, разгоняемая за счёт энергии взрыва, соударяется под углом с неподвижной пластиной [1, 2]. Высокие давления, возникающие в процессе соударения, обеспечивают плотный контакт между свариваемыми материалами.

В данной работе рассматривается возможность сварки взрывом фольги ниобия и пластины нержавеющей стали. В связи с высокой коррозионной стойкостью и низкой токсичностью такого рода биметаллические материалы могут быть использованы, например, в химической промышленности или для применения в биомедицине. В то же время, данные о структуре и свойствах таких соединений в литературе отсутствуют [3, 4].

Целью данной работы является исследование структуры и свойств сваренных взрывом материалов. Более подробно были исследованы вихревые зоны, так как в литературе содержится мало информации о них. Для достижения поставленной цели образцы были исследованы методами оптической и электронной микроскопии, была определена микротвердость на поперечном сечении образца.

2. Материалы и методы исследования

В качестве исходных материалов использовались – фольга ниобия размерами 50x50x0,1 мм и пластина нержавеющей стали размерами 70x70x3мм. Сварка осуществлялась под водой по технологии, предложенной К. Хокамото[2].

Полученный биметалл исследовался методами оптической микроскопии (микроскоп *Carl Zeiss Axio Observer A1m*), растровой электронной микроскопии (*Carl Zeiss EVO 50 XVP*) и просвечивающей электронной микроскопии (*Tecnai G2 20*). Элементный состав полученных материалов определялся при помощи метода энергодисперсионного микрорентгеноспектрального анализа (*Oxford Instruments X-Axt*). Микротвердость поперечного сечения образца измерялась методом Виккерса.

3. Результаты и обсуждение

Изображения, полученные методом оптической микроскопии показали, что сварной шов имеет волнообразную поверхность, типичную для сварки взрывом. Так же на изображении видно, что в сварном шве отсутствуют дефекты (непровары, изгибные деформации и др.). На вершинах и впадинах волн образовались вихревые зоны.

При определении элементного состава вихревых зон было установлено, что в состав вихревых зон входят элементы, характерные для исходных материалов. Элементный состав этих зон представлен в таблице.

Таблица

Элементный состав вихревых зон

Fe (вес. %)	Cr (вес. %)	Ni (вес. %)	Nb (вес. %)
38,94	10,45	4,17	40,26

При исследовании микротвёрдости образцов, было установлено, что микротвердость вихревых зон составляет около 1500 единиц по Виккерсу. Это значение микротвердости в разы превышает значения микротвердости исходных материалов. Это говорит о том, что материал вихревой зоны имеет структуру, которая кардинально отличается от структуры исходных материалов.

При исследовании вихревых зон на просвечивающем электронном микроскопе удалось установить, что материал в этих зонах имеет аморфную структуру [5, 6].

4. Анализ причин аморфизации вихревых зон

Основными причинами аморфизации вихревых зон является высокая скорость охлаждения и удачное сочетание свариваемых материалов. Существует три имперических правила Акихиша Иноуе [7], соблюдение

которых в сочетании с высокой скоростью охлаждения, позволяет получать материалы в аморфном состоянии:

1. Количество химических элементов, входящих в состав сплава должно быть более 3;

2. Разница в диаметрах атомов химических элементов, входящих в состав сплава, должна превышать 12 %;

3. Теплота смешивания элементов должна быть отрицательной.

Из таблицы один видно, что в состав вихревых зон входит более трех элементов. Соотношение атомных радиусов элементов и показателей энтальпии смешивания показало, что материалы подобраны так, что в процессе сварки взрывом ниобия и нержавеющей стали были получены вихревые зоны с аморфной структурой (соблюдены правила А. Иноуэ).

При моделировании процесса охлаждения сваренных взрывом материалов по сечению биметалла было использовано уравнение теплопроводности, которое относится к дифференциальным уравнениям в частных производных. Для решения дифференциальных уравнений в частных производных можно использовать метод конечных разностей. Для решения уравнения теплопроводности были введены некоторые допущения, начальные и граничные условия. Рассчитанные профили распределения температуры по сечению образца представлены на рисунке. В процессе моделирования было установлено, что скорость охлаждения сварного шва составляет $6,45 \cdot 10^7$ К/сек.

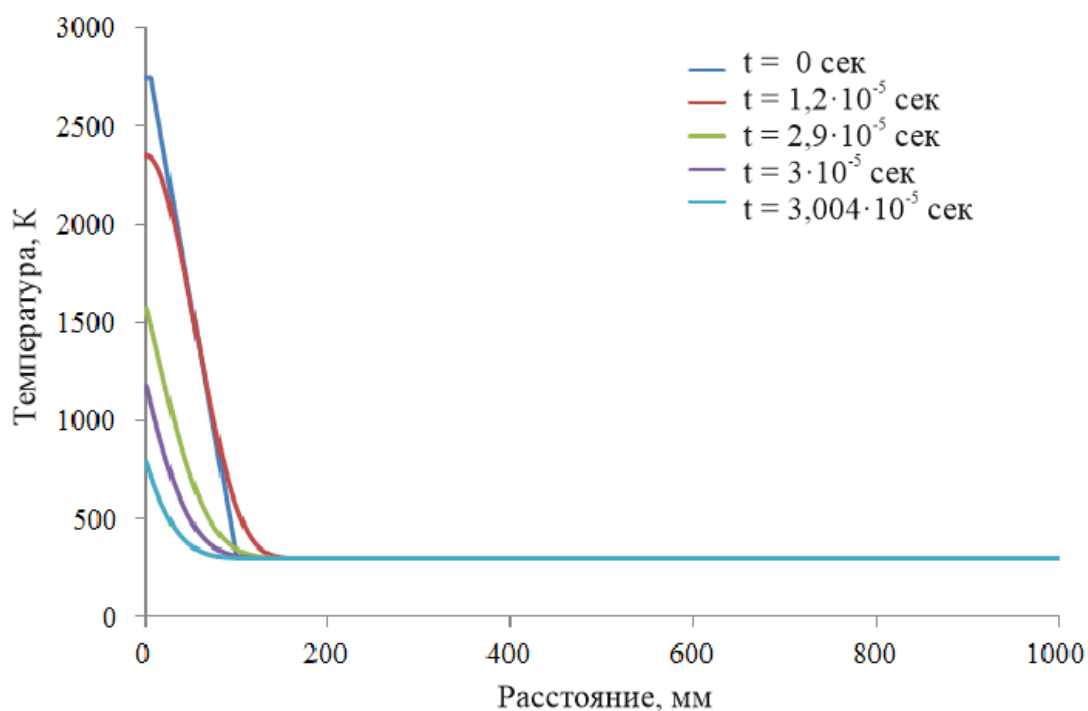


Рисунок - Рассчитанные профили распределения температуры по сечению образца

5. Выводы

Исследование структуры сварного шва методом оптической и растровой микроскопии позволило установить, что в процессе сварки взрывом сформировалась бездефектная волнообразная поверхность раздела. Высокая

скорость охлаждения и подобранный химический состав пластин привели к формированию аморфной структуры вихревых зон. Это подтвердили изображения, полученные методом просвечивающей электронной микроскопии и измерения микротвердости образца по Виккерсу.

Моделирование процесса охлаждения сваренных взрывом материалов показало, что в процессе сварки взрывом скорость охлаждения вихревых зон составляет $6,45 \cdot 10^7$ К/сек, которая является достаточной для аморфизации структуры.

Библиографический список:

1. Дерibas А.А. Физика упрочнения и сварки взрывом. 2-е изд., доп. и перераб. - Новосибирск: Наука, 1980. – 224 с.
2. Захаренко И.Д. Сварка металлов взрывом. - Минск: Наука и техника, 1990. - 205 с.
3. Лысак В.И., Кузьмин С.В. Сварка взрывом. - М.: Машиностроение, 2005. - 544 с.
4. Lazari L.G. Explosive welding and its practical applications // Welding Review. May 1988. P. 74-78.
5. Судзуки К., Фудзимори Х., Хасимото К. – Аморфные материалы / Под. ред. Масумото Ц.; Пер. с япон. - М.: Металлургия, 1987. - 328 с.
6. Батаев И.А., Кучумова И.Д., Матц О.Э., Лазуренко Д.В., Малютин Ю.Н. Аморфные и квазикристаллические структуры, формирующиеся при сварке взрывом разнородных материалов // 1 Annual Russian national conference on nanotechnologies, nanomaterials and microsystems technologies, NMST–2016. June 2016. Novosibirsk : NSTU, 2016. P. 110-112.
7. Inoue A. Stabilization and high strain-rate super plasticity of metallic super cooled liquid // Materials Science and Engineering. A. 1999. V. 267. №2. P. 171–183.

ANALYSIS OF CAUSES FORMING AMORPHOUS STRUCTURES OBTAINED BY EXPLOSION WELDING OF NIOBIUM FOIL AND STAINLESS STEEL PLATES

Kuchumova Ivanna Denisovna

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

Kuchumova I. D., e-mail ivannakz@mail.ru

Abstract

The explosion welding is one of the most common and promising methods for producing composite materials. The wavelike weld is formed with regions where material of blanks get mixed up. These zones are called vortex zones.

Research of the structure was carried out by optical, scanning electron and transmission electron microscopy. Optical microscopy allows to determine the nature of the weld and any visible defects. Scanning electron microscopy makes it possible to observe the material mixing process. Transmission electron microscopy enables to determine the structure of the vortex zones and the process of change in the structure of materials in the zones near the weld. The estimation of microhardness of vortex zones was carried out by measuring the Vickers microhardness. The paper also presents the attempts to analyze and articulate the reasons for the formation of particular structures of vortex zones and reports the calculations of the cooling rate of the material at the boundary of welded blanks explosion.

Keywords: explosion welding, amorphous structure, finite difference method.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖСЛОЙНОЙ ГРАНИЦЫ В БИМЕТАЛЛЕ АЛЮМИНИЙ-МАГНИЙ, СФОРМИРОВАННОМ СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ

Матц Ольга Эвальдовна, студент, Зимоглядова Ольга Алексеевна, студент

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

Матц О. Э., e-mail o.matts@mail.ru

Зимоглядова О. А., e-mail zimogldv@rambler.ru

Адрес для корреспонденции: Матц Ольга Эвальдовна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел.: (905)-095-56-72

Аннотация

В данной статье рассматривается актуальная проблема соединения тонких пластин алюминия и магния. Указанные материалы могут быть получены классическими технологиями. Однако в таких условиях образуется относительно большая зона хрупкого соединения и, как правило, разрушается. Для формирования относительно небольшой зоны соединения предлагается использовать технологию сварки взрывом. Результаты исследования показали, что межслойная граница в образцах Al-Mg имеет волновой тип. Кроме того, между алюминием и магнием обнаружено формирование вихревых зон. Установлено, что для этих зон значение микротвердости значительно выше уровня микротвердости исходных материалов. Элементный анализ показал, что вихревые зоны представляют собой сплав алюминия с магнием. Методом просвечивающей микроскопии было установлено, что зона соединения имеет квазикристаллическое строение.

Ключевые слова

сварка взрывом; алюминиевые сплавы; магниевые сплавы; высокоскоростное охлаждение; высокоскоростная пластическая деформация

1. Введение

В настоящее время очень часто применяются магниевые и алюминиевые сплавы из-за их относительно низкой плотности. Существует различные методы формирования композитов из алюминия и магния. В результате соединения таких материалов, например, сваркой плавлением, сваркой трением или диффузионной сваркой формируется большая зона дефектного соединения. В данной работе предлагается использовать технологию сварки взрывом, поскольку в процессе сварки не успевают протекать диффузионные процессы и формируется относительно небольшая зона соединения. Однако результаты исследования технологии сварки взрывом алюминия и магния обсуждаются крайне редко. Поэтому в данной работе рассматривается формирование биметалла типа "алюминий-магний" методом сварки взрывом. Технология позволяет получать прочные сварные соединения между разнородными

материалами. Результаты исследований сварки взрывом разнородных материалов часто обсуждаются в работах [1-2].

2. Материалы и методы

Материалом исследования являются биметаллы из технически чистых пластин алюминия и пластин магниевого сплава. Сварка производилась в университете г. Кумамото (Япония). Была выбрана технология подводной сварки для того, чтобы избежать существенной пластической деформации тонких пластин.

Структуру межслойных границ изучали с использованием методов оптической металлографии, просвечивающей электронной микроскопии, а также растровой электронной микроскопии. Технологический процесс подготовки шлифов для проведения металлографических исследований включал операции шлифования заготовок абразивными шкурками (SiC) и полирования с использованием алмазных суспензий и коллоидного раствора оксида кремния. Структуру исходных заготовок и наплавленных электронным лучом материалов выявляли на металлографическом микроскопе Carl Zeiss Axio Observer Z1m.

Более тонкие детали строения материалов были изучены на электронном микроскопе FEI Tecnai G2 20 TWIN при ускоряющем напряжении 200 кВ. Фольги для исследований были приготовлены с использованием операций электроискровой резки заготовок, механического утонения пластин на абразивных шкурках до толщины 100 мкм, шлифования лунок и окончательного утонения ионным пучком на установке Gatan PIPS 659. Микрорентгеноспектральный анализ был выполнен на растровом электронном микроскопе Carl Zeiss EVO 50 XVP, оснащённом приставкой EDX X-Act.

Микротвердость сваренных взрывом материалов была оценена по методу Виккерса. В качестве индентора использовалась алмазная пирамида, нагрузка на индентор составила 0,1 кг. Измерения микротвердости проводились в направлениях от середины вихревых зон к исходным материалам.

3. Результаты и обсуждение

Результаты металлографического анализа показали, что между алюминием и магнием образовалось соединения с волновой структурой. При больших увеличениях отчётливо наблюдается, что сформировалась бездефектная зона соединения. При этом размер волны увеличивается в направлении от точки инициирования взрыва (рис. 1).

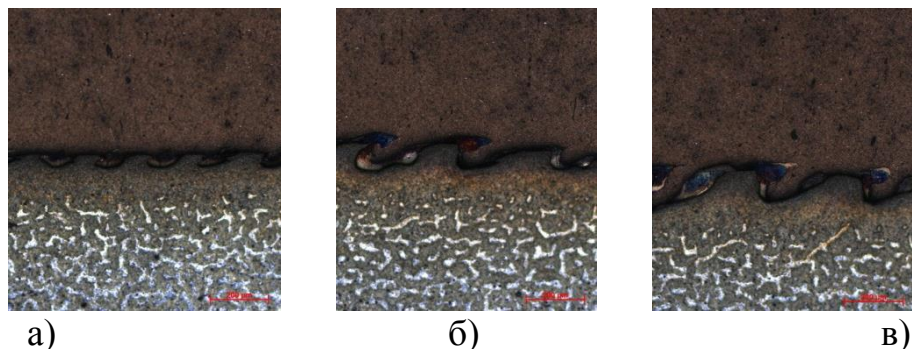


Рис. 1. Зона соединения, сформированная сваркой взрывом между алюминием и магнием: а) начало, б) середина, в) конец

Исследования микроструктуры на растровом электронном микроскопе показали, что в крупных зонах перемешивания формируются вихревые зоны (рис. 2). При этом, в различных областях сварного соединения был оценен элементный состав (рис. 3, табл. 1).

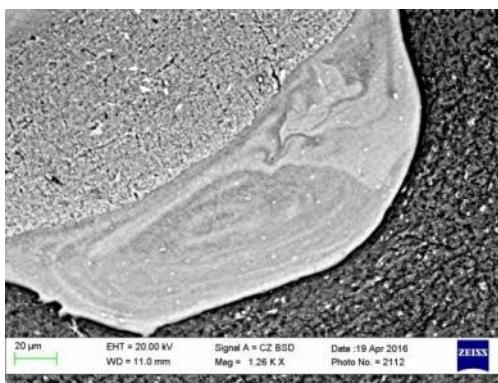


Рис. 2. Изображение вихревого течения материалов в образце алюминий-магний

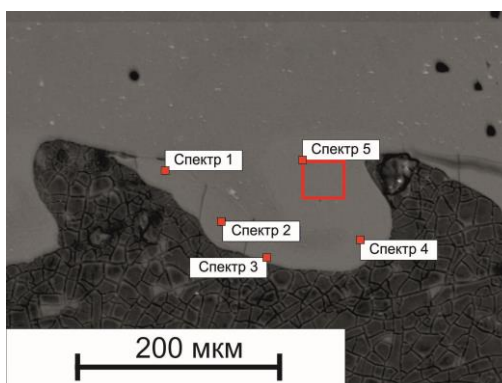


Рис. 3. Химический состав в различных зонах образца Al-Mg

Элементный состав образца Al-Mg

№ спектра	Al, ат. %	Mg, ат. %
1	58,22	41,78
2	50,76	49,24
3	61,45	38,55
4	64,06	35,94
5	61,91	38,09

По исследованию микротвёрдости показано, что для зоны сварного соединения характерно значение микротвёрдости 320 HV по сравнению со значениями исходных материалов 50-100 HV (рис. 4).

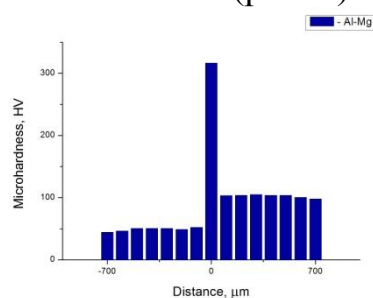


Рис. 4. Распределение микротвёрдости в образце системы Al-Mg

Анализ дифракционных картин, полученных на просвечивающем электронном микроскопе, показал, что для вихревых зон характерно квазикристаллическое строение (рис. 5).

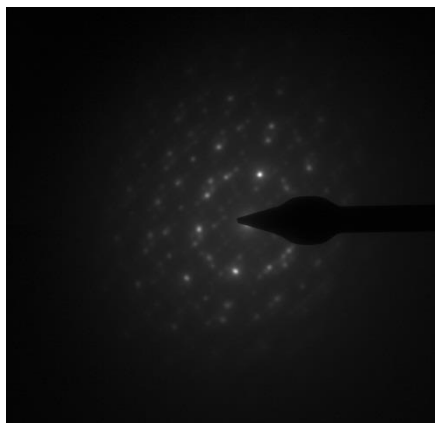


Рис. 5. Квазикристаллическая структура вихревых зон в образце Al-Mg, полученном сваркой взрывом

4. Выводы

Проведенное исследование показало, что применение технологии подводной сварки взрывом позволяет формировать качественное относительно небольшое сварное соединение между алюминием и магнием. В результате высоких скоростей охлаждения материалов формируются вихревые зоны, которые обладают высокой твердостью и имеют квазикристаллическое строение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lazurenko D., Ogneva T., Bataev I., Mali V. Formation of intermetallics at the interface of explosively welded Ni-Al multilayered composites during annealing. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2016. – Vol. 124, № 1. – Art. 012132 (6 p.). - DOI: 10.1088/1757-899X/124/1/012132.
2. Bataev I.A., Tanaka S., Kuchumova I.D., Matts O.E. Metastable structures formed at the interface in explosively welded materials. 12 International symposium on explosive production of new materials : science, technology, business and innovations, Portugal, Coimbra, 2016. - pp. 21-22. - ISBN 978-989-99080-6-2.

INVESTIGATION INTERLAYER BOUNDARY OF ALUMINUM-MAGNESIUM BIMETAL FORMED BY EXPLOSION WELDING

Matts O.E., student, Zimoglyadova O.A., student

E-mail: o.matts@mail.ru

E-mail: zimogldv@rambler.ru

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

Abstract

In this paper the problem of aluminum-magnesium joint is discussed. It is difficult to get the high-quality weld zone between the materials. It is known that the technology of explosion welding provides a very thin interlayer boundary. To produce the bimetal from aluminum and magnesium, the method of underwater explosion welding was used. The research results showed that there is a wave boundary in the Al-Mg bimetal. Besides, there are vortex zones at the interlayer boundary which have the high level of the microhardness. It is found that the vortex zones are the alloys from Al and Mg. Study of the phase compound of the vortex zones showed that they have the quasicrystalline structure.

Keywords

Explosion welding; aluminum alloys; magnesium alloys; rapid solidification; high-speed plastic deformation

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ ИЗ АЛЮМИНИДОВ НИКЕЛЯ, ПОЛУЧЕННЫХ СВЕРХЗВУКОВЫМ ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

Рубцова Оксана Александровна

Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8-929-303-60-50

Рубцова О. А., email oksana.rubtsova@ya.ru

Адрес для корреспонденции: *Рубцова Оксана Александровна*,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8-929-303-60-50

Аннотация

Алюминиды никеля характеризуются высокой температурой плавления, низкой плотностью, хорошей теплопроводностью и коррозионной стойкостью. Известно, что покрытия из данного материала обладают хорошей адгезией с основным металлом. Одним из эффективных способов нанесения покрытий из алюминидов никеля является плазменное напыление, однако сформированные покрытия имеют высокую пористость. Решить проблему можно повышением скорости частиц в плазменной струе до сверхзвуковых скоростей. В данной работе сравнивали структуру и свойства покрытий из порошка ПН85Ю15, нанесенных при помощи узла кольцевого ввода порошка с дозвуковой и сверхзвуковой скоростью. Пористость «сверхзвуковых» покрытий ~ 3 %, микротвердость – около 430 НV.

Ключевые слова: сверхзвуковое плазменное напыление, интерметаллиды, алюминид никеля, покрытие, пористость.

Введение

Алюминиды никеля привлекают значительное внимание благодаря своей сравнительно низкой плотности, высокой температуре плавления, хорошей теплопроводности и коррозионной стойкости [1]. Указанные материалы находят широкое применение в качестве защитных покрытий для изделий авиационной и аэрокосмической техники, машиностроения [1].

Существуют различные способы формирования покрытий из алюминидов никеля: высокоскоростное газопламенное напыление [2], электроннолучевая наплавка [3], диффузионное насыщение [4], плазменное напыление [5]. Одним из наиболее эффективных и экономичных методов нанесения покрытий является плазменное напыление. Данный метод обладает рядом преимуществ: высокая температура плазмы позволяет напылять порошки тугоплавких материалов, возможность регулировать температуру и скорость плазменной струи, а также возможность использования инертных газов для защиты частиц от окисления. Среди недостатков отмечают высокую пористость покрытий, которая обычно составляет 10...15 % [5,6].

Снизить пористость, а также повысить адгезионную прочность можно повышая скорость напыляемых частиц. Перспективным направлением в технологии плазменного напыления является сверхзвуковое напыление. Целью данной работы являлось изучение структуры покрытий, полученных плазменным напылением с применением в конструкции сверхзвукового сопла.

Материалы и методы исследования

Воздушно-плазменное напыление выполняли в ИТПМ СО РАН при помощи плазмотрона ПНК–50, оснащенного узлом кольцевого ввода порошка с газодинамической фокусировкой. Напыление покрытий проводили в дозвуковом и сверхзвуковом режиме. В качестве напыляемого материала использовали порошок ПН85Ю15 размерами 40...100 мкм. Химический состав порошка: 84,1 вес. % Ni, 15,9 вес. % Al. Покрытия наносили на трубы из стали 20. Перед напылением поверхность стальных труб подвергали пескоструйной обработке. Ранее были определены оптимальные режимы плазменного напыления для выбранного порошка: ток дуги – 200 А, напряжение – 223 В, защитный газ - смесь воздуха и пропан-бутана, транспортирующий, фокусирующий и плазмообразующий газы – воздух. Дистанция напыления составляла 170 мм [7]. После напыления для снижения уровня остаточных напряжений проводили отжиг стальных труб с покрытиями при температуре 300 °С в течение 3 часов.

Структурные исследования проводили на оптическом микроскопе Carl Zeiss Axio Observer A1m. Микротвердость покрытий оценивали на приборе Wolpert Group 402MVD при нагрузке 50 г. Пористость покрытий оценивали при помощи программного обеспечения Axio Vision Multiphase (Carl Zeiss).

Результаты и обсуждение

Ранее было показано, что с точки зрения получения более плотных покрытий с высокими эксплуатационными характеристиками, оптимальными режимами плазменного напыления порошка марки ПН85Ю15 является ток дуги от 140 до 200 А и использование смеси воздуха и пропан-бутана только в качестве защитного газа. Наиболее плотные покрытия (5,77 %) были получены на токе 200 А с пониженным количеством пропан-бутана [7]. Изображение покрытия, полученного на этом режиме представлено на рисунке (а, б). Видно, что в покрытии присутствует незначительное количество неоплавленных частиц. Средняя микротвердость покрытий составила 610 HV.

Для сравнения на рисунке (в, г) приведено изображение покрытий, полученных на сверхзвуковой скорости. Дефектов в виде трещин и отслоений не наблюдается. В отличие от покрытий, полученных на дозвуковых скоростях, исследуемые покрытия состоят из расплавленных и продеформированных во время удара частиц. Предположительно, материал покрытия состоит из двух фаз, Ni_5Al_3 и Ni_3Al соответственно. Пористость покрытий составила 3 %. Также в структуре присутствуют тонкие оксидные пленки. Среднее значение микротвердости покрытия составляет 430 HV.

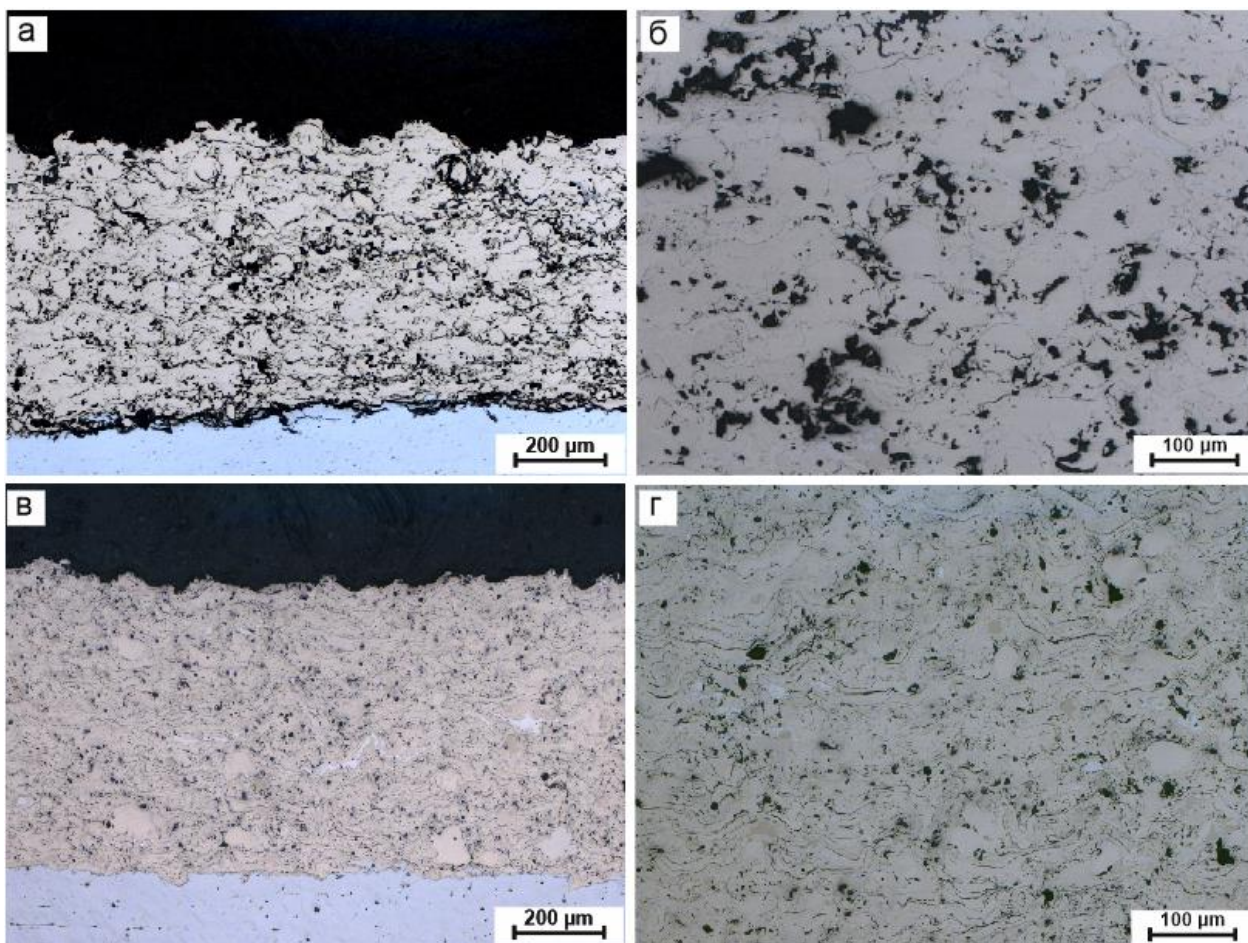


Рисунок – Структура покрытия: а, б – дозвуковой режим напыления; в, г – сверхзвуковой режим напыления.

Выводы

Показано, что плазменное напыление на сверхзвуковых скоростях позволяет снизить пористость покрытий в 2 раза (до 3 %), при этом значения микротвердости снизилось на 30 %. Целью дальнейших исследований являются более глубокие структурные исследования полученных покрытий.

Библиографический список:

1. Симс Ч. Т., Столлофф Н. С., Хагель У.К. Суперсплавы II: Жаропрочные материалы для аэрокосмических и промышленных энергоустановок - М.: Металлургия, 1995. 384 с.
2. Нанесение покрытий из интерметаллидных Ni-Al соединений методом высокоскоростного воздушно-топливного напыления / В.М. Кисель [и др.]. Авиационно-космическая техника и технология, 2009. 10 (67). С. 50–55.
3. Зимоглядова Т.А., Иванова А. В. Электронно-лучевая наплавка высокопрочных борсодержащих покрытий. XV международная научно-техническая Уральская школа-семинар металловедов-молодых ученых. Екатеринбург, 8-12 декабря 2014: сборник научных трудов. Екатеринбург: УрФУ, 2014. С. 373-375.
4. Microstructure and Oxidation Resistance of an Aluminide Coating on the

Nickel Based Superalloy Mar M247 Deposited by the CVD Aluminizing Process / M. Zielińska [etc.]. ARCHIVES OF METALLURGY AND MATERIALS, 2013. Vol. 58, No. 3. P.697-701.

5. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление / Пер. с япон. В.Н. Попова; Под ред. В.С. Степина, Н.Г. Шестеркина. М.: Машиностроение, 1985. 240 с.

6. Кудинов В. В. Плазменные покрытия. М.: «Наука», 1977. 184 с.

7. Корниенко Е.Е., Муль Д.О., Рубцова О.А., Ващенко С.П., Кузьмин В.И., Гуляев И.П., Сергачёв Д.В. Влияние режимов плазменного напыления на структуру и свойства покрытий из Ni3Al // Теплофизика и аэромеханика. 2016. Т. 23. №6. С. 957-966.

INVESTIGATION OF COATINGS FROM NICKEL ALUMINIDES FORMED BY SUPERSONIC PLASMA SPRAYING

Rubtsova Oksana Aleksandrovna

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Pr. K.Marksa, 20, tel. 8-929-303-60-50

Rubtsova O. A., email oksana.rubtsova@ya.ru

Abstract

Nickel aluminides are widely used as protective coatings for aeronautical and aerospace engineering due to their relatively low density, high melting point, good thermal conductivity and corrosion resistance. One of the most efficient and economical methods of coating deposition of nickel aluminides is plasma spraying. The disadvantage of this method is the high porosity of the formed coatings. The problem can be solved by increasing the particle velocity in the plasma jet to supersonic velocities. The structure and properties of the coatings from the powder 85Ni15Al, were compared in this work. The coatings were applied using a unit of annular input powder focusing with subsonic and supersonic speed. The porosity of "supersonic" coatings is about 3%, microhardness is about 430 HV.

Keywords: supersonic plasma spraying, intermetallic compounds, nickel aluminide, coatings, porosity.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ IN-SITU
ИССЛЕДОВАНИЯ ЭВОЛЮЦИИ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ ТРИБОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ¹**

*Смирнов Андрей Борисович¹, студент,
Хохлов Алексей Дмитриевич¹, студент,
Буров Владимир Григорьевич¹, профессор*

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

Смирнов А.Б., e-mail andrei_smirnov_1996@mail.ru
Хохлов А.Д., e-mail hohlov_alesha@mail.ru
Буров В.Г., e-mail v.burov@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Буров Владимир Григорьевич,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)370-98-10

Аннотация:

В статье представлена информация о конструкции экспериментальной установки, позволяющей провести структурные исследования с использованием дифрактометрии синхротронного излучения с целью получения информации об эволюции структуры поверхностного слоя триботехнических металлических материалов с момента возникновения пластического деформирования сухим трением скольжения вплоть до возникновения необратимых структурных изменений.

Ключевые слова:

Дифрактометрия, синхротронное излучение, трение скольжение, эволюция структуры.

1. Введение

Способность материала сопротивляться изнашиванию в процессе трения скольжения определяется его химическим составом и структурным состоянием, химическим составом и структурным состоянием поверхностного слоя контактирующего тела, а также условиями, в которых происходит изнашивание. В процессе трения в поверхностных слоях трущихся тел происходят структурные изменения, часть из которых имеет необратимый

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» в рамках соглашения № 14.586.21.0026 на выполнение проекта по теме: «In-situ исследование быстропротекающих структурных превращений в металлических сплавах в процессе трения с использованием синхротронной микродифрактометрии», уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI58616X002

характер и которые могут быть зафиксированы структурными исследованиями по завершению процесса. В то же время, имеется другая часть структурных изменений, которые имеют место только в процессе трения, когда структура материалов трущихся тел изменяется только на время деформационного воздействия и после его снятия эти изменения исчезают. Получение полного представления об обеих составляющих структурных изменений в поверхностных слоях трущихся материалов имеет важное значение для имеющие место в поверхностном слое материала в процессе трения, можно делать заключение по результатам рентгеноструктурного анализа с использованием синхротронного излучения. Высокая интенсивность излучения позволяет получать картины дифракции в короткие промежутки времени, последовательность которых представляет собой «дифракционное кино». Измерение ширины рентгеновских линий и смещения центров пиков, свидетельствующих об эволюции структуры материала непосредственно в процессе трения, позволяют вычислить напряжения первого рода, размер областей когерентного рассеяния и упругие микроискажения кристаллической решетки [1]. Для проведения микродифрактометрических исследований с использованием синхротронного излучения высокой концентрации разработана установка, обеспечивающая позиционирование трущейся поверхности образца об индентор относительно рентгеновского луча, имеющего диаметр от 1 мкм до 1 мм и падающего на поверхность трения исследуемого образца в непосредственной близости от индентора, к которому она прижимается.

2. Исходные требования к конструкции экспериментальной установки

Экспериментальная установка предназначена для обеспечения следующих функций: - вращение цилиндрического образца с угловой скоростью $1...5 \pm 0,05 \text{ с}^{-1}$; - позиционирование поверхности трения (торец и периферия цилиндрического образца) относительно рентгеновского луча станции синхротронного излучения; - обеспечение регулируемого давления между индентором и трущейся поверхностью образца в пределах 10...70 МПа. Компоновка установки должна обеспечивать возможность прохождения рассеянного излучения в верхней полусфере пространства, расположенной за падающим рентгеновским лучом. Габаритные размеры исследуемых образцов не должны превышать 70 x 15 мм. Крутящий момент на образце должен обеспечивать возможность проведения исследований эволюции структуры, формируемой в контакте с индентором из инструментальной стали Р6М5 или твердого сплава ВК 8, следующих материалов: стали различного химического состава после различной термической обработкой, медь и медные сплавы, алюминиевые сплавы.

3. Описание конструкции экспериментальной установки

Экспериментальная установка имеет конструкцию, состоящую из следующих модулей (рисунок 1):

- привод вращения образца (поз. 1), снабженный цанговым переходником

(поз. 2) для установки и крепления исследуемого образца (поз. 3);

- система прижима образца к индентору, состоящая из основания (поз. 4), станины (поз. 5), корпуса с линейными шариковыми направляющими (поз. 6), корзины для груза (поз. 7) и рычага (поз. 8), обеспечивающего прижим исследуемой поверхности вращающегося образца к индентору (поз. 9).

Наличие двух корпусов: корпуса системы прижима образца к индентору (поз. 6) и корпуса привода (поз. 1) - позволяет позиционировать образец относительно индентора как по торцу (рис. 1а), так и по периферии (рис. 1б). Для реализации двух схем трения экспериментальная установка снабжена двумя вариантами переключателей (поз. 10 и поз. 11) с корпусами для крепления индентора. Усилие прижатия вращающегося образца к индентору обеспечивается грузом, который устанавливается в корзину (поз. 7).

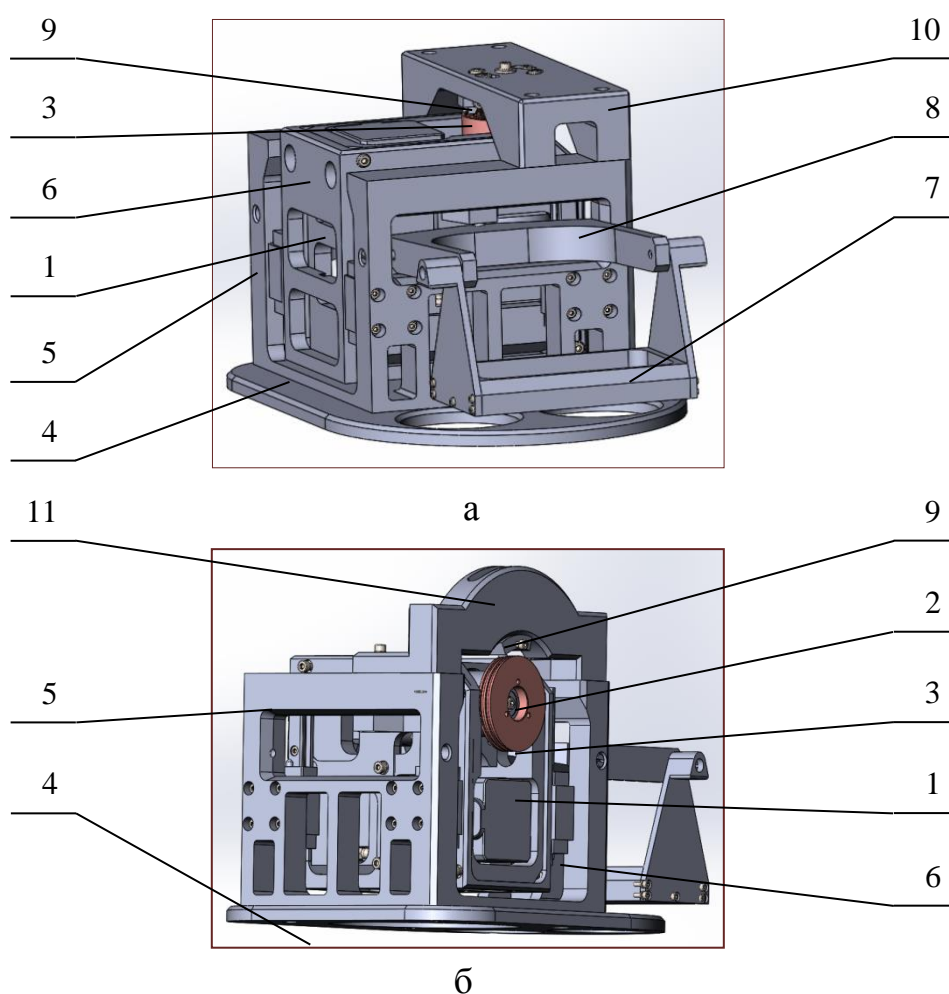


Рис. 1. Скриншот 3-D модели экспериментальной установки для исследования с использованием синхротронного излучения эволюции структуры металлических материалов триботехнического назначения: а - компоновка установки для трения торцевой поверхности образца; б - компоновка установки для трения периферийной поверхности образца

Установка позиционируется на станции синхротронного излучения таким образом, чтобы рентгеновский луч диаметром от 1 мкм до 1 мм (диаметр луча

определяется интенсивностью излучения) попадал на поверхность образца в непосредственной близости от индентора. Исследуемая поверхность вращающегося образца, выполненная в виде кольца на его торце или периферии, прижимается снизу вверх к индентору с заданным усилием. Дифракционная картина, полученная в результате взаимодействия луча с поверхностным слоем образца, считывается одно- или двухкоординатным детектором, расположенным за образцом. В случае использования однокоординатного детектора используется гониометр, Двухкоординатный детектор позволяет увеличить временную дискретность записи. Расшифровка записанного в компьютерной памяти «дифракционного кино» дает представление об изменениях, происходящих в поверхностном слое при сухом трении скольжения с разными скоростями и при разных давлениях в течение времени вплоть до момента возникновения необратимых изменений.

4. Результаты

На разработанной и изготовленной установке проведены In-situ исследование быстропротекающих структурных превращений в меди в процессе трения с использованием синхротронной микродифрактометрии. В процессе проведения исследований внесены предложения по совершенствованию конструкции установки применительно к синхротронной микрофокусной линии ID13 (ID13 Microfocus Beamline), Гренобль (Франция), расположенной в Европейском центре синхротронного излучения.

5. Выводы

Разработанная и изготовленная экспериментальная установка позволяет проводить дифрактометрию поверхностного слоя металлических материалов, непосредственно в процессе трибологического нагружения.

Библиографический список:

1. Батаев А.А., Буров С.В., Батаев И.А., Буров В.Г. Анализ стабильности структуры поверхностных слоев меди в процессе трения скольжения методом дифрактометрии с использованием синхротронного излучения // Известия высших учебных заведений. Физика. 2016. Т. 59. [№ 2](#). С. 131-132.

EXPERIMENTAL SETUP FOR IN-SITU STUDIES OF STRUCTURE
EVOLUTION OCCURRING IN METALLIC MATERIALS FOR TRIBOLOGICAL
USAGE

Smirnov Alexander Borisovich, student
Khokhlov Alexey Dmitrievich, student
Burov Vladimir Grigor'yevich, Professor
Novosibirsk State Technical University, 630073, 20 Karl Marx Avenue, Novosibirsk,
Russia

Smirnov A.B., e-mail andrei_smirnov_1996@mail.ru

Khokhlov A.D., e-mail hohlov_alesha@mail.ru

Burov V.G., e-mail v.burov@corp.nstu.ru

Corresponding author: Burov V.G.

Novosibirsk State Technical University, 630073, 20 Karl Marx Avenue, Novosibirsk,
Russia, tel. +7 (913) 370-98-10

Abstract:

The article presents information about the design of an experimental setup that allows structural studies using synchrotron radiation diffractometry to obtain information on the surface structure evolution of tribological metallic materials from the time when plastic deformation of dry sliding friction starts to the occurrence of irreversible structural changes

Key words: Diffractometry, synchrotron radiation, sliding friction, structure evolution

ПОВЫШЕНИЕ ПЛОТНОСТИ КОМПАКТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМООКСИДНЫХ БРОНЕКЕРАМИЧЕСКИХ ПЛИТОК

Фелофьянова Анна Владиславовна, студент; Кузьмин Руслан Изатович, аспирант, Черкасова Нина Юрьевна, аспирант

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (953)879-78-94

Фелофьянова А.В. email Aniytka1993@mail.ru

Кузьмин Р.И. email kuzia2-62@yandex.ru

Черкасова Н.Ю. email ninacherkasova60@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Фелофьянова Анна Владиславовна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (953)879-78-94.

Аннотация

В данной статье рассмотрена возможность использования парафиновой эмульсии в качестве органической добавки для повышения плотности керамических компактов. Рассмотрен способ получения гранул методом протирки. Поставлена задача – получение плотных бездефектных компактов. Изучено влияние давления прессования на плотность компактов и дефектность их структуры. Определено, что с повышением давления прессования относительная плотность компактов повышается до 80 % от теор. Минимальное количество дефектов структуры прессовок наблюдается у образцов, полученных при давлении прессования 75 МПа. Предполагается, что в процессе последующего спекания произойдет залечивание дефектов и будет получен плотный спеченный материал.

Ключевые слова: оксид алюминия, бронекерамика, осевое прессование, органическое связующее, парафин.

Введение.

Бронеплитки из керамики применяются для изготовления композиционной брони для средств защиты личного состава и бронетехники [1]. Плитки, изготовленные из оксида алюминия, обладают важным сочетанием эксплуатационных характеристик, таких как плотность, твердость, прочность и трещиностойкость.

Так как к бронеплиткам предъявляются достаточно высокие требования, их изготовление осуществляется путем осевого прессования предварительно подготовленного пресс-порошка. Для получения качественных компактов важно подобрать правильное давление и скорость прессования. Недостаточное давление прессования приводит к низкой плотности компактов и будущих изделий и их пористости. Избыточное давление прессования вызывает эффект перепрессовки, то есть приводит к формированию диагональных трещин [2].

Гранулирование керамического порошка с введением органических добавок осуществляется различными методами. Введение органических связующих повышает формуемость материала. Наибольшее распространение получил метод распылительной сушки, но он имеет и ряд недостатков: дороговизна оборудования, ограниченная номенклатура органических добавок. Так же существуют методы протирки, окатывания, брекетиования [3].

Более полувека парафин используется в качестве временной технологической связки при изготовлении керамических изделий. Наибольшее распространение парафин получил для изготовления керамики шликерным литьем. Но содержание органических добавок при таком методе изготовления достигает 30 - 40 % от объема сухого порошка [4]. Выгорание такого объема связующего в процессе спекания приводит к формированию крупных дефектов структуры и низкой прочности изделий, что не позволяет использовать данную технологию для получения плотной и прочной керамики. Использование парафина для изготовления пресс-порошков в наше время не распространено, ввиду невозможности использования его для получения гранул методом распылительной сушки.

Целью данной работы является получение пресс-порошка с использованием парафина в качестве органической добавки и исследование влияния давления прессования на плотность и дефектность компактов, полученных путем осевого прессования.

Материалы и методы

В качестве исходного материала использовали субмикронный порошок Al_2O_3 (СТ 3000 SG, Almatis, Германия). В качестве органической добавки использовалась парафиновая эмульсия (Эрговакс-60, Эрготек, Россия). Количество органической добавки составило 3,6 % от массы сухого порошка. Смешивание компонентов осуществлялось в шаровой мельнице с использованием мелющих тел из оксида алюминия. Гранулы были подготовлены методом сушки и протирки полученной суспензии.

Прессование компактов осуществляли на универсальном сервогидравлическом комплексе Instron при давлении 50, 75 и 100 МПа. Определение плотности компактов производили геометрическим методом. Фрактографические исследования были проведены на растровом электронном микроскопе Carl Zeiss EVO 50.

Результаты и обсуждение

В ходе экспериментальных работ были получены гранулы размером 30 – 700 мкм. Гранулы имеют неправильную форму, что обусловлено методом их получения. График влияния давления прессования на плотность компактов показан на рисунке 1. Относительная плотность компактов с повышением давления прессования увеличивается от 77 до 80 %.

В результате фрактографических исследований, представленных на рисунке 2, было определено, что с повышением давления прессования

количество дефектов в структуре прессовки уменьшается. При давлении 50 МПа в прессовке имеются крупные трещины, представляющие собой неразрушенные границы гранул. При давлении 100 МПа количество и размер дефектов уменьшается. Наименьшая дефектность излома была замечена для компакта, полученного при давлении прессования 75 МПа. При этом эффекта перепрессовки при повышении давления не наблюдалось.



Рисунок 1. График зависимости плотности компактов от давления прессования

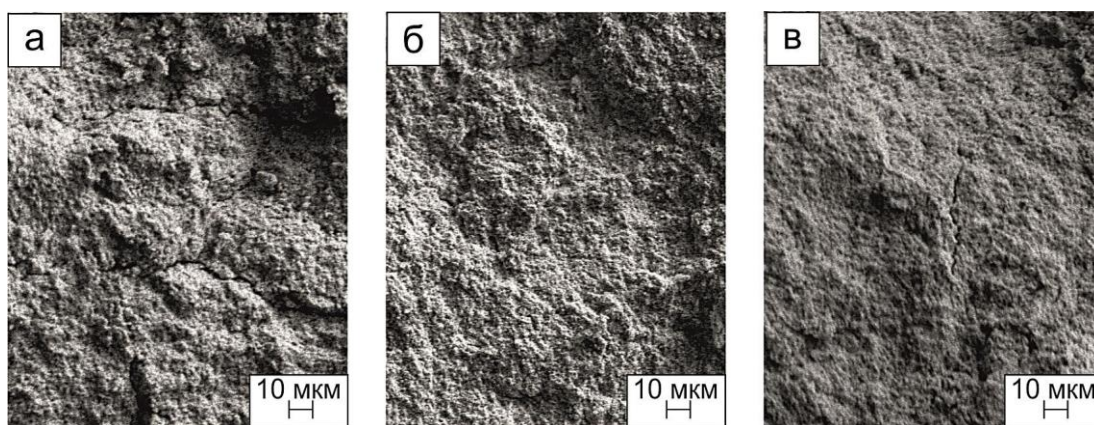


Рисунок 2. Фразтограммы компактов, полученных при давлении: а – 50 МПа, б – 75 МПа, в – 100 МПа.

Выводы

В ходе проведенных исследований был получен пресс-порошок методом протирки. Изготовление гранул таким методом не требует использования дорогостоящего оборудования. Несмотря на неправильную форму гранул, плотность компактов была выше, чем при использовании других органических добавок [5].

На изломах компактов, полученных при давлении прессования 75 и 100 МПа имелись незначительные дефекты, которые, вероятно, залечатся в процессе спекания. Таким образом использование парафина в качестве органической добавки при правильном давлении прессования позволит получить компакты с плотностью до 80 % от теор. для изготовления бронекерамических пластин.

Библиографический список

1. Толочко, Н. К.; Бохан, Ю. И.; Пряхин, С. С. Броневые материалы на основе керамики. - Вестник Витебского государственного университета. 2007. № 4 (46). С. 137-143.

2. Влияние связующих и пластифицирующих временных органических добавок на структуру и свойства керамики / Белоусова Н. С, Кузьмин Р.И., Фелюфьянова А.В., Замятина А.М.// Материалы и технологии новых поколений в современном материаловедении. 2015 г. с. 179 – 183.

3. Балкевич В.Л. Техническая керамика: учебное пособие для вузов. – М.:Стройиздат, 1984. – 256 с.

4. Зайонц Р.М., Кордонская Р.К. Керамические химически стойкие изделия. М.: Стройиздат, 1965. 188 с.

5. Получение плотной оксидной керамики путем управления влажностью пресс-порошка/Белоусова Н.С., Веселов С.В., Черкасова Н.Ю., Кузьмин Р.И., Фелюфьянова А.В., Перепелкин М.Ю.//Материалы и технологии новых поколений в современном материаловедении. 2016. с. 191 – 194.

INCREASED OF GREEN BODIES DENSITY TO PRODUCE ARMOR PLATES OF ALUMINA CERAMICS

*Felofyanova Anna Vladislavovna, student, email: aniytka1993@mail.ru
Kuzmin Ruslan Izatovich, post-graduate student, email: kuzia2-62@yandex.ru
Cherkasova Nina Yurevna, post-graduate student, email:
ninacherkasova60@gmail.com*

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

Abstract. Armor plate for producing a composite armor from alumina is manufactured. Characteristics of strength, durability, crack resistance depend on the parameters of green bodies. The increase in the density of green part has become a research task. The use of paraffin emulsion as the organic binder discussed in this article. Preparation of pellets rubbing method used in this study. Dry uniaxial compaction was used. Influence of the compacting pressure on the density of green bodies considered. At a pressure of 100 MPa, the density of the green bodies was 80% of theoretical. The fracture mode of a green part obtained with different compression pressure are presented. At a pressure of 75 MPa, the minimum number of defects was detected. The healing of defects during the sintering process must be realized.

Keywords: alumina, organic binder, uniaxial compaction, paraffin, armor ceramics.

СТРУКТУРА И ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТИТАНА И НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА, СВАРЕННЫХ ВЗРЫВОМ ЧЕРЕЗ ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ СЛОИ

Фомина Дарья Евгеньевна, студент; Аликина Мария Сергеевна

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

Фомина Д.Е., e-mail: gaga.95@mail.ru

Аликина М.С., e-mail: am.unimail@mail.ru

Аннотация

В работе представлены результаты исследований микроструктуры и механических свойств сваренных взрывом четырехслойных композиций типа Ti-Ta-Cu-Ni сплав и Ti-Ta-Ni-Ni сплав, где Ta-Cu и Ta-Ni – промежуточные слои. Так как при соединении титан и никель образуют нежелательные химические соединения, в том числе и интерметаллиды, в работе представлено одно из решений данных проблем, основанное на введении промежуточных слоев. Одной из задач являлось определение оптимальной толщины промежуточных слоев, которая обеспечивает высокую прочность многослойных композиций. Для этого сваркой взрывом были получены соединения, в которых варьировалась толщина пластин тантала от 0,3 до 0,7 мм. Микроструктурные исследования многослойных композиций с различной толщиной пластины тантала свидетельствуют о формировании бездефектных соединений, которые отличаются геометрией сварных швов. Прочностные испытания показали, что прочность композиций определяется материалом промежуточного слоя. В композициях с прослойкой медь-тантал прочность определяется наименее прочной – медью, а в композициях с прослойкой никель-тантал – толщиной танталовой пластины.

Ключевые слова: титан, никель, тантал, медь, сварка взрывом, промежуточные слои.

Введение

При изготовлении деталей ответственного назначения используют композиционные материалы слоистого типа [1-2]. Возможность соединения практически любых металлов и их сплавов, даже тех, сварка которых другими способами затруднена, представляет собой сложную задачу, которая в большинстве случаев не может быть реализована с использованием традиционных методов сварки плавлением, в частности дуговой или плазменной сваркой. Чтобы получить материалы данного типа необходимо использовать рациональный технологический процесс, который позволяет получить высококачественные соединения из разнородных материалов. Таким процессом является сварка взрывом.

Сварка взрывом представляет собой технологический метод получения

биметаллических и многослойных соединений за счет энергии взрыва. Одним из преимуществ данного метода является возможность соединения практически всех разнородных металлов и сплавов [3].

Материалы и методы исследования

В работе представлены четырехслойные композиции типа Ti-Ta-Cu-Ni сплав и Ti-Ta-Ni-Ni сплав, где Ta-Cu и Ta-Ni – промежуточные слои. В качестве исходных материалов исследования, которые входили в состав анализируемых композитов, были выбраны: титан ВТ1-0, никелевый сплав ХН73МБТЮ-ВД, медь М1, никель НП2, тантал ТВЧ.

Никелевый сплав толщиной 5 мм использовали в качестве неподвижной пластины. Сверху последовательно располагали фольги из меди (или никеля) толщиной 0,1 мм, пластин тантала различной толщины (0,3; 0,5 и 0,7 мм). В качестве метаемой пластины использовали титан (ВТ1-0) толщиной 0,2 мм. Расстояние между пластинами составляло 1 мм. В качестве взрывчатого вещества был выбран аммонит 6ЖВ, который находился непосредственно на титановой пластине. Толщина взрывчатого вещества составляла 20 мм. Скорость детонации взрывчатого вещества составляла $3800 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, угол соударения пластин был равен 17° . Применение таких жестких режимов обусловлено тем, что сварка взрывом осуществлялась за один подрыв и позволяла полностью сварить пакет из всех пластин [4-10]. Схема параллельной сварки взрывом изображена на рисунке 1.

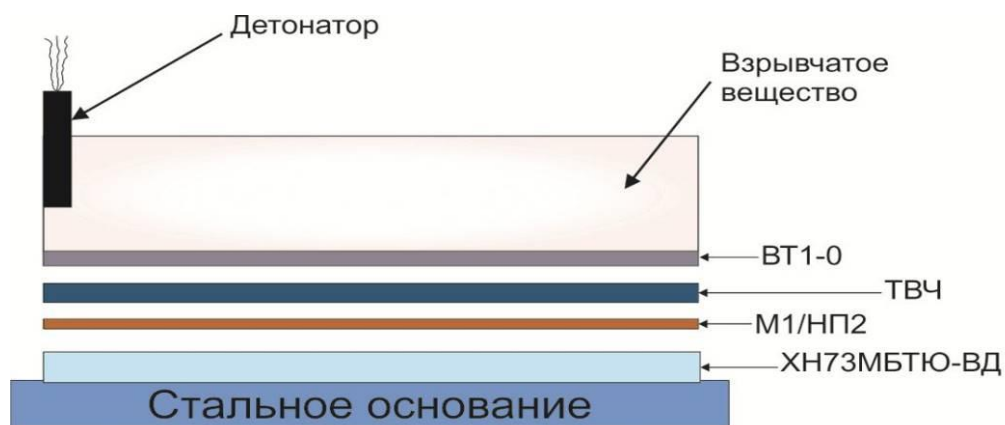


Рис. 1. Схема сварки взрывом четырехслойных композитов

Изучение микроструктуры полученных многослойных композитов проводилось на вырезанных в продольном, относительно распространения фронта волны, направлении образцах, из которых далее были изготовлены микрошлифы. Исследование осуществлялось на оптическом микроскопе Axiovert 40 MAT фирмы Carl Zeiss в режиме светлого поля в диапазоне увеличений от 100 до 1000 крат.

Прочностные испытания проводились на образцах, представленных на рисунке 2. Растяжение образцов осуществлялось вдоль расположения слоев.

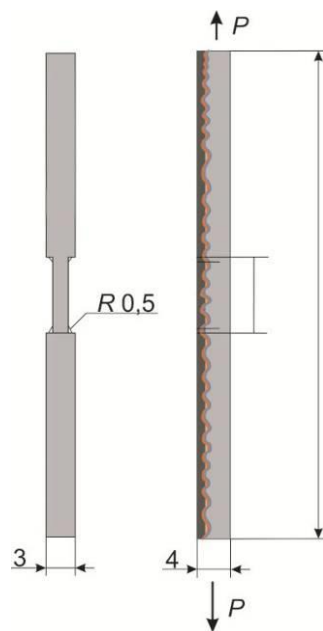


Рис.2. Продольное расположение слоев в образцах относительно приложенной нагрузки при испытании на растяжение

Результаты исследований

Общий вид многослойных композиций типа Ti-Ta-Cu-Ni сплав с различной толщиной танталовой пластины представлен на рисунке 3. Микроструктурные исследования показали, что сварной шов на границе медь-никелевый сплав является волнообразным. Во всех остальных случаях соединения имели преимущественное безволновое строение, что обусловлено физико-механическими свойствами свариваемых материалов. На границе медь-никелевый сплав на некоторых участках были обнаружены микротрещины, что может быть с одной стороны связано с малопластичными свойствами никелевого сплава, а с другой – жесткими режимами сварки взрывом, необходимыми для соединения всех слоев.

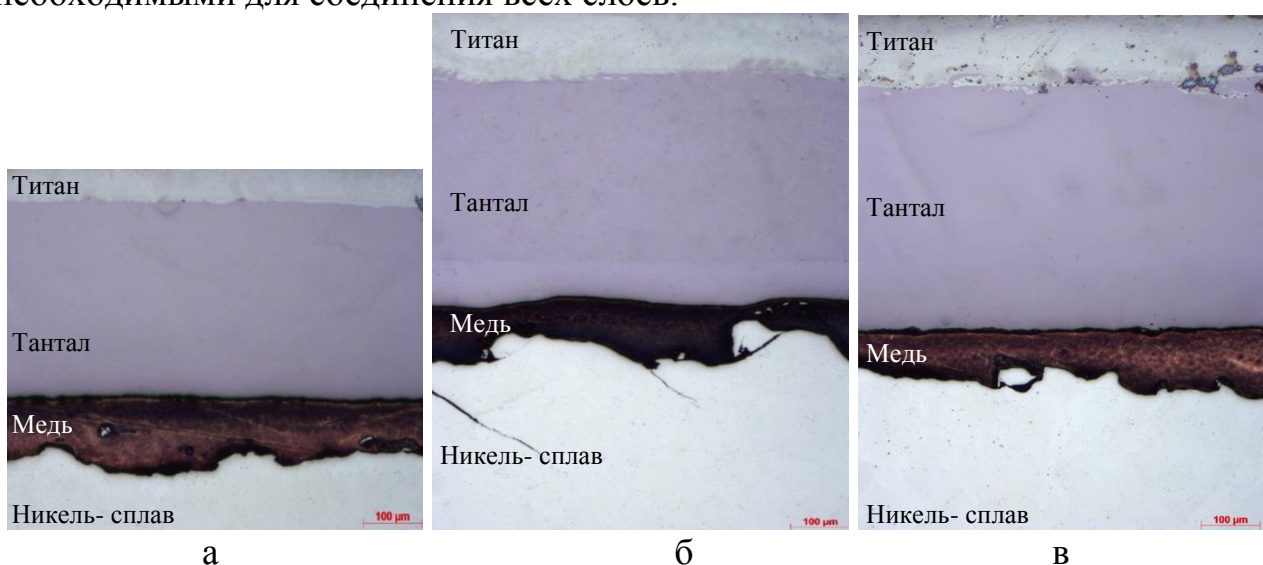


Рис. 3. Общий вид четырехслойных композиций типа Ti-Ta-Cu-Ni сплав с различной толщиной танталовой пластины: а – Ta-0,3 мм, б – Ta-0,5мм, в – Ta-0,7мм

На рисунке 4 изображены результаты микроструктурных исследований образцов, в которых промежуточными слоями были тантал-никель. Толщина тантала также изменялась от 0,3 до 0,7 мм. В композитах данного типа, с различной толщиной танталовой пластины, видимых дефектов, негативно влияющих на свойства материала, обнаружено не было. Граница никель-никелевый сплав имеет сварной шов волнообразной формы. На границах никель-тантал и никель-никелевый сплав можно наблюдать сплошные темные полосы, которые свидетельствуют о протекании в этих областях интенсивных пластических деформаций.

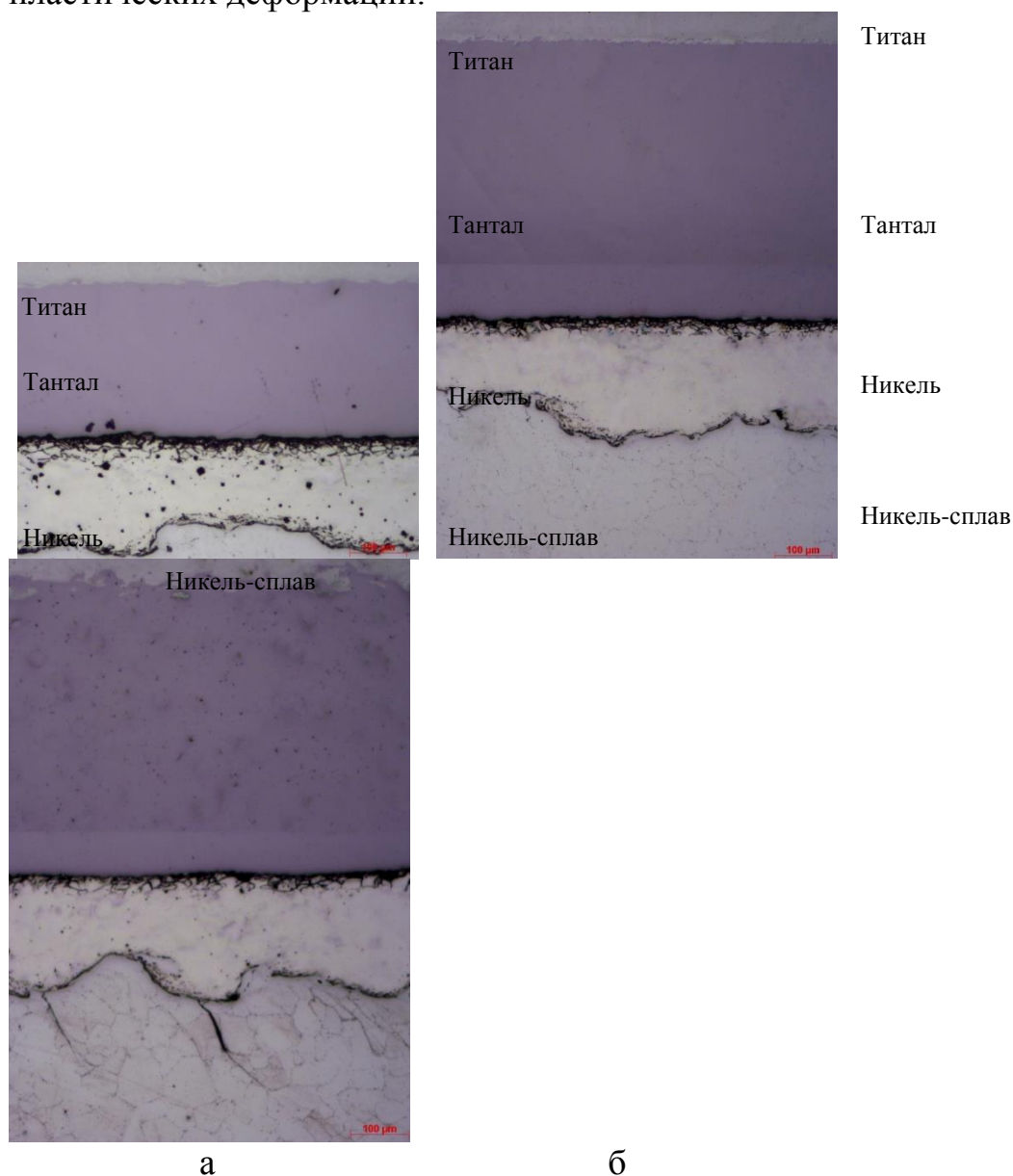


Рис. 4. Общий вид композита с никель-танталовой прослойкой: а – Та-0,3 мм; б – Та-0,5мм; в – Та-0,7мм

Результаты прочностных испытаний показали, что в композициях с медь-танталовой прослойкой толщина тантала не оказывает влияния на предел прочности и предел текучести материалов (рисунок 4). Средний предел прочности для всех композиций составил 550 МПа. Для данных

композиционных материалов прочностные свойства определяются наименее прочным материалом композиции – медью. Иная картина наблюдается при испытании композиций, содержащих прослойку из никеля и тантала (рисунок 5). С увеличением толщины тантала прочность композиций падает. Максимальный предел прочности 1200 МПа характерен для композиций с толщиной тантала 0,3 мм. При увеличении толщины тантала до 0,7 мм падение прочностных характеристик произошло в 2 раза.

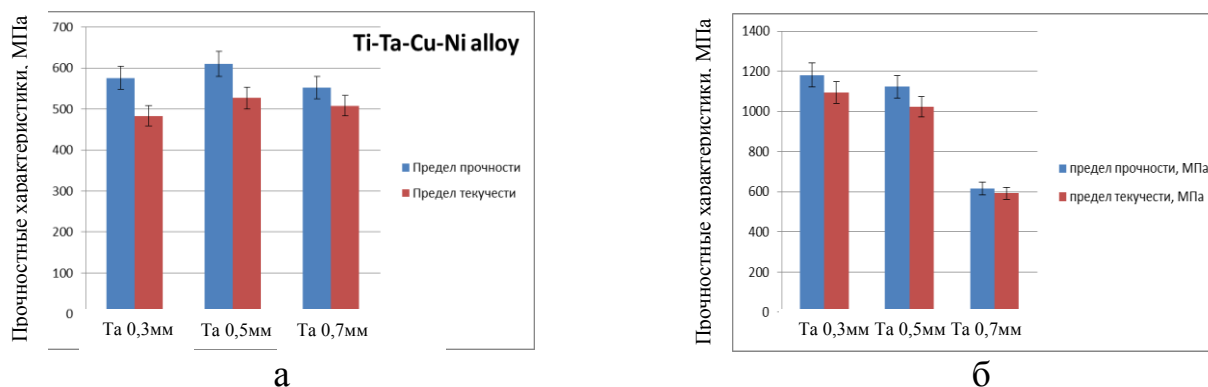


Рис.5. Изменение предела прочности и предела текучести в композитах: а - с медь-танталовой прослойкой; б - с никель-танталовой прослойкой

Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований, можно сделать вывод о том, что технология сварки взрывом является одним из перспективных способов получения высококачественных и бездефектных соединений между материалами различного типа. Прочностные свойства композиционных материалов зависят как от толщины, так и от типа материалов, используемых в качестве промежуточных слоев. В композициях с прослойкой медь-тантал прочность композиций определяется наименее прочной медью, а в композициях с прослойкой никель-тантал – толщиной танталовой пластины.

Список литературы

1. *Ferjutz, K.* Welding, brazing, and soldering: ASM Handbook : Vol. 06 / К. Ferjutz, J. R. Davis. – ASM International, 1993. – 1299 p.
2. *Лысак, В.И.* Создание композиционных материалов сваркой взрывом / В.И. Лысак, С.В. Кузьмин // Вестник южного научного центра. Юбилейный выпуск. – 2013. – Том 9: Химия и новые материалы. – С. 64-69.
3. *Конон, Ю.А.* Сварка взрывом / Ю.А. Конон, Л.Б. Первухин, А.Д. Чудновский; Под ред. В.М. Кудинова. – М.: Машиностроение, 1987. – 216 с.
4. *Фомина, Д.Е.* Исследование структуры соединений на основе титана и никелевого сплава, сваренных взрывом через промежуточные слои / НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ // Сборник научных трудов в 9 ч. / под ред. Ст. Преп. Ю.В. Ванаг – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – Часть 3. – 210-211 с.
5. *Sun, Z.* Review Laser welding of dissimilar metal combinations / Z. Sun, J.C. Ion // J. Mater. Sci. – 1995. – Vol. 30. – P. 4205-4214.

6. *Topolski, P.* Progress in the characterization of explosively joined Ti / Ni bimetal / K/ Topolski, P. Wicinski, Z. Szulc, A.Galka, H. Garbacz // Materials and Design. – 2014. – Vol. 63. – P. 479-497.
7. *Manikandana, P.* Control of energetic conditions by employing interlayer of different thickness for explosive welding of titanium / 304 stainless steel / P. Manikandana, K. Hokamoto, M. Fujita, K. Raghukandan, R. Tomoshige // J. Mater. Process. Technol. – 2008. – Vol. 195. – P. 232–240.
8. *Лысак, В.И.* Создание композиционных материалов сваркой взрывом / В.И. Лысак, С.В. Кузьмин // Вестник южного научного центра. Юбилейный выпуск. – 2013. – Том 9: Химия и новые материалы. – С. 64-69.
9. *Захаренко, И.Д.* Сварка взрывом / И.Д. Захаренко. – Мн.: Наука и техника, 1990. – 205 с.
10. *Yurco, G. A.* The Crystal Structure of Ti₂Ni / J. W. Bartons, J. Gordon Parr // Acta Crystallographica. – 1959. – 909 p.

STRUCTURE AND STRENGTH OF TITANIUM AND NICKEL ALLOY JOINTS EXPLOSIVELY WELDED THROUGH INTERLAYERS

Fomina D.E., student; *Alikina M.S.*

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

Fomina D.E., e-mail: gaga.95@mail.ru

Alikina M.S., e-mail: am.unimail@mail.ru

Abstract

In the current research, results of microstructure and mechanical properties of explosively welded four-layered Ti-Ta-Cu-Ni alloy and Ti-Ta-Ni-Ni alloy, where Ta-Cu and Ta-Ni are interlayers, were presented. As titanium with nickel form undesirable intermetallic compounds (such as Ti₂Ni, TiNi, TiNi₃) one of the solutions of this problem based on introduction between them the intermediate layers. One of the objectives was to determine the appropriate thickness of the intermediate layer, which provides a high strength of multilayered compositions. Thus, in research by explosive welding was obtained joints varied by the thickness of tantalum plate from 0.3 to 0.7 mm. Microstructural studies of multilayered compositions with different thickness of tantalum plate indicate on the formation of defect-free joints with various types of weld geometry. Results of tensile tests have shown that strength of the composition is determined both by the thickness of tantalum as well as by the material of the intermediate layer. In composition with copper-tantalum intermediate layer, strength is determined by the weakest component is copper. From the other side composition with nickel-tantalum intermediate layer, the strength was determined by the thickness of tantalum plate. The highest strength properties (ultimate strength 1200 MPa) were observed for composite with tantalum of 0.3 mm thick.

Keywords: Titanium, nickel, tantalum, copper, explosion welding, interlayers.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПОРОШКОВОЙ НАСЫПКИ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ

*Чучкова Любовь Вадимовна, магистрант; Белов Александр Сергеевич,
студент; Васильева Вера Сергеевна, студент; Вялова Анастасия
Дмитриевна, студент*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-06-12

Чучкова Л. В., e-mail L_Chuchkova@bk.ru

Белов А. С., e-mail Al_belov98@mail.ru

Васильева В. С., e-mail wera.wasiljewa@yandex.ru

Вялова А. Д., e-mail nastya13-29.98@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Чучкова Любовь Вадимовна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. (383)346-06-12

Аннотация.

В работе представлены результаты исследований структуры и свойств покрытий, сформированных на титановом сплаве ВТ1-0 методом вневакуумной электронно-лучевой обработки. Толщина легированных слоев, полученных при различной концентрации наплавляемого порошка карбида бора (от 5 до 30 % вес.), составила 1...1,6 мм. Микроструктура покрытий представляет собой композит на основе титановой матрицы и высокопрочных керамических частиц карбида и борида титана. Повышение концентрации наплавляемого порошка карбида бора в процессе обработки привело к увеличению среднего уровня микротвердости наплавляемого слоя с 4250 до 6410 МПа, а также повышению относительной износостойкости с 1,3 до 2,56 раз относительно образца из технически чистого титана. Повышение концентрации наплавляемого порошка способствовало неполному растворению карбида бора, частицы которого были зафиксированы вблизи зоны термического влияния.

Ключевые слова: титановый сплав, вневакуумная электронно-лучевая наплавка, карбид титана, борид титана, микротвердость, износостойкость

1. Введение

В настоящее время механизмы и машины работают в условиях абразивного, усталостного, адгезионного и химического износов. И все чаще, к материалам для изделий предъявляются требования не только повышенной износостойкости и прочности, но и низкой плотности, и отличной коррозионной стойкости.

Титан и сплавы на его основе широко применяются в различных областях промышленности благодаря высокой коррозионной стойкости и удельной прочности, а также малой плотности [1]. Одним из методов повышения

триботехнических свойств титановых сплавов является поверхностное упрочнение с использованием высококонцентрированных источников нагрева, таких как лазерное излучение, плазма, пучок электронов [2-3].

Наиболее перспективным методом формирования поверхностно-легированных слоев является вневакуумная электронно-лучевая наплавка, которая позволяет осуществлять обработку в атмосфере, снимая габаритные ограничения с обрабатываемой заготовки [4-5]. Также, данный метод позволяет формировать покрытия большой толщины содержащие высокопрочные частицы такие как карбиды, нитриды и бориды металлов [6-7].

2. Материалы и методы

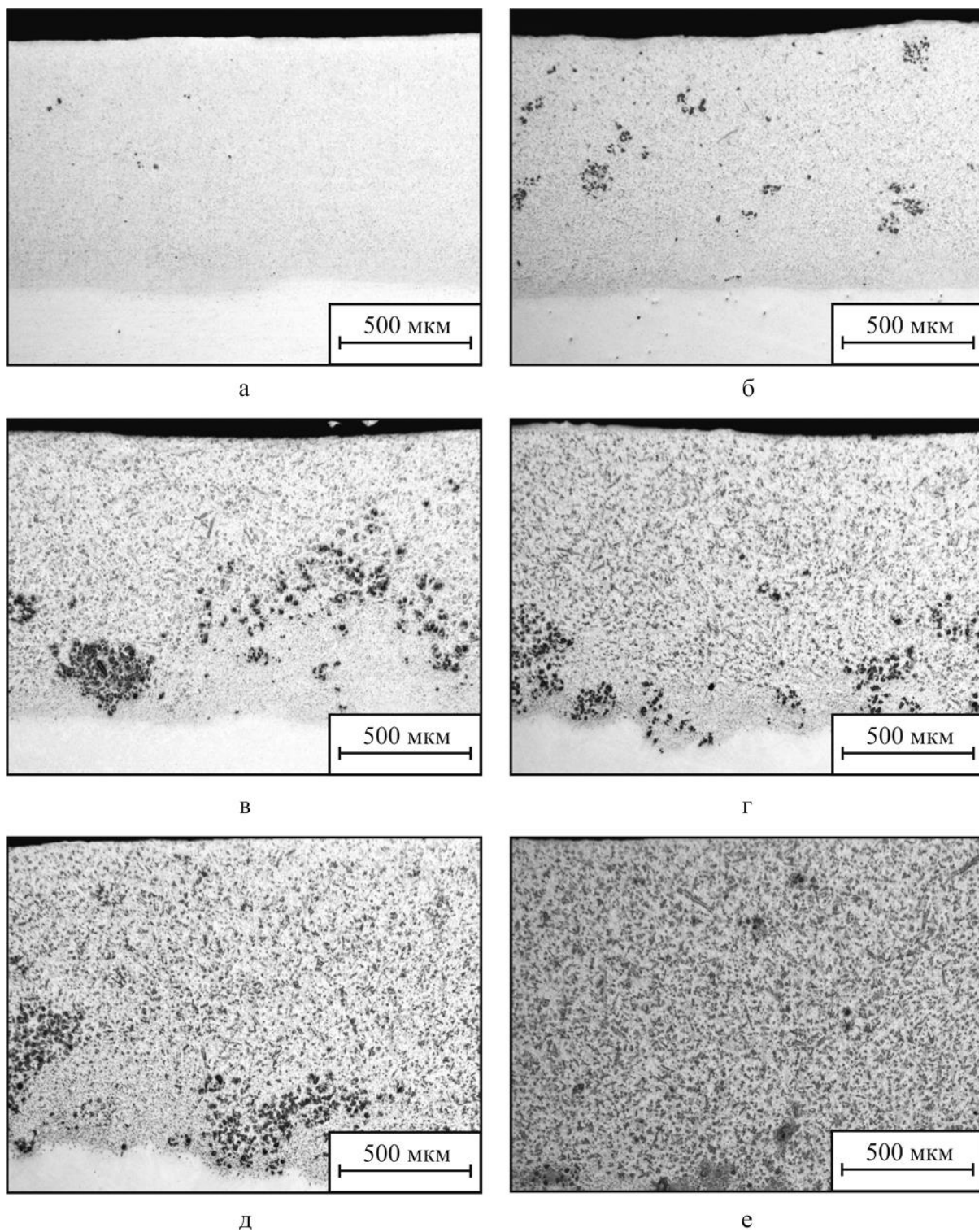
Обработка исходных заготовок осуществлялась на промышленном ускорителе электронов типа ЭЛВ-6 в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН.

На заготовки из титанового сплава ВТ1-0 равномерно наносилась смесь порошков, которая состояла из карбида бора, титана и фтористых флюсов (CaF_2 и LiF). Для изучения влияния концентрации карбида бора в наплавляемой смеси на структуру и свойства формируемых покрытий были изготовлены экспериментальные образцы с 5...30 % вес B_4C . Ток пучка электронов составил 28 мА, энергия пучка – 1,4 МэВ, расстояние до выпускного отверстия – 90 мм, частота сканирования – 50 Гц и плотность насыпки – 0,2 г/см².

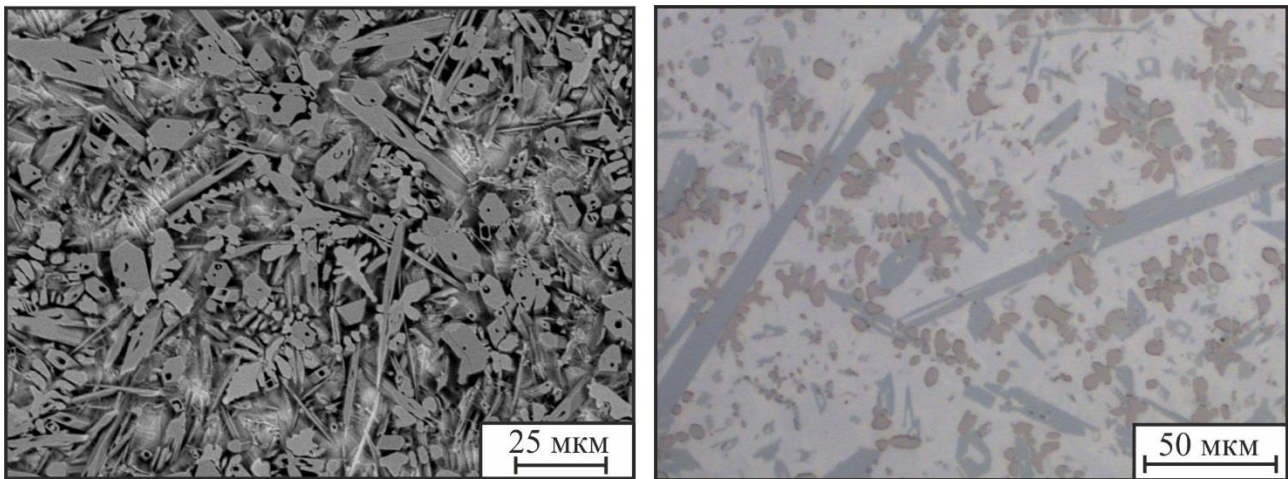
3. Результаты и обсуждение

Металлографические исследования сформированных слоев осуществлялись при помощи светового и растрового электронного микроскопов. Результаты исследования показали, что структуру образцов можно разделить на три зоны: покрытие, зона термического влияния и зона основного металла. Микроструктура покрытий состоит из частиц карбида и борида титана распределенных в титановой α (α') матрице, что также подтверждают рентгеноспектральные исследования. Толщина легированных слоев увеличивается с повышением концентрации порошка карбида бора с 1 до 1,6 мм (рис. 1).

Сформированные кристаллы бориды титана имеют форму гексагональных призм различной конфигурации (рис. 2 б). Карбид титана кристаллизуется в основном в виде отдельных дендритных кристаллов или вокруг частиц бориды титана (рис. 2). Вблизи зоны термического влияния были зафиксированные нерастворившиеся частицы порошка карбида бора, количество которых возросло с увеличением концентрации наплавляемого порошка B_4C (рис. 1).



*Рис. 1. Зависимость толщины легированного слоя от концентрации порошка карбида бора:
а – 5 %; б – 10%; в – 15 %; г – 20 %; д – 25 %; е – 30 %*



а б
*Рис.2 Микроструктура легированных слоев, полученных методом
 вневакуумной электронно-лучевой обработки:
 а – растровая электронная микроскопия; б – световая микроскопия*

Анализ распределение уровня микротвердости по глубине покрытий показало, что средний уровень микротвердости увеличился с 4250 до 6410 МПа при повышении концентрации наплавляемого порошка B_4C в исходной порошковой насыпке.

Испытания на трение в условиях закрепленных частиц абразива осуществлялись по ГОСТ 17367-71. В качестве эталонного образца применялся титановый сплав ВТ1-0, его износостойкость была принята за единицу. Результаты испытаний показали, что при увеличении концентрации порошка карбида бора, относительная износостойкость возрастает. Максимальная относительная износостойкость в 2,56 раза выше износостойкости титана ВТ1-0 зафиксирована у образца, полученного при наплавке 30 % вес. карбида бора.

4. Выводы

В работе были исследованы свойства и структура полученных образцов. Микроструктура всех легированных слоев состоит из высокопрочных кристаллов карбида и борида титана. Вблизи зоны термического влияния были зафиксированы нерастворившиеся частицы порошка карбида бора, количество которых увеличилось при повышении концентрации наплавляемого порошка B_4C при обработке. Изменение концентрации порошка с 5 до 30 % вес. B_4C привело к увеличению толщины легированного слоя с 1 до 1,6 мм. Максимальный уровень микротвердости (6410 МПа) и относительной износостойкости (в 2,56 раза выше эталонного образца) был зафиксирован у образца с концентрацией карбида бора равной 30 % вес.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Miller P.D., Holladay J.W. Friction and wear properties of titanium // *Wear*. – 1958. – Vol. 2. – P. 133-140.
2. Ленивцева О. Г., Самойленко В. В., Голковский М. Г., Батаев И. А., Достовалов Р. А. Получение износостойких покрытий на титановых сплавах методом вневакуумной электронно-лучевой обработки // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. – 2013. – № 3. – С. 103-109.
3. Cheol Oh J., Choo D.-K., Lee S. Microstructural modification and hardness improvement of titanium–base surface–alloyed materials fabricated by high–energy electron beam irradiation // *Surface and Coatings Technology*. – 2000. – Vol. 127. – P. 76-85.
4. Oh J.C., Yun E., Golkovski M.G., Lee S. Improvement of hardness and wear resistance in SiC/Ti–6Al–4V surface composites fabricated by high–energy electron beam irradiation // *Materials Science and Engineering: A*. – 2003. – Vol. 351. – P. 98-108.
5. Salimov R.A., Cherepkov V.G., Golubenko J.I., Krainov G.S., Korabelnikov B.M., Kuznetsov S.A., Kuksanov N.K., Malinin A.B., Nemytov P.I., Petrov S.E., Prudnikov V.V., Fadeev S.N., Veis M.E. D.C. high power electron accelerators of ELV-series: status, development, applications // *Radiation Physics and Chemistry*. – 2000. – Vol. 57. – Iss. 3–6. – P. 661-665.
6. Structure and properties of wear resistant layers fabricated by non-vacuum electron beam cladding / O. Lenivtseva, D. S. Krivezhenko, G. I. Alferova, D. O. Mul, L. V. Chuchkova // 11 International forum on strategic technology (IFOST 2016) : proc., Novosibirsk, 1–3 June 2016. – Novosibirsk : NSTU, 2016. – Pt. 1. – P. 144-147. - ISBN 978-1-5090-0853-7.
7. Структура и свойства слоев TiB-TiC-Ti, полученных на поверхности сплава ВТ1-0 методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки – О.Г. Ленивцева, А.С. Гонтаренко, Е.А. Дробяз, Т.А. Зимоглядова, Л.В. Чучкова// *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. – 2016. – № 73. – С. 63-74.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПОРОШКОВОЙ НАСЫПКИ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ

INFLUENCE OF THE POWDER COMPOSITION ON TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF THE COATINGS

Chuchkova L.V., graduate Student, e-mail: L_Chuckova@bk.ru,

Belov A.S., Student, e-mail: al_belov98@mail.ru

Vasilieva V.S., Student, e-mail: wera.wasiljewa@yandex.ru

Vyalova A. D., Student, e-mail: nastya13-29.98@mail.ru

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

Abstract

The paper presents the results of investigation of the structure and properties of coatings formed on a cp-titanium by the method of non-vacuum electron-beam cladding. The thickness of the layers formed with different concentrations of the boron carbide powder (from 5 to 30 wt. %) is 1 ... 1.6 mm. The microstructure of the coating is a composition of titanium matrix and high-strength ceramic particles of titanium carbide and titanium boride. The increase in the concentration of the boron carbide powder lead to increase of microhardness level from 4250 to 6410 MPa, as well as an increase in the relative wear resistance from 1.3 to 2.56 times in comparison with cp-titanium. However, an increase in the concentration of the powder results to incomplete dissolution of boron carbide.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОИСКА ДЕФЕКТОВ В КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Эмиров Андрей Валерьевич, студент

Научный руководитель : к.т.н., доцент Рынгач Николай Анатольевич

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7 (383) 346-31-32

Эмиров А. В., email monitoring.nsk@yandex.ru

Адрес для корреспонденции: Эмиров Андрей Валерьевич, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7 (383) 346-31-32

Аннотация: Рассмотрена проблема поиска дефектов в композитных материалах. Представлены две методики поиска дефектов в композитных материалах. Проведен сравнительный анализ двух методик. Определены сильные и слабые стороны двух методик. На основе сравнительного анализа предложена методика поиска дефектов. Сделаны выводы по проделанной работе в целом.

Ключевые слова: дефектоскоп, дефект, композитные материалы, авиастроение, метод, фазированный преобразователь.

Производство летательных аппаратов с течением времени требует внедрения новых технологий. В авиации и космонавтике существует необходимость в изготовлении прочных, легких и износостойких конструкций. Хотя композиты используются в инженерной практике уже много лет, наука о них в том виде, в каком она сейчас существует, появилась лишь после того, как композиционные материалы стали работать в особенно суровых условиях (в наш космический век) [1]. Композиционные материалы обладают высокими прочностью, жесткостью, жаропрочностью, выносливостью, а также специальными физическими и эксплуатационными свойствами [2]. Одной из основных проблем в производстве композиционных изделий является контроль качества. Широкое распространение получил акустический метод поиска дефектов.

Актуальность выбранной темы заключается в широком применении конструкций из композиционных материалов в авиастроении. Действующие методики поиска дефектов теряют актуальность, в связи с выходом на рынок все более современных и технологических дефектоскопов.

Цель исследования : на примере дефектоскопов ИД-91м и Olympus OmniScan RollerForm, провести сравнительный анализ.

Результатом сравнительного анализа дефектоскопов станет рассмотрение возможности его применения на производстве.



Рис. 2. Акустический импедансный дефектоскоп ИД-91М



Рис. 2. Ультразвуковой преобразователь RollerFORM, в сочетании с ФР-дефектоскопом OmniScan

Основным принципом дефектоскопа с фазированной решеткой является управление лучом волны и фокусировки фронта суммарной волны.

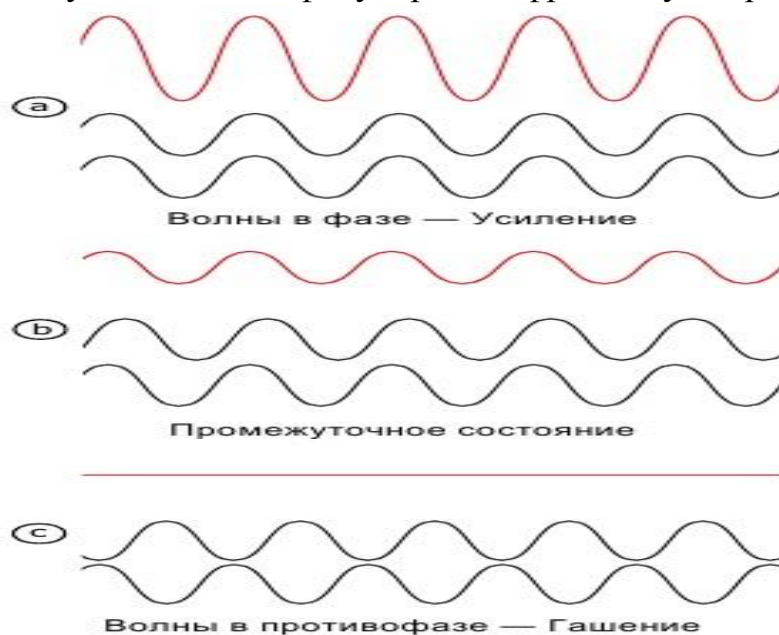


Рис. 3. Эффекты фазирования :усиление и гашение волны

Сравнительный анализ показывает что применение дефектоскопа Olympus OmniScan RollerForm увеличивает производительность контроля композитных материалов за счет широкой зоны покрытия, большей глубины сканирования. Но ограничивает его применение, так как минимальная кривизна контролируемых композитных материалов составляет 50 мм.

Библиографический список:

1. Браутман Л., Крок Р., Композиционные материалы том 5 Разрушение и усталость. – М.: Мир, 1978. – 483 с.
2. Карпинос Д. М., Композиционные материалы. – К. : Наукова думка-1985. – 592 с.

IMPROVE THE SEARCH OF DEFECTS IN COMPOSITE MATERIALS

Emirov Andrew Valeriavich, student

Ryngach Nikolay Anatolevich¹, Ph.D.

¹Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia,
Novosibirsk, Karl Marks St., 20.

Emirov A.V., email monitoring.nsk@yandex.ru

Ryngach N.A., email ryngach@corp.nstu.ru

Keywords: flaw, defect, composite materials, aircraft construction, method, phased array transducer.

Abstract

Manufacture of aircraft over time requires the introduction of new technologies. In aviation and astronautics there is a need to provide a strong, lightweight and abrasion-resistant construction. Manufacture of composite parts is very energy-intensive and time-consuming process. One of the main problems in the production of composite products is quality control.

But the most widely used acoustic method.

Application of this method is about 60% with respect to the other methods. Currently, use of Russian-made equipment ID-91 M company AKA-control in the production of military and civilian aircraft. This unit has its own pros and cons. In my work I'm going to use acoustic flaw Olympus OmniScan RollerForm. The main difference is that the latter, which has the ability to output graphics information. Also indisputable advantage is the tested area and speed. While the sensor ID-91 M should be carried out on all the details with repetitions and a diameter of 15 mm. Device Olympus OmniScan RollerForm allows to recognize defects in the product at a rental video on the workpiece surface. The width of the roller is 100 mm and the length of the rolled parts is not limited. Another important difference is that the ID-M 91 must be configured to a certain depth of the defect, and the instrument Olympus OmniScan RollerForm does not require it. The proposed method of searching defects saves time technologist, increases productivity and also increases the quality of parts due to more accurate and detailed detection of marriage.

СЕКЦИЯ: БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

УДК 504.3

АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ЗЫРЯНОВСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА (ТОО «КАЗЦИНК»)

*Гавриленко Екатерина Николаевна, студент; Удальцов Евгений
Анатольевич, канд. вет. наук, доцент*

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

Гавриленко Е.Н., email: katiy.95@mail.ru

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

Аннотация

В статье анализируются выбросы загрязняющих веществ в атмосферу Зырянского горно-обогатительного комплекса (ТОО «Казцинк»).

Ключевые слова: атмосферный воздух, выбросы загрязняющих веществ.

Экологическая ситуация в Республике Казахстан, также, как и в большинство странах, к сожалению, неблагоприятна. Вредные выбросы автотранспорта, промышленных предприятий загрязняют атмосферу, почву, воды, особенно вблизи городов. Из всех слагающих окружающей среды, атмосфера является наиболее чувствительной, в неё прежде всего поступает загрязняющие не только газообразные, но и жидкие, а также твердые вещества.

Анализ выбросов вредных веществ в атмосферу Республики Казахстан за 2010-2015гг, показал, что основным объектом загрязняющих веществ были сформированы на территории Павлодарской, Карагандинской и Восточно-Казахстанской областей.

По данным Департамента статистики Восточно-Казахстанской области по состоянию на 2015 год зарегистрировано 18592 источников загрязнения атмосферы, из них – 10306 организованных, 8286 неорганизованных [1].

В течение 2015 года наибольшее число источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по предприятиям, имеющим выбросы загрязняющих веществ, было сосредоточено в Усть-Каменогорске – 33,1% от общего количества. На Семей приходилось 22,9%, на Зырянский район - 7% и на Шемонаихинский район - 6,0%.

В атмосферу Восточно-Казахстанской области в 2015 году от стационарных источников, по данным государственной статистической отчетности, выброшено 129 тыс. тонн загрязняющих веществ. Из них на промышленные города приходится 81% от валовых выбросов, в том числе: город Усть-Каменогорск - 57,4 тыс. тонн (44,5%), город Семей - 28,38 тыс. тонн

(22%), город Риддер – 11,61 тыс. тонн тыс. тонн (9%), Зыряновский район - 7,74 тыс. тонн (6%). На остальные районы области приходится всего 19% от валовых выбросов.[1]

Одной из ведущих предприятий ВКО является ТОО «Казцинк». ТОО «Казцинк» - крупный интегрированный производитель цинка с большой долей сопутствующего выпуска меди, драгоценных металлов и свинца - добычу руды, получение из нее концентратов руд цветных металлов с последующим производством основной продукции: цинка и свинца, золота и серебра в слитках.

ТОО «Казцинк» был основан в 1997 году путем слияния активов трех основных производителей цветных металлов Восточного Казахстана: Риддерского полиметаллического комбината, Усть-Каменогорского свинцово-цинкового комбината и Зыряновского свинцового комбината позже в состав ТОО «Казцинк» вошли Текелийский свинцовый комбинат.

На базе предприятий в составе ТОО «Казцинк» были образованы промышленные комплексы : Риддерский горно-обогатительный комплекс (РГОК), Усть-Каменогорский металлургический комплекс (УК МК), Зыряновский горно-обогатительный комплекс (ЗГОК), Текелийский производственный комплекс (ТПК) и Бухтарминский гидроэнергетический комплекс (БГЭК).[2]

В состав Зыряновского горно-обогатительного комплекса входят следующие структурные производства:

- подземный рудник Малеевский;
- обогатительная фабрика в г. Зыряновск.

По состоянию на 2016 года на предприятии всего имеется 121 источника выбросов вредных веществ в атмосферу. Из них: 92 – организованных и 29 – неорганизованных источников выбросов вредных веществ в атмосферу. Количество выбрасываемых вредных веществ в целом по предприятию – 49. Наибольшее количество вредных веществ относятся к 3 классу опасности. Суммарные выбросы загрязняющих веществ от предприятия составляют 444,513711 т/год. Из них: твердые – 349,5477274 т/год, газообразные и жидкие – 94,96598363 т/год.

Анализируя структуру выбросов загрязняющих веществ в атмосферу можно отметить следующее что наибольшее количество выбросов приходится на обогатительную фабрику в г. Зыряновск, а именно 58% от количества выбросов в целом по предприятию. Через трубы печей обжига известкового завода расположенного на территории обогатительной фабрики в атмосферу выбрасывается 50% от общего годового количества выбросов ЗГОК.

В результате чего проанализировав динамику результатов обследования источников выбросов в атмосферу, цеха обжига известняка Реагентного корпуса Обогатительной фабрики ЗГОК ТОО "Казцинк" за 2014-2016гг можно отметить что количество выбросов уменьшилось в 2 раза. Уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух связано с уменьшением часов работы печей известкового завода.

Вывод: проанализировав выброс загрязняющих веществ в атмосферу Зыряновского горно-обогатительного комплекса (ТОО «Казцинк»), можно отметить что количество выбросов уменьшилось в полтора раза. В дальнейшей работе перед мной поставлены следующие цели: Освоить методику отбора проб труб механической вентиляции АС-1 от печи 1 и печи 2 известкового завода, а также методику расчета ПДВ для источников выброса известкового завода с помощью компьютерной программы «Эра» версии 1.7

Библиографический список:

1. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 2015 год. –Астана,2015. – 354 с.
2. Официальный сайт ТОО «Казцинк» [<http://www.kazzinc.com>]

ANALYSIS OF EMISSIONS OF POLLUTING SUBSTANCES INTO THE ATMOSPHERE ZYRYANOVSK MINING AND PROCESSING COMPLEX ("KAZZINC")

Gavrilenko Ekaterina Nikolayevna, student, katiy.95@mail.ru

*Udaltsov Evgenie Anatolyevich, Ph. D. (Veterinary), Associate Professor
Novosibirsk state technical University,630073,Russia,
Novosibirsk, Prospekt Karla Marksa, 20*

Abstract

The article analyzes the emissions of pollutants into the atmosphere Zyryanovsk mining and processing complex ("Kazzinc").

Keywords: atmospheric air, the emissions of pollutants.

ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ В ОЦЕНКЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА И ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

*Горбунова Алена Сергеевна, магистрант; Тихонова Ольга Васильевна, канд.
техн. наук, доцент*

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

Горбунова А.С., email gorbunova_77771994@mail.ru

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

Аннотация

В статье рассматриваются особенности применения системного анализа в виде диаграммы Исикавы для конкретной производственной задачи; описываются причинно-следственные связи, оказывающие решающее воздействие на эффективность системы управления охраной труда в обувном производстве.

Ключевые слова

Охрана труда; безопасность; условия труда; производственный процесс; диаграмма Исикавы.

Создание эффективной системы управления охраной труда (СУОТ) было и остается чрезвычайно актуальной задачей при организации деятельности любого предприятия. Организация работы в сфере обеспечения безопасности производственной деятельности заключается в выборе и формировании такой структуры управления охраной труда на предприятии, которая наилучшим образом соответствовала бы выполнению своей главной задачи — созданию безопасных и здоровых условий труда для работающего персонала.

На надежность и безопасность труда оказывает влияние большое число случайных факторов. Влияние этих факторов различно по характеру и интенсивности своего проявления на промышленных объектах. Общие факторы определяются либо внутренними (системными) свойствами того или иного объекта, либо зависят от свойств окружающей среды (внесистемные). Однако всех их объединяет комплексность воздействия в процессе функционирования системы «человек-машина-среда». Наиболее эффективный способ достижения выполнения требований безопасности труда, как показывает опыт ведущих отечественных компаний, — создание единой системы управления безопасностью, которая является составной частью общей системы менеджмента компании. Данная система устанавливает общие организационные и методические правила, соблюдение которых обеспечивает безопасность деятельности предприятия.

Создание принципиально новой, безопасной и безвредной для человека техники и технологии требует системного, комплексного подхода к решению проблем охраны труда (ОТ). Очевидно, что традиционные методы обеспечения безопасности труда, улучшения его условий не соответствуют современному уровню развития производства, являются малоэффективными. К наиболее существенным их недостаткам можно отнести:

- отсутствие системного подхода к организации охраны труда на производстве;
- низкий уровень информационного обеспечения задач охраны труда;
- отсутствие научно обоснованных методов контроля, анализа и комплексной оценки состояния охраны труда;
- несовершенство используемых критериев и методов морального и материального стимулирования за работу в области охраны труда;
- низкая эффективность профилактических мероприятий, нерациональное планирование и распределение средств на охрану труда.

Работа по охране труда на обувном предприятии г. Новосибирска направлена на достижение главной цели, сформулированной в Трудовом кодексе РФ (ст. 209, 210) - создание условий труда, отвечающих требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности и связи с ней. Для достижения этой цели прикладываются совместные усилия работодателя, работников, профсоюза и других уполномоченных работниками представительных органов. Права и обязанности сторон определены соответствующими законодательными и другими нормативными правовыми актами [1].

Для оценки организации охраны труда на данном предприятии и ее совершенствования применили инструмент системного анализа в виде диаграммы Исикавы. Диаграмма представляет собой средство графического упорядочения факторов, влияющих на объект анализа. Главным достоинством диаграммы Исикавы является то, что она дает наглядное представление не только о тех факторах, которые влияют на изучаемый объект, но и о причинно-следственных связях этих факторов. В основе построения диаграммы лежит определение (постановка) задачи, которую необходимо решать. При вычерчивании причинно-следственной диаграммы Исикавы построение начинают с того, что к центральной горизонтальной стрелке, изображающей объект анализа, подводят большие первичные стрелки, обозначающие главные факторы (группы факторов), влияющие на объект анализа. Далее к каждой первичной стрелке подводят стрелки второго порядка, к которым, в свою очередь, подводят стрелки третьего порядка и т.д. до тех пор, пока на диаграмму не будут нанесены все стрелки, обозначающие факторы, оказывающие заметное влияние на объект анализа в конкретной ситуации. Каждая из стрелок, нанесённая на схему, представляет собой в зависимости от ее положения либо причину, либо следствие: предыдущая стрелка по отношению к последующей всегда выступает как причина, а последующая – как следствие.

В результате исследования сложившейся системы ОТ обувного предприятия были систематизированы все ее элементы по смысловым и причинно-следственным блокам: кадровая политика; организация технологического процесса; проведение специальной оценки условий труда; управление охраной труда; управление профессиональными рисками. При несоблюдении государственных нормативных требований ОТ последствиями всех анализируемых блоков возможно травмирование работающих и проявление профессиональных заболеваний на предприятиях. На рисунке представлен сокращенный вариант диаграммы, на которой отображены причины и условия травматизма.

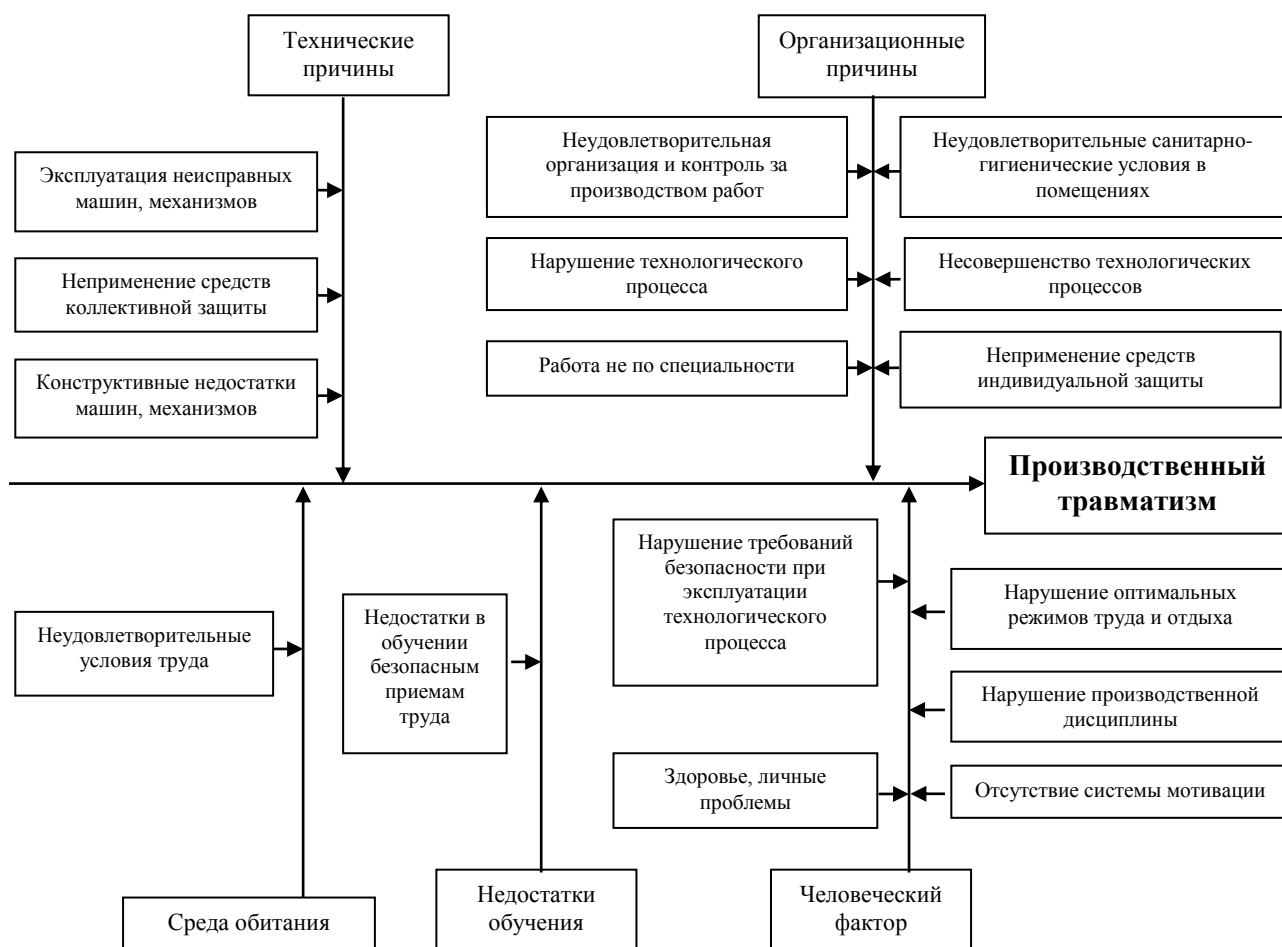


Рис. Причины и условия травматизма на предприятии

Для исследуемого предприятия выделено 5 первопричин, которые, по нашему мнению, являются сдерживающими развитие эффективной СУОТ на данный момент:

1. отсутствует целостная система (завершенная) СУОТ;
2. отсутствует система аудита (внутренняя) и мониторинга за функционированием всех элементов СУОТ;

3. несмотря на то, что все правила безопасности, программы инструктажей, стандарты по ОТ разработаны и представлены наглядно, работники недостаточно информированы об особенностях условий труда на рабочих местах и требований норм, отсюда снижена оценка возможных опасностей и рисков для здоровья;

4. санитарно-гигиеническое обслуживание цехов на низком уровне (отсутствует ряд помещений: гардеробные с персональными шкафами, личной гигиены женщин, комнаты отдыха, приема пищи и др.);

5. отсутствует электронный документооборот в области ОТ.

Таким образом, определив перечень показателей, характеризующих состояние ОТ на предприятии, работодатель может разработать систему предупредительных мер в области ОТ, принять решение о необходимости совершенствования или изменения системы управления.

Библиографический список

1. Тихонова О. В., Кондрашова О.В. К вопросу об улучшении условий труда на производстве/ Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (Инновации-2015): сб. материалов международной научно-технической конференции.-М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2015.-98-99 с.

CAUSAL AND INVESTIGATIVE CONNECTION FOR ASSESMENT AFFECTIVE SISTEM ABOUT INDUSTRIAL SAFETY

Gorbunova Alena Sergeevna, master student; Tikhonova OlgaVasilevna, Candidate of Science, Associate Professor

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

Gorbunova A.S, email gorbunova_77771994@mail.ru

Tikhonova O.V, email tihonova.olga654@yandex.ru

Abstract

This article deals about special uses of system analysis as Ishikawa s diagram for certain purpose, causal and investigative connection which is important for Occupational Safety and Health management system in footwear production.

Keywords: Occupational Safety and Health; security; working conditions; process of production; Ishikawa diagram.

АНАЛИЗ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ КОНТРОЛЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ ПРОНИКАЮЩИМИ ИЗЛУЧЕНИЯМИ

*Иванов Евгений Алексеевич, магистрант,
Поляков Юрий Олегович, к.т.н., доцент*

Новосибирский государственный технический университет, Россия
630073, Новосибирск, просп. Карла Маркса, 20.
Поляков Ю.О., email: yu.polyakov@corp.nstu.ru

В соответствии с требованиями промышленной безопасности технических объектов для неразрушающего контроля качества сварных швов технологических трубопроводов применяется радиографический метод. В качестве источников ионизирующего излучения используют рентгеновские аппараты (РА). При работе с источниками ионизирующих излучений необходимо обеспечить защиту рабочего персонала от облучения. Проанализированы применяемые геометрии просвечивания, приведены основные характеристики импульсных рентгеновских аппаратов для радиографического контроля в различных условиях, рассмотрен вклад альbedo в поглощенную дозу излучения. На основе норм радиационной безопасности приведены рекомендации по уменьшению радиационного облучения.

Ключевые слова. Радиационная безопасность, рентгеновские аппараты, рентгенографический контроль, альbedo.

Рентгенографический метод контроля сварных соединений - это один из самых достоверных способов. Данный метод особенно популярен при проверке соединений технологических трубопроводов, различного ответственного оборудования. Применяемый чаще всего радиографический метод с регистрацией результатов просвечивания на фото пленку позволяет обеспечить архивацию данных контроля. Известно, что рентгеновское излучение оказывает вредное воздействие на здоровье людей [1]. Следует иметь в виду, что соматико - стохастические и генетические эффекты облучения, которые имеют вероятностную природу, обнаружить трудно, так как они незначительны и имеют длительный латентный период, измеряемый десятками лет после облучения. Кроме того, соматико - стохастические и генетические эффекты облучения не имеют дозового порога.

В качестве источников ионизирующего излучения при радиографическом контроле трубопроводов в основном применяют импульсные рентгеновские аппараты. Технические характеристики некоторых отечественных рентгеновских аппаратов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Технические характеристики рентгеновских аппаратов.

№п/п	Характеристика	Памир 300	Арина-3	Арина-7	Арина-9
1	Рабочее напряжение на рентгеновской трубке, кВ	300	220	250	300
2	Макс. толщина просвеч. стали, мм	30, 80	50	40	40, 80
3	Диаметр фокусного пятна, мм	2,5	2	2,5	2,5
4	Доза излучения в прямом пучке на расстоянии. 0,5 м за 1,5 мин, мР	1500	600	1000	1200
5	Частота следования импульсов, Гц	10	10	15	15
6	Вес излучателя, кг	6,5	5,5	12	7,5

Как следует из таблицы, рентгеновские аппараты создают значительную дозу излучения. Следует отметить, что в большинстве импульсных РА отсутствует возможность регулировки высокого напряжения, а экспозиция определяется временем работы рентгеновской трубки.

Основная энергия прямого пучка излучения этих аппаратов сосредоточена в телесном угле 100 – 180 градусов (рис. 1).

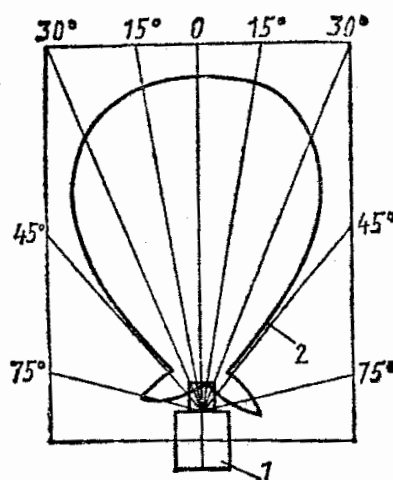


Рис. 1 Диаграмма направленности излучения импульсного рентгеновского аппарата МИРА -2Д:
1 – излучатель; 2 – векторная диаграмма направленности.

При просвечивании кольцевых сварных швов магистральных трубопроводов несомненным плюсом рентгеновских аппаратов является возможность их применения совместно с самоходными кроулерами. Автоматизация таких систем позволяет получить высокую производительность

контроля. При радиографии сварных швов строящихся трубопроводов источник излучения оптимально располагать внутри трубы. При контроле эксплуатируемых трубопроводов возможно только просвечивание через две стенки снаружи. Обеспечение радиационной безопасности рабочего персонала при контроле линейных участков магистральных трубопроводов подробно рассмотрено в [2].

Технологические трубопроводы содержат фасонные детали (отводы, переходы, тройники, заглушки), часто выполненные методом дуговой сварки. Выбираемая геометрия просвечивания таких сварных швов определяется многими факторами, из которых основным является доступность полости объекта. На рис.2 приведены варианты рекомендуемых схем просвечивания при контроле сварных швов технологических трубопроводов.

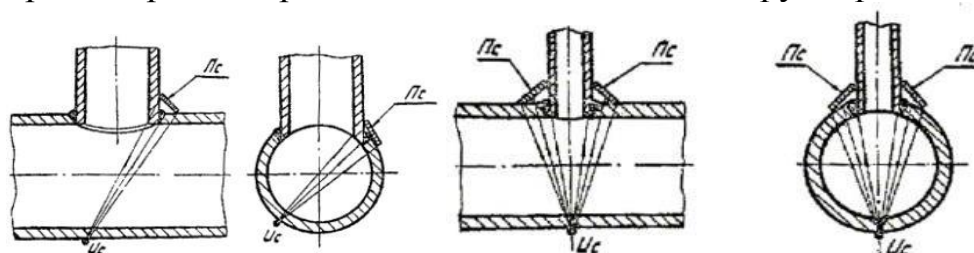


Рис. 2. Схема фронтального просвечивания криволинейных швов врезок малого и большого диаметров технологических трубопроводов.

Анализ всех рекомендуемых схем просвечивания сварных швов технологических трубопроводов [3] показывает, что при просвечивании через две стенки оператор может подвергнуться облучению за счет обратно – рассеянного излучения (альbedo). Альbedo рентгеновского излучения максимально в области энергий 100-300 кэВ, что соответствует рабочей области энергий импульсных рентгеновских аппаратов. Источником обратно – рассеянного излучения является не только контролируемый участок трубопровода, но и средства его крепления (опоры, кронштейны, подвески), попавшие в прямой пучок излучения, при этом неподвижные опоры из бетона в некоторых случаях могут отразить до 70% падающего на них излучения [4]. Рассчитать параметры альbedo практически невозможно, так как необходимо знать спектрально - угловое распределение обратно – рассеянного излучения от объектов, находящихся в области прямого излучения, а также учитывать вклад многократно отраженного излучения.

Основные рекомендации по уменьшению облучения при проведении радиографии заключаются в строгом исполнении правил безопасности [1].

Рекомендуется во время работы держаться как можно дальше от излучателя, насколько это возможно. Это можно обеспечивать, применяя рентгеновские аппараты с максимальной длиной кабеля между дистанционным пультом управления и излучающим блоком.

Уменьшить альbedo излучения можно применением коллиматоров, ограничивающих телесный угол прямого пучка излучения.

Следует применять защитные экраны, рассчитываемые по соответствующим методикам [5,6].

Следует всегда помнить, что минимальной дозы излучения сложно избежать, что она со временем накапливается, если работы проводятся часто и это может вызвать серьезные осложнения, перерастающие в хроническую профессиональную болезнь. Исходя из этого, необходимо постоянно следить за тем, какую дозу человек получает, используя специальные дозиметры.

Библиографический список

1. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)».
2. Разработка системы защиты от ионизирующего излучения при радиографическом контроле сварных швов магистральных нефтегазопроводов / Е.А. Иванов, Ю.О. Поляков // Наука Промышленность Оборона: тр. 17 Всерос. науч.-техн. конф.: в 4 т. –Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016.
3. ОСТ 102-51-85. Контроль неразрушающий. Сварные соединения трубопроводов. Радиографический метод. –М.: Издательство стандартов, 1985.
4. Машкович В.П. Защита от ионизирующих излучений: справочник. - 3 изд. – М.: Энергоатомиздат, 1982.
5. Маслов В.Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении: учеб. пособие для студ.высш. учеб. заведений / Б.Г. Маслов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 272 с.
6. Средства защиты в машиностроении: Расчет и проектирование: Справочник / С.В. Белов, А.Ф. Козьяков, О.Ф. Партолин и др.; Под ред. С.В. Белова.-М.: Машиностроение, 1989. -368 с.

ANALYSIS OF RADIATION SAFETY IN THE CONTROL OF PROCESS PIPELINES PENETRATING RADIATION

Ivanov E. A., Master`s Degree student,

Polyakov Yuriy Olegovich, Ph. D., associate Professor

Novosibirsk state technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russia

Polyakov Yu. O., email: yu.polyakov@corp.nstu.ru

Abstrakt. In accordance with the requirements of industrial safety of technical facilities for nondestructive testing of the welded joints in technological pipelines used radiographic method. As ionizing radiation sources use of x-ray apparatus (RA). When working with sources of ionizing radiation are required to protect operating personnel from radiation. Analyzed applied geometry x-ray, the main characteristics of the pulsed x-ray apparatus for radiographic testing in various conditions, the contribution of the albedo to the absorbed dose of radiation. On the basis of radiation safety standards provides recommendations for reducing radiation exposure.

Keywords. Radiation safety, x-ray machines, radiographic control, albedo.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИФТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Игнатовская Елена Анатольевна, магистрант.;

Милевский Константин Евгеньевич, к.т.н., доцент.

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. тел. +7(383)346-25-65

Игнатовская Е.А. email: eleno4ka_1993@bk.

Милевский К.Е. email: milevskij@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Милевский К.Е. Новосибирский государственный
технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса,
20, тел. +7(383)346-25-65

Аннотация

В данной статье обсуждается проблема обеспечения безопасности при эксплуатации лифтового оборудования, в связи с возрастающей ролью лифтового хозяйства: высотность зданий, скорость, грузоподъемность.

В процессе работы проведен статистический анализ аварий, произошедших при эксплуатации лифтов, в период с 2011 по 2015 годы в жилом и нежилом фонде. Опираясь на полученные статистические данные, составлена классификация причин возникновения отказов, повлекшие за собой несчастные случаи.

На примере лифтов, расположенных на территории ООО «Орбита», было проведено исследование выполнения организационно-технических мероприятий и регламентных работ, в соответствии с нормативно-технической документацией [1-4]. На ООО «Орбита» были выявлены несоответствия требованиям нормативно – технической документации и предложены мероприятия по их устранению.

Ключевые слова

Лифт, эксплуатация, объект потенциальной опасности, аварии, отказ, чрезвычайные происшествия, техническое обслуживание.

Введение

Для подтверждения актуальности этой темы, был проведён анализ статистики несчастных случаев с 2011 года по 2015 год [5]. На рисунке 1 отображены только те несчастные случаи, которые повлекли за собой либо травму, либо гибель людей. 2011 год, 2012 год и 2013 год характеризуется стабильным количеством произошедших несчастных случаев, около 22 в год. В 2014 году фиксируется возрастание несчастных случаев практически в 4 раза, по сравнению с предыдущими.

Это объясняется тем, что в 2013 году лифтовое оборудование

официально было исключено из реестра объектов потенциальной опасности, что послужило исключением функций учета, регистрации и проектирования лифтового оборудования с Ростехнадзора [6].

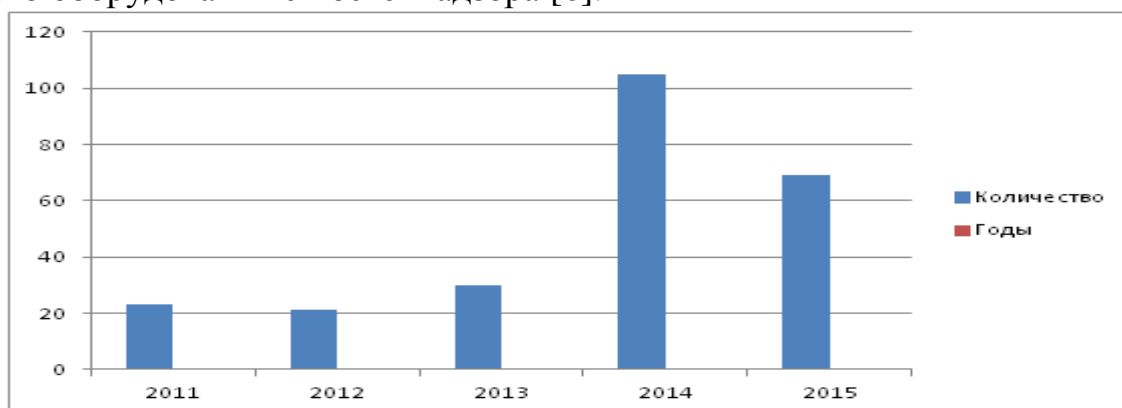


Рисунок 1. Количество несчастных случаев в лифтах в РФ

Теория

На основании анализа статистики несчастных случаев в лифте с 2011 года по 2015 год определены основные причины аварий и несчастных случаев, происходящих в лифтовом оборудовании. Классификация причин представлена на рисунке 2.

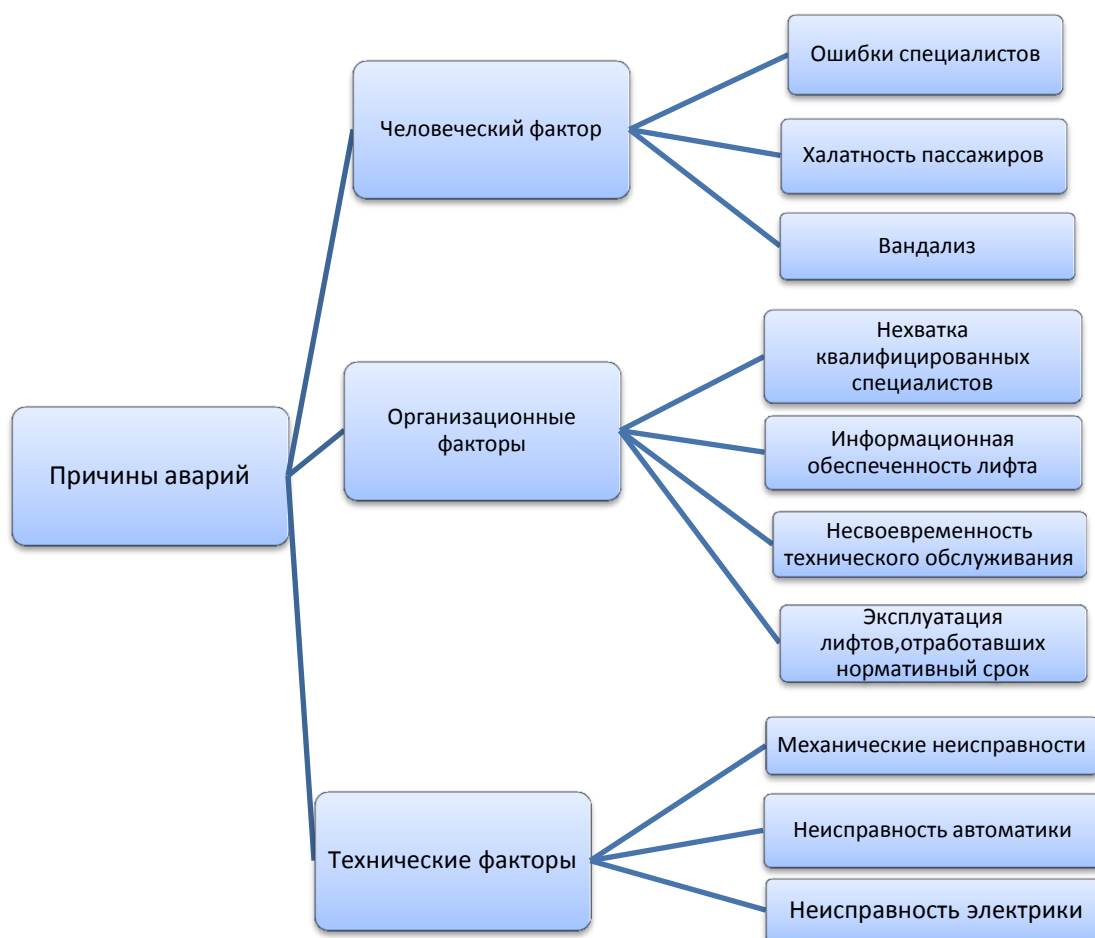


Рисунок 2. Основные причины аварий в лифте

Выделенные критерии классификации причин при аварии: технические факторы, организационные факторы и человеческий фактор.

Результаты и обсуждения

На примере лифтов, расположенных на территории ООО «Орбита», было проведено исследование выполнения организационно-технических мероприятий и регламентных работ, в соответствии с нормативно-технической документацией [2-5]. Выявленные несоответствия представлены в таблице 1.

Таблица 1

факторы	выявленные несоответствия
Механические неисправности	-контроль с применением измерительного оборудования проводится только раз в год, Согласно нормативно - техническим документам измерительный контроль должен проводиться каждый месяц; -методы неразрушающего контроля при техническом обслуживании не применяются. Согласно нормативно – технической документации, при проведении технического освидетельствования лифт подлежит проверке методами неразрушающего контроля.
Нехватка квалифицированных специалистов	В штате предприятия отсутствуют лифтеры.
Несвоевременность технического обслуживания	На предприятии нет журнала учета ежедневного контроля лифта. Согласно требованиям нормативно – технической документации, ежедневное техническое обслуживание должно фиксироваться в журнале учета, с указанием всех выявленных неисправностей и подписью специалиста, проводившего осмотр оборудования.

При эксплуатации лифтов в ООО «Орбита» предложен следующий перечень мероприятий для устранения выявленных несоответствий,

- приобретение измерительного оборудования;
- обучение специалистов проведению контроля, с применением измерительного оборудования;
- приобретение оборудования, материалов для проведения методов неразрушающего контроля;

-наем или обучение специалиста для проведения методов неразрушающего контроля.

- заключение договора с новой инженерно – конструкторской организацией, проводящей контроль с применением измерительного оборудования и проводящей техническое освидетельствование лифта, с применением методов неразрушающего контроля.

Для устранения выявленных несоответствий, связанных с нехваткой квалифицированных специалистов, при эксплуатации лифтов в ООО «Орбита» предложено нанять в штат предприятия лифтеров.

Для устранения выявленных несоответствий, связанных с несвоевременность технического обслуживания, при эксплуатации лифтов в ООО «Орбита» предложено завести журнал ежедневного контроля лифтового оборудования. В журнале должны указываться все выявленные недостатки, заверенные подписью сотрудника, проводившего ежедневный контроль.

Выводы:

Проведен статистический анализ аварий при эксплуатации лифтового оборудования.

Выделенные критерии классификации причин при аварии: технические факторы, организационные факторы и человеческий фактор.

Выявлены несоответствия эксплуатации лифтов, расположенных на территории ООО «Орбита», нормативно-технической документации.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р 55964-2014 «Лифты. Общие требования безопасности при эксплуатации».

2. ГОСТ Р 55969-2014 «Лифты. Ввод в эксплуатацию. Общие требования».

3. ГОСТ Р 54999-2012 «Лифты. Общие требования к инструкции по техническому обслуживанию лифтов».

4. ГОСТ Р 53780-2010 «Лифты. Общие требования безопасности к устройству и установке».

5. Национальный лифтовый союз [электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.lift.ru/>

6. Федеральный закон от 04.03.2013 № 22 – ФЗ «О промышленной безопасности»

ENSURING SAFETY IN OPERATION OF ELEVATOR EQUIPMENT*Ignatovskaya Elena, student.*

Milevsky Konstantin Evgenievich, Ph. D., associate professor

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, pr. Karl Marx,
20. +7(383)346-25-65

Abstract

This article discusses the problem of ensuring safe operation of elevator equipment.

A statistical analysis of accidents occurred during the operation of elevators in the period from 2011 to 2015 in residential and non-residential funds.

Based on the obtained statistical data, a classification of the causes of failures and accidents in the operation of elevators is made.

On the example of elevators located on the territory of the enterprise LLC "Orbita", carried out a study of the implementation of organizational and technical activities and routine maintenance, in accordance with regulatory and technical documentation.

Discrepancies to the requirements of normative and technical documentation are revealed and measures for their elimination are suggested.

Keywords

Elevator, operation, object of potential danger, accidents, failure, emergency incidents, maintenance.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЗРЫВА В КОТЕЛЬНОЙ

Киселёва Людмила Ивановна, Илюшов Николай Яковлевич

Новосибирский государственный технический университет, 630073,

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

Киселёва Л.И., email: tilulove@mail.ru

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

Адрес для корреспонденции: Киселёва Людмила Ивановна,

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.

Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (953) 781-71-05

В статье оцениваются последствия взрыва в котельной №15 Первомайского района города Новосибирска, которая находится в подвальном помещении жилого двухэтажного дома. Актуальность исследования обусловлена наличием большого количества пожаровзрывоопасных веществ на данном объекте, а также близлежащим расположением жилых домов.

Ключевые слова: уголь; взрыв; пожар; котельная в жилом доме; аварии в котельной; последствия взрыва.

В соответствии с определением, приведенном в [1], под котельной будем понимать комплекс зданий и сооружений с котельными установками и вспомогательным технологическим оборудованием, предназначенными для выработки тепловой энергии в целях теплоснабжения. Таким образом, основной вид деятельности котельной – производство пара, используемого на теплоснабжение систем отопления и горячего водоснабжения жилых домов.

Главным оборудованием котельной является три стальных котла, два из которых имеют объём 0,93 м³ и один – 0,485 м³. Все котлы работают на твердом топливе (каменном или буром угле), при расчетном давлении 0,6 МПа с температурой нагрева воды более 115 °С.

Как указано в [2], к категории опасных производственных объектов относятся объекты, где используется оборудование, работающее под избыточным давлением более 0,07 МПа и температурой нагрева воды более 115°С. Следовательно, котельная является опасным производственным объектом, а значит на ней возможны аварии, сопровождающиеся взрывами в аппаратуре, производственных помещениях, которые могут привести к разрушению зданий, сооружений, оборудования, травмам людей.

При аварии в котельной существует несколько вариантов развития сценария. Данные сценарии приведены на рисунке.

Наиболее вероятным началом развития аварии является взрыв перегретой жидкости в результате, например, отказа предохранительного клапана. Показатель δ , характеризующий вероятность возникновения взрыва при этом превышает 0,36, что говорит о большой вероятности взрыва.

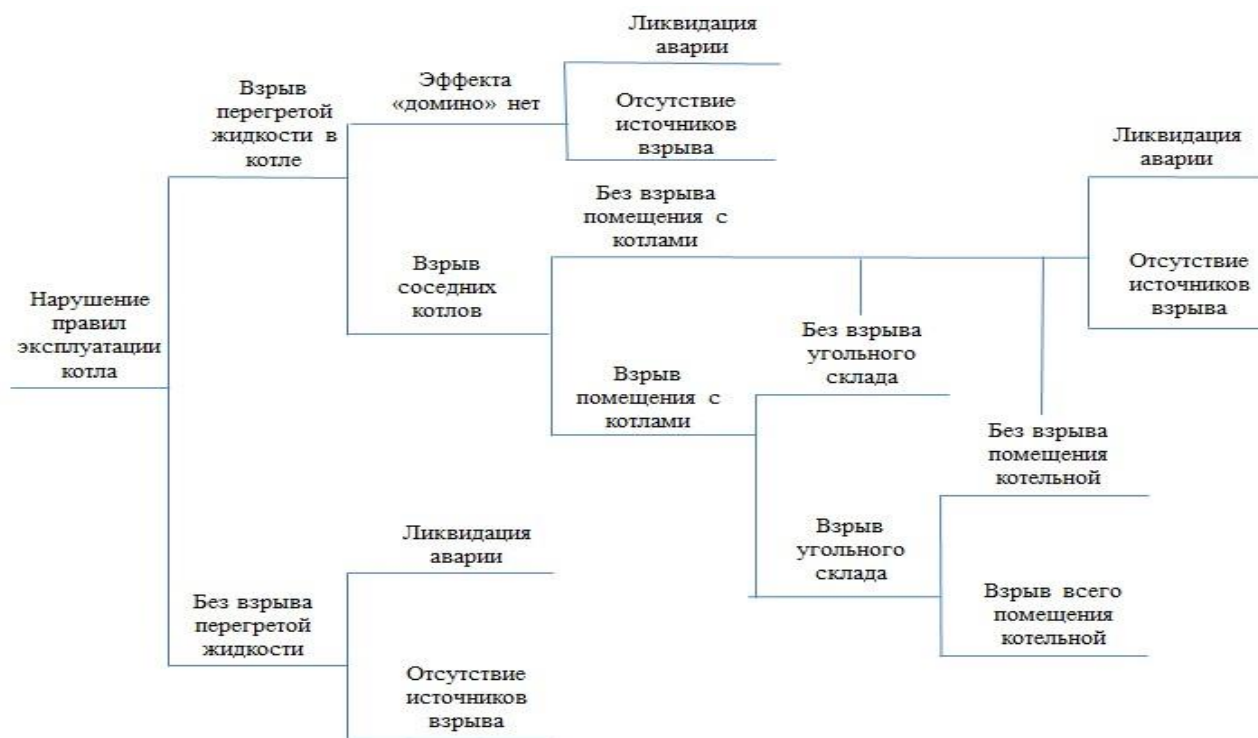


Рис. – «Дерево событий» аварий на котельной

В ходе исследования, были рассчитаны последствия аварии проходящей по каждому из этих сценариев.

Все расчеты осуществлялись по методикам, описанным в [3]. Главными факторами взрыва и при взрыве резервуара с перегретой жидкостью, и при взрыве угольной пыли, являются избыточное давление и импульс фазы сжатия. Однако, в одном и в другом случае, зависят они от разных параметров. Так, при взрыве резервуара с перегретой жидкостью при воздействии на него очага пожара избыточное давление рассчитывалось по формуле (1), а импульс фазы сжатия по формуле (2).

$$\Delta P = P_0 \left(0,8 * \frac{m_{пр}^{0,33}}{r} + 3 * \frac{m_{пр}^{0,66}}{r^2} + 5 * \frac{m_{пр}}{r^3} \right) \quad (1)$$

$$I^+ = 123 * \frac{m_{пр}^{0,66}}{r} \quad (2)$$

где P_0 — атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

$m_{пр}$ — приведенная масса, кг;

r — расстояние от центра резервуара до объекта, подвергающегося воздействию волн сжатия, м;

Взрыв перегретой жидкости вызовет вздыбливание угольной пыли, что приведет к взрыву уже угольной пыли. Избыточное давление и импульс фазы сжатия при этом рассчитываются по формулам (3), (4).

$$\Delta P = \frac{m H_T P_0 Z}{V_{CB} \rho_{VC} P T_0} * \frac{1}{K_H} \quad (3)$$

где m — масса горючего вещества, кг;

H_T — теплота сгорания, Дж/кг;

P_0 — начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101

кПа);

Z – коэффициент участия взвешенной пыли в горении;

V_{CB} – свободный объем помещения, м³;

ρ_B – плотность воздуха при начальной температуре T_0 , кг/м³;

C_p – теплоемкость воздуха, Дж/кг*К (допускается принимать равной $1,01 \cdot 10^3$ Дж/кг*К);

T_0 – начальная максимальная температура воздуха, К;

K_n – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения (допускается принимать равным 3).

$$I^+ = 0.4 * m^{\frac{2}{3}} * R^{\frac{-1}{2}} \quad (4)$$

где m – масса взрывчатого вещества;

R – расстояние от эпицентра взрыва.

Расчеты показывают, что взрыв одного котла приведет к неминуемому взрыву остальных котлов, что в свою очередь приведет к взрыву угольной пыли на угольном складе, на котором может находиться 2500 кг угольной пыли.

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные параметры взрыва

Объект взрыва	Избыточное давление, кПа	Импульс фазы сжатия, кПа*с
Котел №1	276,74	221,55
Котел №2	276,74	221,55
Котел №3	241,39	193,11
Угольная рядом с котлом №1	39	1,22
Угольная пыль рядом с котлом №2	78	1,94
Угольная пыль рядом с котлом №3	117	2,54
Угольный склад	11594	23,3

Вокруг котельной находятся жилые здания. Самые ближайшие расположены на расстоянии 20 м. Расчеты показали, что разрушения этих зданий будут вызваны уже при взрыве котла №1. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние избыточного давления взрыва на здания в зависимости от расстояния их расположения

Расстояние до зданий, м	Избыточное давление, кПа	Степень повреждения зданий	Количество зданий, шт.
20	36	50%-ые разрушения	2
25	25,1	Средние разрушения	4
50	9,38	Умеренные разрушения	6
130	3,01	Малые разрушения	25

А если учесть всю последовательность взрывов, то безопасным расстоянием можно будет считать расстояние в 180 м.

Вывод: Расчеты показывают, что в результате аварийного взрыва в котельной, даже одного котла, здание получает полное разрушение, следовательно, необходим запрет на размещение котельных в подвальных помещениях жилых домов.

Библиографический список

1. СП 89.13330.2012 Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76.
2. Федеральный закон от 21.07.1997 №116 – ФЗ (ред. от 03.07.2016) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
3. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. № 1971-ст).

ANALYSIS OF THE CONSEQUENCES OF EXPLOSION IN BOILER

Kiselyova Lyudmila Ivanovna, Undergraduate Student,

e-mail: tilulove@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

In the article, I assess the possible accidents and their consequences in the boiler room No. 15 of the Pervomaisky district of the city of Novosibirsk. The boiler room is located in the basement of a residential two-story building. The relevance of the study is due to the presence of a large number of fire and explosion hazards at this facility, as well as the nearby location of residential buildings.

On the territory there are several objects that can serve as sources of accidents. And the sequence of occurrence of accidents can correspond to the domino principle, ie, the failure of one of the sources leads to consequences.

The emergency scenario is likely to start with a gas explosion in the boiler room, resulting in the phenomenon of a fireball, the fire of a diesel spill, the release of freon in a refrigeration unit, or their combined action may occur. In this connection, calculations have been made to assess the impact.

Key words: coal; explosion; fire; boiler room in a residential building; accidents in the boiler room; consequences of the explosion.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ПОЖАРА БЫТОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

*Кисилёва Дарья Владимировна магистрант, Илюшов Николай Яковлевич
к.т.н. доцент*

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

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

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

В статье рассмотрен вопрос о выделении токсичных веществ из строительных материалов при пожаре внутри помещения. В настоящее время вопросам экологичности материалов для строительства и отделки помещений уделяется достаточно пристальное внимание. Так, санитарными нормами и правилами определены типы отделочных материалов, которые можно применять в квартирах, или только в производственных помещениях. Но необходимо помнить и о том, что в случае чрезвычайной ситуации, например, при пожаре, любые, даже самые экологически чистые материалы выделяют массу токсичных веществ. Поэтому расчёт концентраций токсичных веществ, образующихся из отделочных и строительных при пожаре, очень важен для определения возможности эвакуации из аварийного помещения.

Ключевые слова: строительные материалы, токсичные вещества, фенол, формальдегид, поливинилхлорид.

Сегодня количество строительных и отделочных материалов во много раз увеличилось, число строительных компаний и фирм, поставляющих материалы измеряется сотнями. При этом строителей в первую очередь интересует экономия, а поставщиков – прибыль. Более 50% всех строительных материалов нельзя назвать безопасными для здоровья.

Неблагоприятное воздействие новых строительных полимерных материалов на человека, обусловлено, в основном, выделением токсичных веществ в окружающую среду при эксплуатации изделий. Но нужно не забывать, что могут произойти экстремальные ситуации, например, пожар, где концентрация токсичных веществ будет настолько высока, что и о спасении человека не может быть и речи [1].

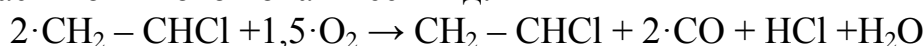
Оценка концентрации токсичных веществ, образовавшихся в результате пожара, проводилась в учебной аудитории 513, расположенной во втором корпусе НГТУ (объем 156,8 м³). Для этого был определен состав материалов, применяемых для отделки данного помещения. Методика определения концентрации токсических веществ, выделившихся при пожаре, представлена на примере ДСП и пластиковых окон. Известно, что ДСП состоит из

фенолоформальдегидной смолы, имеющей формулу $(-C_6H_3(OH) - CH_2 -)_n$ и древесной стружки, содержание отдельных элементов в котором приведено в табл. 1, а пластиковые окна из поливинилхлорида, имеющего формулу $(-CH_2 - CHCl -)_n$.

Таблица 1

Элементарный состав древесины				
Вещество	С	О	Н	N
Содержание, масс. %	49,5	44,2	6,3	0,12

Для расчётов были составлены уравнения реакции неполного сгорания, так для пластиковых окон она имеет вид:



Уравнения реакции неполного сгорания, для ДСП:

1) Фенолоформальдегидная смола



2) Древесная стружка

В случае, когда известен элементарный состав записывается уравнения реакции горения для горючих компонентов, входящих в состав древесины. Азот является инертным веществом, а кислород окислителем, поэтому для них не составляются уравнения реакции горения [2].



По представленным уравнениям была рассчитана масса продуктов сгорания, образующихся при горении 1 кг вещества, для этого в уравнения подставляются значения молекулярных масс входящих в него элементов.

Масса продуктов сгорания, образующихся при сгорании 1 кг поливинилхлорида:

$$m(CH_2 - CHCl) = 62/124 = 0,5 \text{ кг} = 500 \text{ г}$$

$$m(CO) = 56/124 = 0,45 \text{ кг} = 450 \text{ г}$$

$$m(HCl) = 36/124 = 0,3 \text{ кг} = 300 \text{ г}$$

При определении массы токсичных веществ, образующихся при сгорании 1 кг ДСП, отдельно рассчитывается масса продуктов сгорания фенолоформальдегидной смолы:

$$m(C_6H_5OH) = 94/212 = 0,44 \text{ кг} = 440 \text{ г}$$

$$m(CH_2O) = 30/212 = 0,14 \text{ кг} = 140 \text{ г}$$

$$m(CO) = 196/212 = 0,92 \text{ кг} = 920 \text{ г}$$

и древесной стружки:

$$m(C_6H_5OH) = 94/96 = 0,98 \text{ кг} = 980 \text{ г}$$

$$m(CH_2O) = 30/96 = 0,31 \text{ кг} = 310 \text{ г}$$

$$m(CO) = 28/96 = 0,29 \text{ кг} = 290 \text{ г}$$

В табл. 2 и табл. 3, указаны концентрации токсичных веществ образующихся с одного килограмма ДСП и пластиковых окон.

Таблица 2

Концентрация токсичных веществ при горении ДСП			
Строительный материал ДСП	Концентрация токсичных веществ, г/м ³		
	Фенол	Формальдегид	Угарный газ
	9,06	2,96	7,72

Таблица 3

Концентрация токсичных веществ при горении пластиковых окон			
Строительный материал Пластиковые окна	Концентрация токсичных веществ, г/м ³		
	ПВХ	Хлороводород	Угарный газ
	3,19	1,91	2,87

Общая масса рам пластиковых окон и ДСП в помещении составит соответственно 300 и 117,3 кг. Следовательно, общая концентрация продуктов горения при пожаре в данном помещении, будет соответствовать данным, представленным в табл. 4.

Таблица 4

Строительный материал ДСП	Параметры	Концентрация токсичных веществ				
		Концентрация токсичных веществ, г/м ³				
		Угарный газ	Фенол	Формальдегид	ПВХ	Хлороводород
	Площадь листа толщиной 12 мм: 13,39 м ² ; Масса 117,3 кг	-	1062,613	336,397	-	1257,756
Пластиковые окна	Площадь стеклопакета толщиной 4 мм: 12 м ² ; Масса всех рам: 300 кг	861	-	-	957	573

В табл. 5 указаны предельно-допустимые концентрации токсичных веществ в воздухе рабочих помещений [4].

Таблица 5

ПДК, мг/м ³	ПДК токсичных веществ				
	ПВХ	Хлороводород	Угарный газ	Фенол	Формальдегид
	6	23	1160	5	5

Сравнивая предельно-допустимую концентрацию токсичных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений и рассчитанную

концентрацию токсичных веществ, мы видим о многократном увеличении вторых. Концентрация СО и НСІ превышает предельный параметр указанный в ГОСТ 12.1.004-91, следовательно, время для эвакуации из аварийного помещения значительно снижается. Мы видим многократное увеличение концентрации токсичных веществ при сгорании даже экологически чистых материалов превышение.

Библиографический список

1. Гусев Б.В., Дементьев В.М., Миротворцев И.И. *Нормы предельно допустимых концентраций для стройматериалов жилищного строительства//Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века.* - №5/99.
2. Лаппо В.Г., Селаври Т.В., Семенов Э.И. *Санитарно-гигиеническая характеристика полимерных материалов. Энциклопедия полимеров.* — С. 357.
3. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. Введ. с 01.07.1992. - М.: Изд-во стандартов, 1992. -78 с.
4. ГН 2.2.5.1313-03. Химические факторы производственной среды. Предельно Допустимые Концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Введ. с 15.07.2003. – М.: Изд-во стандартов, 2003. -17 с.

DETERMINE THE TOXICITY OF A FIRE IN DOMESTIC PREMISES

Kisilyova D.V. Graduate student, Master's Degree student, email:
gold150494@gmail.com

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

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

Abstract. The article considers the question of allocation of toxic substances from construction materials in the fire inside the building. Currently, issues of sustainability of materials for construction and decoration given enough attention. So, sanitary norms and rules define the types of finishing materials that can be used in apartments, or just in the premises. But you must remember that in the event of an emergency, e.g. fire, any, even the most environmentally friendly materials emit a lot of toxic substances. Therefore, the calculation of concentrations of toxic substances resulting from construction and finishing in a fire, it is very important to determine the possibility of evacuation from the emergency room.

Keywords: building materials, toxic substances, phenol, formaldehyde, polyvinyl chloride.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСУЛЬКООБРАЗОВАНИЯ НА КРЫШЕ И БОРЬБА С ПОМОЩЬЮ ГРЕЮЩЕГО КАБЕЛЯ

Научный руководитель: Коробейников Сергей Миронович, заведующий кафедрой, профессор; Загорнов Дмитрий Андреевич, студент

Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, тел +7 (383) 346 02 31

Загорнов Д.А., email zagornovd@mail.ru

Коробейников С.М., e-mail korobeynikov@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: **Коробейников Сергей Миронович**,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7 (383) 346 02 31

Аннотация

Общеизвестно, что обвал ледяных нагромождений с кровли и водоотводов является причиной повышенного травматизма. Целью данной работы является предотвращение образования сосулек с помощью обогрева края кровли.

Ключевые слова

Процесс предотвращение образования сосулек на краю кровли с помощью греющего кабеля

В настоящее время существуют несколько методов борьбы с нежелательным обледенением: механическое удаление глыб льда, дополнительная изоляция крыши, сезонное размещение нагревательных элементов на поверхности крыши для обеспечения их оттаивания, вибрация крыши, ультразвуковая обработка.

Наиболее перспективный метод обогрева крыши греющим кабелем, а вернее устройством на его основе. Самобогреватель будет представлять из себя греющий кабель, размещенный в металлопластиковом корпусе, присоединенный к краю кровли. Корпус нужен для предотвращения преждевременного повреждения кабеля из-за внешних факторов (сильный ветер, возможность обрыва в результате образования на нем наледи).

Методика экспериментального исследования

Возможны следующие режимы работы нагревателя:

1) До образования льда. На кабель, с края крыши поступит влага, для определенности мы допустим случай, что влага равномерно распределилась тонким слоем по поверхности греющего устройства.

2) После образования льда. Ледяной массив образовался непосредственно на кабеле (в период его отключения), и нам необходимо нагреть лед, расплавить и не допустить повторного обледенения.

Первый режим. Чтобы вода на корпусе греющего устройства не замерзала, должно выполняться неравенство:

$$\dot{Q}_{\text{конвекции}} + \dot{Q}_{\text{испарение}} \leq \dot{Q}_{\text{провода}}, (1);$$

Потеря тепла, утраченная в результате конвективной теплоотдаче с единицы поверхности равна:

$$\dot{Q}_{\text{конвекции}} = \alpha_k * \Delta T * S, (2);$$

α_k – коэффициент теплоотдачи, зависящий от скорости ветра [1].

В свою очередь, теплота, ушедшая в процессе испарения равна:

$$\dot{Q}_{\text{испарение}} = \alpha_c * \dot{m} * S * \Delta h, (3);$$

\dot{m} – массовая скорость [2], равная

$$\dot{m} = \sqrt{\frac{\bar{M}}{2\pi R T}} * p, (4).$$

Подставив формулы (2), (3) в (1) и проведя необходимые расчеты получим 24 Вт/м, именно такую необходимую и минимальную мощность должен иметь кабель чтобы не дать воде на поверхности греющего устройства замерзнуть в заданных условиях.

Второй режим. Необходимо за выбранный нами период времени ($t=3600$ сек) нагреть, расплавить лёд, а также не дать воде, оставшейся на греющем элементе, замерзнуть:

$$\dot{Q}_{\text{провода}} + \dot{Q}_{\text{нагревания}} + \dot{Q}_{\text{плавления}} \leq \dot{Q}_{2 \text{ провода}}, (5);$$

В данном случае,

$$\dot{Q}_{\text{нагревания}} = \frac{\rho_{\text{льда}} * V_{\text{льда}} * c_{\text{льда}} * \Delta T}{t}, (6);$$

А мощность необходимая на плавление:

$$\dot{Q}_{\text{плавления}} = \frac{\lambda_{\text{льда}} * \rho_{\text{льда}} * V_{\text{льда}}}{t}, (7).$$

Подставив формулы (6), (7) в неравенство (5), и проведя подстановку численных значений получим мощность устройства во втором режиме $\dot{Q}_{2 \text{ провода}} = 110 \text{ Вт/м}$.

Вывод. Проведён расчет режимов работы греющего элемента. Выявлено, что при сравнительно малой мощности (менее 30 Вт/м) влага не успеет замерзнуть и будет стекать с нагревательного элемента. Для плавления льда требуется гораздо больше мощности. Так как нет необходимости держать кабель включенным постоянно, так как нет необходимости в размещении кабеля по всему периметру здания, а лишь в наиболее травмоопасных местах(входы - выходы, водостоки), способ также остаётся целесообразным.

Список литературы

1. Кухлинг Х. Справочник по физике. Пер. с нем. – М.: Мир, 1982. — 520 с.
2. Мартыненко О.Г. (ред.) Справочник по теплообменникам. Энергоатомиздат, 1987, том 1.— 352 с.

MODELING OF SUCKING ON THE ROOF AND COMBATING USING A HEATING CABLE

Annotation

It is well known that the collapse of ice piles from the roof and drainage is the cause of increased injuries. The purpose of this work is to prevent the formation of icicles by heating the edge of the roof.

Currently, there are several methods to deal with undesirable icing: mechanical removal of blocks of ice, additional insulation of the roof, seasonal placement of heating elements on the roof surface to ensure their thawing, roof vibration, ultrasonic treatment. The most promising method of heating the roof with a heating cable, or rather a device based on it. The heater itself will be a heating cable, located in a metal-plastic case, attached to the edge of the roof. The body is needed to prevent premature damage to the cable due to external factors (strong wind, the possibility of breakage due to the formation of ice on it).

Keywords

The process of preventing the formation of icicles on the edge of the roof with the help of a heating cable

К ВОПРОСУ О ЗАЩИТЕ ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИЙ

*Ломан Валентин Алексеевич, магистрант, Илюшов Николай Яковлевич
к.т.н. доцент*

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

Ломан В.А., email: Loman_95@mail.ru

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

В статье рассмотрены основные вопросы связанные с защитой оборудования подстанций. Изучена опасность которую представляют удары молний в воздушные линии. Обнаружили, что наиболее проблемные участки, это участки, с грунтами имеющими высокое сопротивление. Определили наиболее подверженную часть к выходу из строя в трансформаторах – межвитковые обмотки. Провели анализ распространённой защиты и убедились в недостаточной её эффективности. Предложили своё устройство на основе скин-эффекта. Провели испытания и результаты испытаний, показали более высокую эффективность по сравнению с ОПН. Перечислены достоинства частотно-зависимого устройства по сравнению с используемыми средствами защиты, применяемыми на воздушных линиях.

Ключевые слова: грозовые отключения, высокочастотные перенапряжений, оборудование подстанций, частотно-зависимое устройство.

В настоящее время остро стоит вопрос об обеспечении защиты оборудования энергетики, от действия импульсных и высокочастотных перенапряжений, основная причина которых удары молний в воздушные линии (ВЛ) [1]. Это особенно актуально для регионов с грунтами имеющими высокое удельное сопротивление: районы с вечной мерзлотной, реликтовыми песчаными грунтами и скалистыми горизонтами и т.д. В этих условиях ВЛ негрозоупорны и, даже с учётом короткого грозового периода, в некоторых случаях имеют более двух десятков грозовых отключений на 100 км в год [2].

Из-за большой протяжённости, ВЛ электропередач подвержены большому количеству ударов молний. В зависимости от места удара, могут образоваться три формы высокочастотных импульсов перенапряжения: полная, срезанная, короткая волна. Наибольшую опасность представляют короткие и срезанные волны, образующиеся при ударах в опору или трос грозозащиты. Эти удары, могут происходить непосредственно перед входом подстанции и именно они приводят, например, к межвитковым замыканием трансформаторов. Причина их высокой опасности заключается в их высокой крутизне, так как импульс не успевает распределиться между всеми витками обмотки трансформатора, а распределяется только между входными витками, что вызывает градиентные перенапряжения. Так, по данным АО «Тюменьэнерго», причиной выхода трансформаторного оборудования из

строю на 80% является образование межвитковых коротких замыканий.

Для обеспечения защиты ВЛ, от действия грозовых и коммутационных перенапряжений разработаны и используются различные средства защиты. Был проведён анализ наиболее распространённых средств защиты, их принципов работы и недостатков.

Наиболее простым средством защиты от прямых ударов молний в ВЛ, является молниеотводы. К недостаткам молниеотводов можно отнести: конструктивную сложность и высокую стоимость, а также необходимость надёжного заземления. Кроме того, важно понимать, что всегда существует вероятность поражения провода «прорыва молнии мимо тросовой защиты».

Наиболее простым устройством для защиты от коммутационных перенапряжений или вызванных ударами молний в ВО, являются искровые промежутки (ИП). Однако, ИП имеют существенные недостатки, ограничивающие их применение: большой статистический разброс их пробивного напряжения; сильное повышение разрядного напряжения ИП при крутых фронтах волн перенапряжений; при любом срабатывании ИП образуются дуги токов короткого замыкания, не гаснущие в сетях 110 кВ и выше; при срабатывании ИП возникает резкий срез напряжения на защищаемой изоляции, что приводит к возникновению опасных перенапряжений на продольной изоляции обмоток трансформаторов, и других электроустановках.

Для повышения эффективности работы ИП применяют принудительное гашение дуги. Например, использование газогенерирующего материала в трубчатых разрядниках. Их минусами являются: наличие зоны выхлопа и шум при срабатывании, крутой срез волны перенапряжения, возможность замыкания линий на землю, крутая вольт-секундная характеристика. Так же существенным недостатком является то, что напряжение срабатывания разрядников нельзя снижать ниже определенного минимума, потому что это вызывает слишком частые срабатывания разрядников и повышенный износ.

Долгое время, основным средством защиты являлся вентильный разрядник, состоящий из ИП и последовательных нелинейных сопротивлений. Но вентильные разрядники имеют низкую нелинейность резисторов. Подключение резисторов непосредственно к фазному проводу невозможно, так как это приведет к быстрому тепловому разрушению аппарата из-за протекания тока при рабочем напряжении. Поэтому последовательно с вентильным разрядником включают ИП, а это в свою очередь накладывает множество их недостатков.

Достаточно эффективным средством снижения высокочастотных перенапряжений, является установка конденсаторов связи. Недостатками является: высокая стоимость конденсаторов и их технического обслуживания, диэлектрические потери конденсатора при выборе большой ёмкости, уменьшение надёжности за счёт старения конденсаторов.

В распределительных устройствах, используется установка высокочастотных заградителей, для высокочастотного деления шин.

Напряжение волны перенапряжения, распределяется между реактором, конденсаторами элемента настройки и входным сопротивлением шин ПС. Параллельно силовой катушке должен устанавливаться элемент защиты, ограничивающий напряжение на элементах заградителя до безопасного для них значения. При этом, для выбора заградителя должны учитываться номинальный рабочий ток, ток короткого замыкания, напряжение ВЛ, габариты ВЛ и требуемая полоса заграждения.

В настоящее время наиболее распространённым средством защиты ВЛ является ОПН. Данные ограничители напряжения устанавливаются в основном в сетях 110 кВ и выше [3]. Однако ОПН имеет существенный недостаток: протекание токов рабочего напряжения сети частотой 50 Гц, что может привести к перегреву варистора и выход ОПН из строя. Также важно, что ОПН не влияет на крутизну фронта воздействующих грозовых перенапряжений, они уменьшают лишь амплитуду перенапряжений.

Совсем недавно были разработаны длинноискровые разрядники для защиты ВЛ от импульсного тока. Они устанавливаются на каждую опору и за счёт эффекта скользящего заряда – импульс проходит по поверхности изолированной петли от трубки до зажима. Недостатками устройства является ограниченность номинальных напряжений до 6-10 кВ.

Проведя анализ представленных средств защиты были выявлены основные их недостатки которыми являются: необходимость хорошего заземления; необходимость минимальных условий для срабатывания (напряжения); невозможность эффективно влиять на крутизну фронта перенапряжения; сложность и дороговизна в установке, эксплуатации, контроле; короткий срок службы.

Следует отметить, что все представленные защитные средства либо уменьшают амплитуду, либо увеличивают длительность импульса, а вот частотно-зависимое устройство (ЧЗУ), работающее на принципе скин-эффекта, действует сразу и на амплитуду, и на длительность импульса и не имеет описанных ранее недостатков [4].

Включение ЧЗУ в систему происходит последовательно с защищаемым объектом. На рабочей частоте в 50 Гц, устройство имеет сопротивление фазного провода, так что потерь при нормальном режиме работы не возникает. При проходе импульса грозового перенапряжения, имеющего частотный диапазон 200 - 300 кГц, активное сопротивление резко увеличивается до 150 - 200 Ом, тем самым уменьшая амплитуду импульса. Конструкция ЧЗУ в виде спирали позволяет создавать высокое реактивное сопротивление, увеличивающее длительность фронта импульса перенапряжения, уменьшая тем самым опасность межвитковых замыканий в защищаемом оборудовании.

Были проведены эксперименты, в которых подтверждается, высокая эффективность ЧЗУ, по сравнению с используемыми на данный момент, средствами защиты [5].

Подводя итоги, можно сформулировать достоинства ЧЗУ, которыми являются:

- высокое активное и реактивное сопротивление при прохождении высокочастотных импульсов перенапряжения;
- способность демпфировать импульс, т.е. эффективно воздействовать на крутизну входного импульса;
- отсутствие потерь при нормальном режиме работы;
- ЧЗУ не требует заземления;
- конструкция ЧЗУ, позволяет подобрать оптимальные параметры для подстанции любой мощности;
- продолжительность непрерывной работы до 30 лет;
- минимальные затраты при эксплуатации.

Библиографический список

1. Гаранин А. Е. Перенапряжения на аппаратуре СЦБ в грозовой сезон / А. Е. Гаранин, В. Е. Митрохин // Наука и образование транспорту: Материалы III Всероссийской научно-практич. конф. (Самара - Пенза, 2010) / Самарский гос. ун-т путей сообщения. Самара, 2010. С. 62-64.
2. Лысков Ю. И., Антонова Н. П., Максимов В. М., Демина О. Ю. Проблемы применения нелинейных ограничителей перенапряжений 110-750 кВ//Электрические станции. 1988. № 9. С. 43-47.
3. Антипов К. М., Розет В. Е., Сергеев А. С. и др. Опыт эксплуатации ограничителей перенапряжений 110–750 кВ. Электрические станции, 1983, № 8.
4. Илюшов Н. Я. Эффективное средство защиты электрооборудования от высокочастотных перенапряжений/ Н. Я. Илюшов // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. - 2015. - № 4. - С. 18-26.
5. Проблемы грозоупорности линий электропередачи и подстанций в районах Крайнего Севера / Ю.А. Лавров, С.М. Коробейников, Н.Я. Илюшов, В.А. Ломан, Е.А. Скрыбина, В.П. Брыкин, В.В. Лопатин // Электроэнергия. Передача и распределение. 2016. № 3. С. 28–34.

TO THE QUESTION OF PROTECTION OF THE INVENTORY OF SUBSTATIONS

Loman V.A. Graduate student, Master's Degree student, email:
Loman_95@mail.ru

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

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

Abstract. In article, we considered the main questions the inventories of substations, bound to protection. It is studied danger, which is constituted by blows of lightnings in airlines. Found out that the most problem sites, it is sites, with the soils having high resistivity. Defined the most subject part to failure in transformers – interturn windings. Carried out the analysis of widespread protection and were convinced of its poor effectiveness. Offered the device based on skinn-effect. Carried out tests and test data, showed more high performance in comparison with OPN. Advantages of the frequency-dependent device in comparison with the used means of protection applied on airlines are listed.

Keywords: storm shutdowns, high-pitched overvoltage, inventory of substations, frequency-dependent device.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД Г. НОВОСИБИРСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЧКОВ *DAPHNIA MAGNA* STRAUS

Нестеренко Юлия Александровна^{1,2}, студент; *Дьяченко Геннадий
Иванович*², к.г.-м.н.

¹ Западно-Сибирский центр мониторинга загрязнений окружающей среды, 630049, Россия, Новосибирск, Линейная, 33, тел. (383)216-20-25

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

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

Нестеренко Ю. А., e-mail neusli@mail.ru

Аннотация

Загрязнение атмосферы, гидросферы, литосферы растет с каждым годом, поэтому все более важным становится регулирование качества окружающей природной среды. При этом стоит учитывать не только наличие того или иного вредного вещества, но и судить по ответным реакциям живых организмов, являющихся тест-объектами. Статья посвящена оценке токсичности поверхностных вод г. Новосибирска с помощью метода биотестирования, а именно использования биотестов на основе ветвистоусых рачков *Daphnia magna* Straus, которые выбраны в следствие того, что они являются самыми чувствительными к токсикантам организмами. Такой метод биотестирования широко используется в последнее время для оценки токсичности поверхностных вод и донных отложений, а информация, которая получается в ходе экспериментов дает информацию о воздействии на гидробиоту всего комплекса находящихся в водном объекте веществ.

Ключевые слова: качество среды, биотестирование, токсичность воды, тест-организм, *Daphnia magna*.

Введение

Для определения качества объектов окружающей среды, степени деградации экосистем под влиянием антропогенных факторов в настоящее время широко используются биологические методы, позволяющие оценить состояние как биоценозов в целом, так и его отдельных компонентов.

Биологические методы позволяют установить степень общего загрязнения и общей токсичности объектов окружающей среды для живых организмов. Проведение такой комплексной оценки природных сред с учетом реакции живых организмов позволяет сказать о перспективах развития экосистемы, ее биотических составляющих, а так же в результате показывает целесообразность дальнейшего детального анализа объектов окружающей среды химическими, физико-химическими и физическими методами [1].

Один из методов, применяемых для интегральной оценки степени токсичности окружающей природной среды – метод биотестирования.

Под биотестированием понимают процедуру установления токсичности проб по изменению признаков, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов. Качество природной среды оценивается с помощью лабораторных объектов, помещённых в тестируемую среду уже в лаборатории [3].

Методика экспериментального исследования

Биотестирование промышленных и городских сточных вод проводится с целью определения их токсичности, возможности и условий подачи на сооружения биологической очистки, для оценки эффективности работы очистных сооружений и установления возможности сброса очищенных сточных вод в водные объекты. Метод биотестирования позволяет решать многие практические задачи, связанные с очисткой, утилизацией и сбросом образующихся промышленных стоков [2].

Критерием токсичности среды служит подавление основных жизненных функций тест-организмов: гибель, снижение темпов роста и размножения, изменение морфологии клетки, снижение активности ферментов и т.п. Токсические эффекты, регистрируемые методами биотестирования, включают комбинированное, сочетанное и комплексное воздействие всех химических, физических и биологических факторов, содержащихся в исследуемом объекте и неблагоприятно влияющих на физиологические, биохимические и генетические функции тест-объектов.

При проведении биотестирования обычно устанавливается острая или хроническая токсичность исследуемой среды в экспериментах различной продолжительности.

Опыты проводились на тест-организмах *Daphnia magna*. Рачок *Daphnia magna* служит не только "датчиком", позволяющим непосредственно выявлять присутствие токсических агентов в водной среде, но и калибровочным эталоном для других методов и биосистем, рекомендуемых для целей биотестирования токсичности жидких сред [2].

Результаты

Водные объекты, исследованные на токсичность: р. Обь г. Новосибирск (все створы, кроме створа п. Ягодное); Реки Иня, Каменка, Плющиха, Камышенка характеризуются 1-2-м классом качества (условно чистая-слабо загрязненная). Реки – Нижняя Ельцовка, Ельцовка-1, Ельцовка-2 характеризуются 2-м классом качества (слабо загрязненная).

Ни в одной из проб не было обнаружено острой токсичности.

При сравнении с результатами химических анализов (УКИЗВ) было выявлено несоответствие по качеству вод, а именно по УКИЗВ вода оказалась намного грязнее, чем по токсичности.

Выводы

Токсичность, выявленная биотестированием с использованием дафний в качестве тест-объектов, не всегда обусловлена превышением концентраций химических примесей и наоборот. Ее природа может иметь не только химическую основу, т. е. многие химические примеси не являются лимитирующим фактором для жизнедеятельности дафний.

Например, рачок дафнии не реагирует на повышенное содержание марганца в воде, в то время как его предельно допустимая концентрация может быть превышена в несколько раз. Это обусловлено тем, что марганец не поступает в воду в результате деятельности человека, а является природным компонентом среды.

Следовательно, в проведении оценки качества воды нужно учитывать этот фактор. А так же для получения достоверных сведений о изменении биоценозов следует проследивать морфологические изменения нескольких поколений рачков.

Библиографический список

1. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2. Методы биотестирования / С. М. Чеснокова, Н. В. Чугай ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 92 с.
2. Биотестирование как современный метод оценки токсичности природных и сточных вод: Монография. — Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013. — 119 с.
3. ФР.1.39.2001.00283. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. Федеральный реестр (ФР)

DETERMINE THE TOXICITY OF SURFACE WATERS IN THE CITY OF
NOVOSIBIRSK WITH THE USE OF DAPHNIA MAGNA STRAUS

Nesterenko Yuliya Aleksandrovna^{1,2}; Dyachenko, Gennady Ivanovich²

¹ West-Siberian center of monitoring of environmental pollution, 630049,
Russia, Novosibirsk, Linear, 33, phone: (383)216-20-25

² Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russian Federation, tel. (383) 346-17-77

Dyachenko G. I., e-mail dyachenko@corp.nstu.ru

Nesterenko Y. A., e-mail neusli@mail.ru

Abstract

The pollution of the atmosphere, hydrosphere, lithosphere grows every year, so it is increasingly important to regulate the quality of the natural environment. It is necessary to consider not only the presence of harmful substances, but to judge by the reaction of living organisms, which are test objects. The article is devoted to the evaluation of the toxicity of surface waters in the city of Novosibirsk with biotesting method, namely the use of biotests based on the cladocerans *Daphnia magna* Straus, selected due to the fact that they are the most sensitive to toxicants organisms.

Keywords: the quality of the environment, biotesting, toxicity water, test organisms, *Daphnia magna*.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЗРЫВА ГАЗОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ НА ОБЪЕКТЕ «АКВАМИР»

Никифорова Елена Валерьевна, Илюшов Николай Яковлевич

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

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

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

Аннотация

В статье рассматриваются последствия взрыва газовой котельной на объекте «Аквामीр». Актуальность исследования обусловлена наличием большого количества пожаровзрывоопасных и токсических веществ на данном объекте, а также близлежащим расположением жилых домов.

Ключевые слова: газ; взрыв; пожар; опасные факторы пожара (АХОВ, тепловое излучение, повреждениезданий).

Объектом моего исследования является участок оздоровительного комплекса с гостиницей и аквапарком «Аквामीр», расположенный по адресу: г.Новосибирск, ул.Яринская 8.

На территории находятся несколько объектов, которые могут послужить источниками аварий. Причем последовательность возникновения аварий может соответствовать «принципу домино», т.е. выход из строя одного из источников приводит к последующей цепи повреждений.

На данном участке расположена не только газовая котельная, с общей массой горючего газа 50.3 килограмм, но и в 20 метрах от нее находится металлическая емкость, объемом 50 кубических метров в обваловке, для хранения аварийного дизельного топлива. Также, в подвальном помещении, существует холодоцентр, где размещен спецконтейнер с фреоном, массой 900 килограмм. Следовательно, для оценки последствий аварий необходимо составить древо событий (рис. 1).

Рассмотрев древо, мы видим, что с наибольшей вероятностью сценарий развития аварий начнется с взрыва газа в котельной, в результате чего может возникнуть явление огненного шара, пожар пролива дизельного топлива, выброс фреона или же их совместное действие.

В связи с этим были проведены расчеты по ГОСТ 12.3.047-2012 [1] и согласно Методике [2].

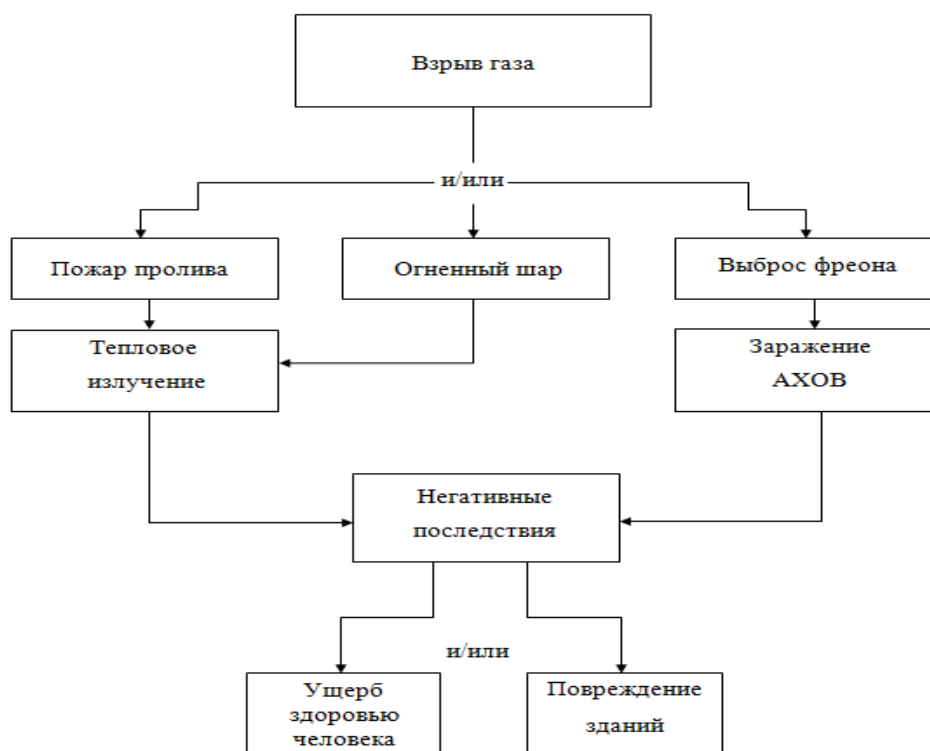


Рис.1. Древо событий

Используемые формулы:

- избыточное давление развиваемое при сгорании газозвудушных смесей в помещении, кПа

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) \frac{m * z * 100 * 1}{V_{св} * p_{сн} * C_{ст} * K_n}; \quad (1)$$

- интенсивность теплового излучения, кВт/м²

$$q = E_f * F_q * \tau; \quad (2)$$

- время существования огненного шара, с

$$t_s = 0,852 * m^{0,26}; \quad (3)$$

- глубина переноса переднего фронта зараженного воздуха, км

$$\Gamma_n = T_{прог} * V_n; \quad (4)$$

- площадь зоны возможного заражения облаком АХОВ, км²

$$S_e = \frac{\pi * \Gamma^2 * \varphi}{360}; \quad (5)$$

- площадь зоны фактического заражения облаком АХОВ, км²

$$S_{\phi} = K_8 \Gamma^2 T_{\phi}^{0,2} \quad (6)$$

Результаты расчетов представлены в таблицах 1-3.

Таблица 1

Результаты расчета избыточного давления, развиваемого при сгорании газоздушных смесей в помещении

Газопровод	Масса газа поступившего в помещение при расчетной аварии, кг	Избыточное давление, кПа
Внутренний	27,5	51,1
Продувочный	22,8	42,36

Таблица 2

Результаты расчета интенсивности теплового излучения

Газопровод	Огненный шар		q, кВт/м ²
	r, м	t _s , с	
Внутренний		2,02	1,26/2,21
Продувочный	150/111	1,92	1,10/1,89
Внутренний и продувочный		2,36	1,89/3,15
	Пожар пролива		
	r, м		q, кВт/м ²
	20/70		6,86/0,5

Таблица 3

Результаты расчета обстановки при химической аварии

Γ_n , км	S_{ϕ} , км ²	S_{ϕ} , км ²
16	3,53	0,52

Вывод

Взрыв газовой котельной приводит к пожару пролива и пожару типа «огненный шар» из-за повреждения резервуара с аварийным дизельным топливом. Далее последует разрушение холодильной станции с выбросом в атмосферу 900 килограмм фреона. Последствия аварий влекут к ожогам людей, находящихся на расстоянии менее 150 метров от котельной и химическим заражениям территорий. Так как с юга и юго-запада участок граничит с малоэтажной жилой застройкой усадебного типа, то под воздействие АХОВ попадет примерно около 100 домов.

Библиографический список:

1. ГОСТ 12.3.047-2012 «ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля»
2. РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте»

FORECASTING THE CONSEQUENCES OF THE EXPLOSION OF THE GAS BOILER ON THE OBJECT "AKVAMIR"

Nikiforova Elena Valerievna, Undergraduate 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 examines the consequences of the explosion of a gas boiler house at the "Aquamir" facility. The relevance of the study is due to the presence of a large number of fire and explosive and toxic substances at this facility, as well as the nearby location of residential buildings.

There are several facilities on the territory that can serve as sources of accidents. And the sequence of occurrence of accidents can correspond to the "domino principle", i.e. Failure of one of the sources leads to a subsequent chain of damage.

The scenario of the development of accidents is most likely to start with an explosion of gas in the boiler room, as a result of which a phenomenon of a fireball, a fire of a diesel fuel spill, the release of freon in a refrigeration station, or their combined action may occur. In this regard, to assess the impact, calculations were made.

Keywords: gas; explosion; fire; dangerous factors of fire (poisoning substances, thermal radiation, damage to buildings).

УЛУЧШЕНИЕ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РЕЧНЫХ СУДАХ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В СЕВЕРНЫХ ШИРОТАХ

Пичурин Александр Михайлович, канд. техн. наук, доцент, декан факультета подготовки специалистов высшей квалификации, Пичурина Инна Анатольевна, старший преподаватель, Губин Евгений Сергеевич, магистрант

Сибирский государственный университет водного транспорта (СГУВТ),
630099 Россия, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33

Пичурин А.М., e-mail pichurinam64@mail.ru

Пичурина И.А., e-mail asjabina@mail.ru

Губин Е.С., dubgub@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Пичурин Александр Михайлович, Сибирский государственный университет водного транспорта, 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, тел. 8-913- 47-88-244

Аннотация: На судах речного и морского транспорта в процессе эксплуатации теряется огромное количество теплоты. Предлагается эту энергию использовать для улучшения микроклиматических условий в жилых и служебных помещениях судов. Представлена упрощенная методика определения энергозатрат. Предложена принципиальная схема установки. Показана последовательность физических процессов, обеспечивающих отвод теплоты от помещений за счет утилизации теряемой энергии.

Ключевые слова: Судовая энергетика; кондиционирование воздуха; водный транспорт; поглотители влаги; адсорбер; комфортный воздух.

Особенность работы судовой энергетике связана со значительными тепловыми потерями. Огромное количество энергии теряется с отработавшими газами тепловых двигателей. Специфика работы водного транспорта, особенно речного, связана с летним навигационным периодом, когда нет потребности в большом количестве теплоты. Подобные проблемы характерны и для морского транспорта, особенно для той его части, которая эксплуатируется в экваториальных широтах.

Определение теплопритоков

Рассчитать точное количество теплоты, поступающей в судовые помещения – сверхсложная задача. Необходимо учесть много факторов, которые не поддаются обобщению. Основная часть поступающей теплоты в помещения из окружающей среды связана с теплопередачей через ограждающие конструкции.

В этом случае используется следующая формула:

$$\Phi = k \cdot \Delta t \cdot A \quad (1)$$

где: Φ – тепловой поток, Вт;
 k – коэффициент теплопередачи, Вт/м²К;
 Δt – разность температур между окружающей средой и воздухом в помещении, К;

A – площадь ограждений, м².

Сложным оказывается определение k (коэффициента теплопередачи). Для плоской трехслойной стенки он может быть определен по формуле:

$$k = 1 / [1 / \alpha_1 + \delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3 + 1 / \alpha_2] \quad (2)$$

где: α_1, α_2 – коэффициенты теплоотдачи от наружного воздуха к стенке и, соответственно, от стенки к помещению, Вт/м²К;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – коэффициенты теплопроводности материалов, Вт/мК;

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – толщины слоев, входящих в конструкцию стенки.

Численный анализ при использовании различных внешних условий (скорость движения судна, влажность воздуха, скорость ветра и т.д.), а также оценка габаритов судов, дал возможность преобразовать эту зависимость к виду:

$$k = \lambda_1 / \delta_1 \quad (3)$$

где: δ_1 и λ_1 – толщина и коэффициент теплопроводности основного изоляционного слоя.

Тогда тепловой поток определится достаточно просто по формуле:

$$\Phi = [\lambda_1 / \delta_1] \cdot \Delta t \cdot A \quad (4)$$

Схема и работа системы кондиционирования

Рассчитанный тепловой поток по выше приведенной зависимости будет создавать рост температур в помещении и, соответственно, дискомфорт.

Для решения этой задачи предлагается использовать схему, представленную на рисунке 1. В состав этой схемы входят: вентилятор (В), водовоздушные холодильники (ВО1, ВО2), емкости с адсорбентом (твердым поглотителем влаги) и увлажнитель (У).

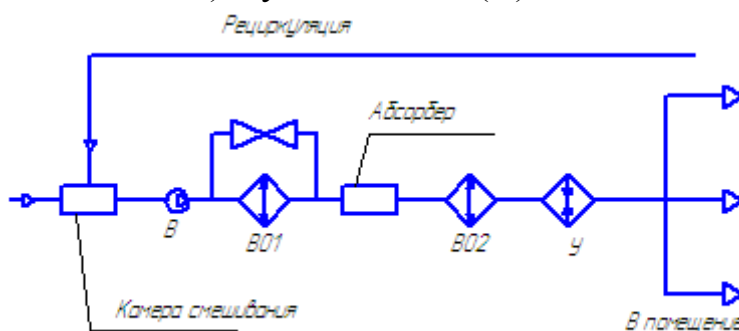


Рис. 1. Схема системы кондиционирования

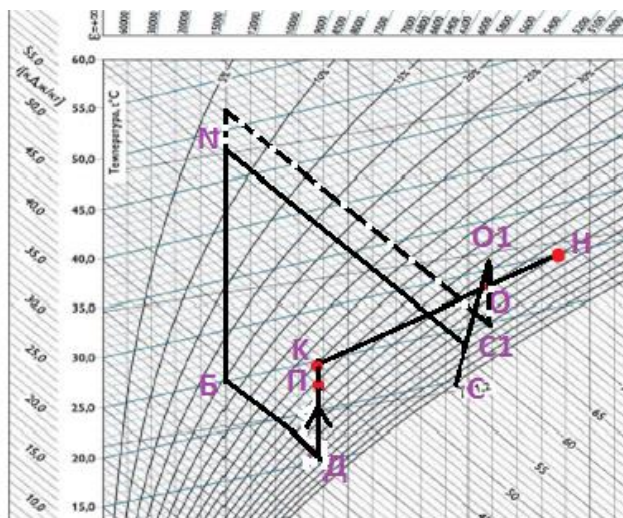


Рис. 2. Процессы тепловлажностной обработки на диаграмме $h - d$

Условные обозначения: $C1-N$ – осушение в адсорбере (пунктирная линия выше – возможный процесс осушения при возможно более высокой температуре воды); $B-D$ – увлажнение с понижением температуры; $D-P$ – подача охлажденного воздуха в помещение, $P-K$ – нагрев рециркуляционного воздуха, $K-O-H$ – смешивание наружного и рециркуляционного воздуха, $O-O1$ – нагрев воздуха в вентиляторе, $O-C1$ – охлаждение в воздушно – водяном холодильнике.

На диаграмме $h-d$ (энтальпия-влажностное содержание воздуха, рисунок 2) показана последовательность процессов тепловлажностной обработки наружного воздуха и доведение его параметров до условий комфортности. В этом случае, последовательное глубокое охлаждение воздуха при использовании адсорбентов с последующим охлаждением заборной водой и увлажнением приводят к значительному снижению температуры воздуха. Этот эффект связан с тем, что на процесс испарения увлажняющей воды тратится огромное количество энергии и эта энергия отбирается от воздуха, который увлажняется.

Утилизация теплоты

Промежуточный процесс осушения воздуха при использовании адсорбентов эффективен только на первой стадии, когда количество влаги, полученное от воздуха, составляет примерно 0,5 от массы адсорбента. Дальнейшее использование влагопоглотителя становится невозможным. Предлагается использовать установку, состоящую из двух поглотителей влаги, работающих поочередно. При насыщении влагой до предельного состояния блок выводится из работы и регенерируется (восстанавливается с удалением влаги). Для этой цели через данный блок подается воздух, нагретый до 150-200 °С от отработавших газов двигателей. Практически это легко реализуется, так как температура газов примерно в два раза выше необходимого для нагрева воздуха.

Таким образом, исключается необходимость в использовании парокomppressorных холодильных машин для обеспечения работы системы

кондиционирования воздуха, а наряду с этим, снижается расход электроэнергии.

Библиографический список

1. Захаров Ю.В. Судовые установки кондиционирования воздуха и холодильные машины. – Л.: Судостроение, 1979. - 584 с.
2. Хордас Г.С. Расчет общесудовых систем. Справочник. – Л.: Судостроение, 1983. - 440 с.
3. Ладин Н.В. Судовые холодильные установки системы кондиционирования воздуха. – СПб.: ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова, 2013. – 378 с.

IMPROVEMENT OF MICROCLIMATIC CONDITIONS ON RIVER VESSELS OPERATED IN NORTHERN DISTRIBUTORS

*Pichurin Alexandr, Ph.D., Dean Faculty of postgraduate education,
pichurinam64@mail.ru*

Pichurina Inna, Senior Lecturer, asjabina@mail.ru

Gubin Ewgeny, Graduate students, dubgub@mail.ru

*Siberian State University of Water Transport, 630099, 33, Schetinkina st.,
Novosibirsk, Russia.*

Abstract: On ships of river and sea transport in the process of exploitation a huge amount of heat is lost. It is proposed to use this energy to improve the microclimatic conditions in the residential and service premises of ships. A simplified method for determining energy consumption is presented. A schematic diagram of the installation is proposed. A sequence of physical processes is shown that ensures the removal of heat from the premises through the utilization of lost energy.

Keywords: ship power engineering; air conditioning; water transport; Moisture absorbers; Adsorber; Comfortable air.

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ТРУДА В РОССИИ

Полончук Константин Эдуардович, студент.

Новосибирский Государственный Технический Университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19 Полончук
К.Э., e-mail konstantinpoloncuk@gmail.com

Аннотация

Проведен анализ производственного травматизма в России за 2010-2015 год. Так же был рассмотрен производственный травматизм Иркутской области в качестве сравнения общей обстановке производственного травматизма в России. После проведенного анализ, были сделаны некоторые выводы по регистрации несчастных случаев на производстве, по системе охраны труда на производстве России.

Ключевые слова: Охрана труда, травматизм, несчастные случаи.

Создание безопасных условий труда на производстве всех форм собственности было и остается одним из главных приоритетов. В настоящее время крайне важными и актуальными на всех предприятиях являются вопросы безопасности и охраны труда, а так же сохранения здоровья работников.

В России с каждым годом официально регистрируемые показатели травматизма на производстве снижаются. Так, согласно Федеральной службе государственной статистики, за пятилетний период с 2010 по 2015 год уровень травматизма снизился, так в 2010 году было зарегистрировано 47,7 тысяч несчастных случаев, то уже в 2015 году их количество составило 28,2 тысяч человек, что показывает, что производственный травматизм снизился на 40 % [2].

Так же можно рассмотреть численность пострадавших со смертельным исходом, так в 2010 году численность пострадавших со смертельным исходом составила 2004 человек, то в 2015 году это количество уменьшилось на 27% и составило 1456 человек [2].

Наиболее высокий уровень травматизма в обрабатывающем производстве, в строительной отрасли, при добыче полезных ископаемых, транспорт и связь.

Отдельно рассмотрим Иркутскую область. С каждым годом численность пострадавших от несчастных случаев в Иркутской области снижается. Так в 2011 году зарегистрировано 1203 несчастных случая, то уже в 2015 году количество несчастных случаев снизилось до 839. Данный показатель снизился на 30% по отношению к 2011 году. Так же идет снижение несчастных случаев со смертельным исходом. Так в 2011 в Иркутской области зарегистрировано 70 случаев, то в 2015 зарегистрировано

46 смертельных несчастных случаев, снижение на 34% [1].

По сравнению с предыдущими годами не произошло изменение числа погибших при несчастных случаях на производстве в обрабатывающей отрасли: 5 погибших; уменьшение количества пострадавших со смертельным исходом произошло в добывающей отрасли с 11 до 4 человек (около 63%), на транспорте с 4 до 3 человек (на 25 %).

В России в настоящее время снижение показателей производственного травматизма происходит:

во-первых, при продолжающемся ухудшении условий труда и охраны труда;

во-вторых, при использовании устаревших технологий и неисправного оборудования;

в-третьих, при отсутствии необходимых знаний и навыков по вопросам охраны труда.

С каждым годом доля работников занятых во вредных и опасных условиях труда растет. Наблюдаемое в России снижение официально регистрируемых уровней производственного травматизма, в том числе со смертельным исходом, на фоне роста доли занятости в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормативам, противоречит логике и можно полагать, что значительная часть несчастных случаев на производстве скрывается от регистрации и учета. В большей степени это касается травм легкой и средней тяжести.

Ведь работодателю проще скрыт легкий несчастный случай, нежели проводить расследование, останавливать производство и т.д. Зачастую в сокрытии несчастных случаев на производстве заинтересованы и сами работники. Порой пострадавшему работнику могут предложить компенсацию, выделить неопределенную сумму денег, и списать все на простую бытовую травму.

Библиографический список

1. Министерство труда и занятости Иркутской области. «Состояние условий и охраны труда в Иркутской области в 2015 году и меры их улучшения» информационно-аналитический доклад.
2. Федеральная служба государственной статистики.

ANALYSIS OF INDUSTRIAL INJURIES AND THE OCCUPATIONAL SAFETY SYSTEM IN RUSSIA

Polonchuk, K. E., e-mail konstantinpoloncuk@gmail.com

Novosibirsk State Technical University

Abstract

The analysis of occupational injuries in Russia for 2010-2015. The same was considered by the industrial injuries Irkutsk region in contrast to the General situation of occupational injuries in Russia. After the analysis, there were some insights for the registration of accidents in production, the system of labour protection in the Russian production.

Keywords

Occupational safety, injuries, accidents

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ
ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОТХОДАМИ В ЗАО «ЭЛСИ
СТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ»**

Попова Екатерина Николаевна, Коробенкова Александра Юрьевна
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20
Попова Е.Н., email: Jolanda_Fer@mail.ru
Коробенкова А.Ю., email: astra-alex1@yandex.ru

Аннотация

В статье рассмотрена проблема выполнения требований по охране окружающей среды при обращении с отходами в ЗАО «ЭЛСИ Стальконструкция». Актуальность исследования обусловлена наличием изменений требований законодательства в области охраны окружающей среды, в том числе, в части обращения с отходами производства и потребления.

Ключевые слова: обращение с отходами, опасные отходы, природоохранная документация, наилучшие доступные технологии.

Введение

По данным Росприроднадзора на начало 2014 г. в Российской Федерации было накоплено более 35 млрд тонн отходов. В РФ практически нет полигонов для хранения и захоронения отходов, соответствующих современным экологическим требованиям. В большинстве случаев это просто свалки. В Новосибирске полигоны для захоронения отходов практически заполнены. Планируется строительство двух мусоросортировочных заводов уже с 2016 г., но из-за нехватки средств, согласования мест их размещения и других причин оно все время откладывается. Минприроды России 23.09.2016 подготовлен проект Постановления Правительства РФ «Об утверждении Перечня видов отходов, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается», согласно которому уже в ближайшие годы будет введен запрет на захоронение на полигонах многих видов отходов. Наблюдается неуклонный рост количества образующихся отходов производства и потребления (см. рисунок 1).

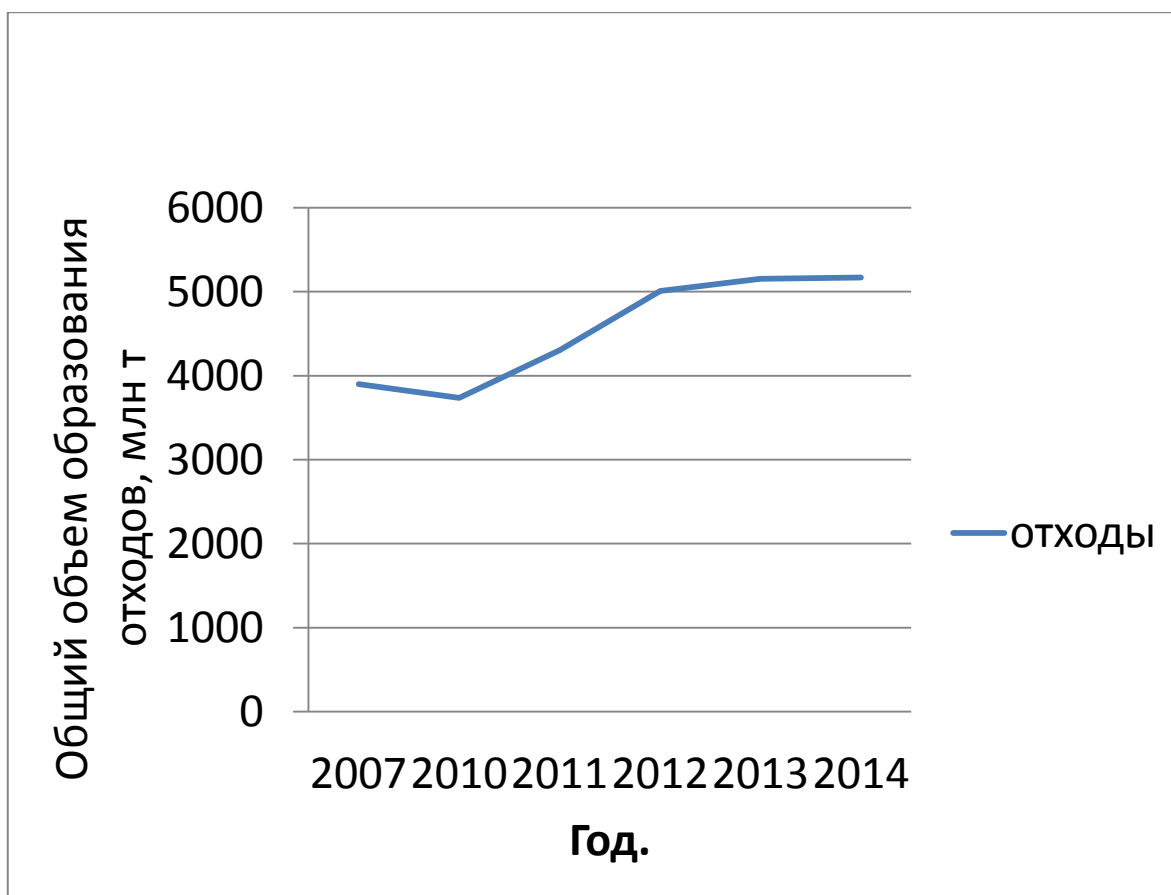


Рис. 1 – Сравнительные данные образования отходов в РФ.

Объектом исследования является обособленное структурное подразделение ЗАО «ЭЛСИ Стальконструкция», расположенное на территории Новосибирской области в Искитимском районе (ст. Евсино) – «Цех горячего цинкования».

Деятельность промышленного предприятия ЗАО «ЭЛСИ Стальконструкция» – это разработка и производство новых типов стальных опор для воздушных линий электропередачи и фундаментов таких опор. «Цех горячего цинкования» позволяет оцинковывать как производимые опоры воздушных линий электропередачи, так и другие металлоконструкции и нестандартные изделия из любых металлов, используемых в России. Производство имеет высокий уровень экологичности и безопасности: процессы подготовки металла и горячего цинкования заключены в защитные капсулы, изолирующие запахи и вредные выбросы, так как в единую технологическую линию собрано современное оборудование ведущих европейских компаний.

При работе цеха образуются большие объемы отходов, в том числе, опасных. Деятельность по обращению с ними осуществляется в соответствии с имеющейся природоохранной документацией. В настоящее время в нормативные акты в области охраны окружающей среды внесены изменения по реформированию законодательных требований в данной области, в том числе, и по обращению с отходами производства и потребления. Согласно [1]

нанесение покрытий на металлы и пластмассы с использованием электролитических или химических процессов входит в «Перечень областей применения наилучших доступных технологий». Поэтому необходимо провести анализ вносимых в экологическое законодательство изменений [2 – б], природоохранной документации ЗАО «ЭЛСИ Стальконструкция» и предложить мероприятия по актуализации природоохранной документации и совершенствованию практики обращения с отходами на предприятии.

Вывод

В производственном процессе ЗАО «ЭЛСИ Стальконструкция» образуются большие объемы отходов, в том числе, опасных.

Нужны меры по минимизации вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду с учетом современных проблем по обращению с отходами в Новосибирской области.

Библиографический список:

1. Распоряжение Правительства РФ от 24 декабря 2014 г. N 2674-р Об утверждении Перечня областей применения наилучших доступных технологий

2. Федеральный закон от 24 июня 1998 г. «Об отходах производства и потребления».

3. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 г. №7-ФЗ.

4. Федеральный закон « О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ.

5. Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» (4 мая 1999 г. N 96-ФЗ) (с изменениями от 31.12.2005 N 199-ФЗ).

6. Федеральный закон от 28.12.2016 N 486-ФЗ « О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации »

THE DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL DOCUMENTATION ON WASTE MANAGEMENT IN ZAO "ELSI"

Popova Ekaterina, Korobenkova Alexandra Yurievna
Novosibirsk state technical University, 630073, Russia,
Novosibirsk, Karl Marx Avenue, 20

Popova E. N., email: Jolanda_Fer@mail.ru

Korobenkova A. U., email:

Abstract

The article considers the problem of implementation of requirements for environmental protection in waste treatment in ZAO "ELSI Stalkonstruksiya". The research urgency is caused by changes of requirements of the legislation in the field of environmental protection, including in terms of waste production and consumption.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНОГО ЗАНУЛЕНИЯ С УЧЕТОМ РАССТОЯНИЯ ДО ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ

*Попова Юлия Сергеевна¹, магистрант;
Парахин Анатолий Михайлович¹*

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

Попова Ю.С. e-mail popovaulya95@mail.ru

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

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

Аннотация: в условиях расширения применения электрической энергии особое значение приобретают проблемы обеспечения электробезопасности. Нарушения в надежности функционирования электроустановок и не обеспечение электробезопасности приводят к гибели людей и животных.

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

Ключевые слова: защитное зануление, трансформаторная подстанция, автоматическое отключение, вводное распределительное устройство, главная заземляющая шина.

Целью исследования является повышение электробезопасности энергетических объектов, путем совершенствования их средств защиты.

При выполнении автоматического отключения питания в электроустановках напряжением до 1 кВ все открытые проводящие части должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания. Характеристики защитных аппаратов и параметры защитных проводников должны быть согласованы, чтобы обеспечивалось нормированное время отключения поврежденной цепи питающей сети.

Для автоматического отключения питания могут быть применены защитно-коммутационные аппараты, реагирующие на сверхтоки или на дифференциальный ток.

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

Таблица 1

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы TN

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

Указанное в таблице 1.1 время в ряде случаев не удастся обеспечить вследствие того, что ток короткого замыкания $I_{кз}$ может быть не достаточен для обеспечения срабатывания автоматического выключателя. Это может происходить при высоком значении сопротивления петли «фаза – нуль» вследствие удаленности защищаемого электрического приемника от трансформаторной подстанции (далее ТП) [2]. Поэтому в данной работе рассматривается условие выполнения требований ПУЭ в зависимости от соотношения расстояний от вводного распределительного устройства (далее ВРУ) до защищаемого объекта в здании и расстояния от ТП до ВРУ.

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

$$50 Z_{ц}/U_{ф}, \quad (1)$$

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

$U_{ф}$ - номинальное фазное напряжение цепи, В;

50 - падение напряжения на участке защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком, В.

Это напряжение будет равно напряжению прикосновения $U_{пр}$, под которым окажется человек, касающийся корпуса электроустановки, до срабатывания автоматического выключателя.

Главная заземляющая шина (далее ГЗШ) – это важная часть элементов заземляющего устройства, предназначенная для систем электроснабжения, мощностью до 1 кВ, выполняющая соединительную функцию нескольких проводников и служащая для организации работы системы заземления, а так же уравнивания потенциалов [2].

При помощи главной шины реализуется разделение проводника, обеспечивающего защиту, и соединяются элементы, имеющие способность проводить ток.

ГЗШ может быть выполнена внутри вводного устройства электроустановки напряжением до 1 кВ или отдельно от него в доступном, удобном месте для обслуживания.

Сечение ГЗШ, отдельно установленной, должно быть не менее сечения РЕ(PEN)-проводника питающей линии. Возможно установление главной заземляющей шины в специальном шкафу. Он представляет собой ящик, изготовленный из гнутых стальных профилей, который вмещает в себя ГЗШ.

ГЗШ должна быть медной. Допускается применение ГЗШ из стали. Применение алюминиевых шин не допускается.

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

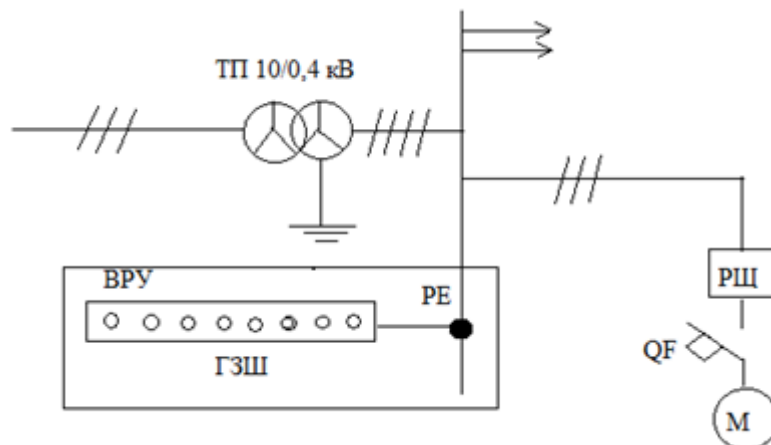


Рис. 1 – Схема сети 380/220 В

Для расчета будем использовать эквивалентную расчетную схему (рис. 2) (индуктивным сопротивлением для медных и алюминиевых проводников можно пренебречь).

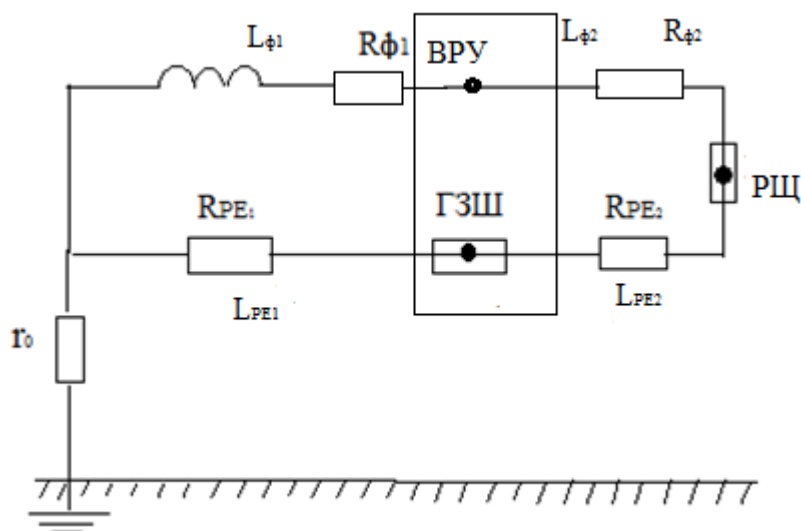


Рис. 2 – Эквивалентная схема сети 380/220 В

Исходя из формулы 1, получаем следующее выражение:

$$\frac{50}{U_{\phi}} = \frac{R_{PE2}}{R_{\phi-o}} \quad (2)$$

Найдем значение напряжения прикосновения U_{np} с учетом I_{k3} :

$$I_{k3} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{mp}}{3} + R_{\phi1} + R_{PE1} + R_{\phi2} + R_{PE2}} \quad (3)$$

$$U_{np} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{mp}}{3} + R_{\phi 1} + R_{PE1} + R_{\phi 2} + R_{PE2}} \cdot R_{PE2} \quad (4)$$

Проводимость нулевого защитного проводника может быть меньше проводимости фазного, но не более чем в два раза [1].

Пусть $R_{PE} = 2R_{\phi 2}$, тогда $R_{\phi 2} = 0,5R_{PE2}$.

Введем обозначение $R = \frac{Z_{mp}}{3} + R_{\phi 1} + R_{PE1}$ тогда получим:

$$U_{np} = \frac{U_{\phi}}{R + 1,5R_{PE2}} \cdot R_{PE2} \quad (5)$$

или

$$U_{np} = \frac{U_{\phi}}{\frac{R}{R_{PE2}} + 1,5} \quad (6)$$

В том случае, если длина кабеля внутри здания значительно меньше расстояния от ввода в здание до трансформаторной подстанции, можно в соответствии с выражением (2) записать:

$$\frac{R}{R_{PE2}} = \frac{220}{50} - 1,5 = 2,9 \quad (7)$$

Сопротивление фазных и нулевых проводников определяется выражением:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (8)$$

После всех преобразований получаем окончательное выражение:

$$L_{PE2} = 0,53 \cdot S_2 \left(\frac{Z_{mp}}{3} \cdot \frac{1}{\rho} + \frac{2L_{\phi 1}}{S_1} \right) \quad (9)$$

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

Библиографический список

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), изд. 7, 2001 - 2004 г.г.
2. Записки электрика. Электроника и электромонтажные работы [Электронный ресурс]: Электрон. журн.: М, 2013. - . - режим доступа.: <http://podvi.ru>
3. Долин П.А., Основы техники безопасности в электроустановках: учебное пособие для вузов/ П.А. Долин. – М.: Энергоатомиздат, 1991г.

ASSESSMENT OF EFFECTIVENESS OF PROTECTIVE ZEROING TAKING INTO ACCOUNT DISTANCES TO TRANSFORMER SUBSTATION

*Popova Yulia Sergeyevna¹ undergraduate, ENBM-61 group,
e-mail popovavulya95@mail.ru*

*Parakhin Anatoly Mikhaylovich¹ PhD in Technological Sciences,
associate professor, e-mail paraxin@corp.nstu.ru*

¹Novosibirsk state technical university, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, ph. (913)005-48-19

Abstract: In the conditions of expansion of use of electric energy problems of ensuring electrical safety are of particular importance. Violations in reliabilities of functioning of electroinstallations and a failure to provide of electrical safety lead to death of people and animals.

In the Russian Federation networks with a glukhozazemlenny neutral in the TN system in which the main measure of protection is protective zeroing were widely used.

Keywords: protective zeroing, transformer substation, automatic shutdown, the introduction distributing device, the main grounding tire.

Research objective is increase in electrical safety of power objects, by perfecting of their means of protection.

АНАЛИЗ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ СВАРНЫХ СТЫКОВ РЕЛЬСОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ

*Рыжова Анна Олеговна*¹, *магистрант*; *Бехер Сергей Алексеевич*², *канд. техн. наук, доцент*

¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

² Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191

Рыжова А.О., e-mail annalodo@yandex.ru

Бехер С.А., e-mail beher@stu.ru

Аннотация:

Приведены результаты экспериментальных исследований двухчастотного метода ультразвукового контроля сварных соединений рельсов, изготавливаемых электроконтактной сваркой плавлением. Отработана методика применения одного стандартного преобразователя (далее ПЭП) типа П111-5,0-К6 для последовательного контроля на частотах 2,5 и 5,0 МГц. Исследовано влияние акустического контакта, типа отражателя и состояния донной поверхности на отношение амплитуд донных сигналов на двух частотах. Приведены результаты контроля сварных соединений рельсов. Используя теорию однократного рассеяния акустических волн и экспериментальные данные, получена формула, связывающая отношение амплитуд донных сигналов с размером зерна.

Ключевые слова:

Рельсы, ультразвуковой контроль, сварной шов, структуроскопия, размер зерна.

Введение

Рельсы являются одними из самых дорогих и наиболее ответственных элементов верхнего строения железнодорожного пути. Сварка бесстыковых рельсовых плетей изменяет структуру стали в зоне термического влияния, что негативно сказывается на механических свойствах, повышает вероятность образования и скорость развития усталостных дефектов [1, 2]. Поэтому совершенствование методов и средств контроля структуры материала сварных соединений рельсов является актуальной задачей.

Разрушающие методы контроля структурного состояния трудоемки, требуют значительных материальных затрат и не позволяют осуществлять сплошной контроль. Наиболее перспективными являются неразрушающие методы, основанные на зависимости параметров акустических волн от свойств материала [3–5]. Метод ультразвуковой структуроскопии основан на различном влиянии размера зерна материала на коэффициент затухания акустических волн с разной частотой [6].

Используя зависимость коэффициента рассеяния от частоты и размера зерна [7] получена формула, связывающая отношение амплитуд донных сигналов на частотах f_1 и f_2 в рельсе ΔN со средним размером зерна:

$$\Delta N = K \cdot r \cdot \bar{D}^3 \cdot (f_2^4 - f_1^4), \quad (1)$$

где ΔN – отношение амплитуд, дБ; $K = 347 \text{ дБ} \cdot \text{мм}^{-3} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{МГц}^{-4}$ – коэффициент пропорциональности; r – расстояние до отражателя, м; \bar{D} – средний размер зерна, мм; f_1, f_2 – частоты ультразвуковых волн, МГц.

Средний размер зерна перлитных блоков в рельсовой стали составляет 7–8 балл по ГОСТ 5639-60 (20-30 мкм) [8]. Рассчитанные по формуле (1) отношения амплитуд донных сигналов на частотах 2,5 и 5,0 МГц приведены в табл. 1 для \bar{D} в диапазоне от 20 до 100 мкм.

Таблица 1

Отношение амплитуд донных сигналов ΔN на частотах 2,5 и 5,0 МГц для различных значений среднего размеров зерна \bar{D}									
Размер зерна, \bar{D} мм	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
Отношение амплитуд, дБ	0,3	1,0	2,3	4,6	7,9	12,6	18,7	26,7	36,6

Достоверность контроля, основанного на сравнении амплитуд донных сигналов обычно низкая. Это связано с влиянием нестабильности акустического контакта, состоянием донной поверхности, пути распространения волны в объекте контроля. Для уменьшения влияния вариаций акустического контакта и пути распространения ультразвуковой волны предложено использовать один стандартный ПЭП типа П-111-5,0-К6 для контроля на частоте 2,5 и 5,0 МГц. При этом отсутствует необходимость переустановки ПЭП и, следовательно, повышается стабильность условий контроля.

Для контроля на двух частотах одним ПЭП оптимизировался комплекс параметров в настройках дефектоскопа УСД-50: рабочая частота, ширина полосы пропускания, количество периодов зондирующего импульса. Параллельно с дефектоскопом к преобразователю подключался цифровой запоминающий осциллограф Tektronix TDS2014C. Донные сигналы оцифровывались в электронной форме с частотой дискретизации 10 нс и рассчитывались их спектры (рис. 1). Частота максимума спектра на рис.1,а равна 2,5 МГц с шириной на полувысоте 0,5 МГц, а в спектре на рис.2,б – 4,8 МГц с шириной, равной 0,4 МГц. Таким образом, выбором оптимальных параметров излучающего и приемного тракта дефектоскопа удалось обеспечить проведение контроля на двух частотах с отклонением не более 4 %.

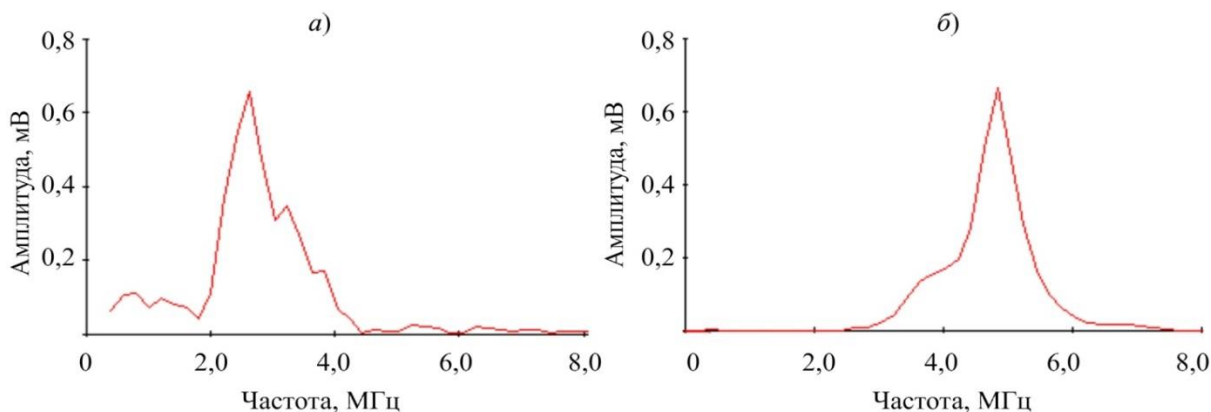


Рис. 1. Спектры эхо-сигналов: а – 2,5 МГц; б – 5,0 МГц

Влияние акустического контакта на отношение амплитуд донных сигналов исследовалось с помощью искусственной неровности поверхности, которую имитировали медной фольгой (толщиной 0,05 мм), несколько слоев которой подкладывалось под один край ПЭП. В результате, имитатор, толщиной до 0,1 мм не влияет на отношение амплитуд донных сигналов. При большем увеличении глубины неровности в размерах ПЭП отношение амплитуд вырастает до 9 дБ по модулю.

Донные сигналы на рельсе исследовали в зоне сварного соединения протяженностью 80 мм с шагом 5 мм. На расстояниях до 10 мм от оси соединения наблюдается уменьшение амплитуды (рис. 2,а) на частоте 2,5 МГц на 5–7 дБ, а на частоте 5 МГц на 20–25 дБ. На полученных зависимостях амплитуды от расстояния наблюдаются несколько локальных минимумов, формирование которых, видимо, связано с нестабильностью акустического контакта. Либо при излучении продольной волны в рельс перпендикулярно поверхности катания в процессе ее распространения фронт волны поворачивается в сторону слоев с меньшей скоростью и на нижнюю поверхность рельса волна падает не перпендикулярно, а под некоторым углом. Соответственно на преобразователь приходит меньше энергии, а амплитуда донного сигнала падает [9]. Отношение амплитуд на двух частотах всегда имеет один локальный минимум (рис. 2,б).

а)

б)

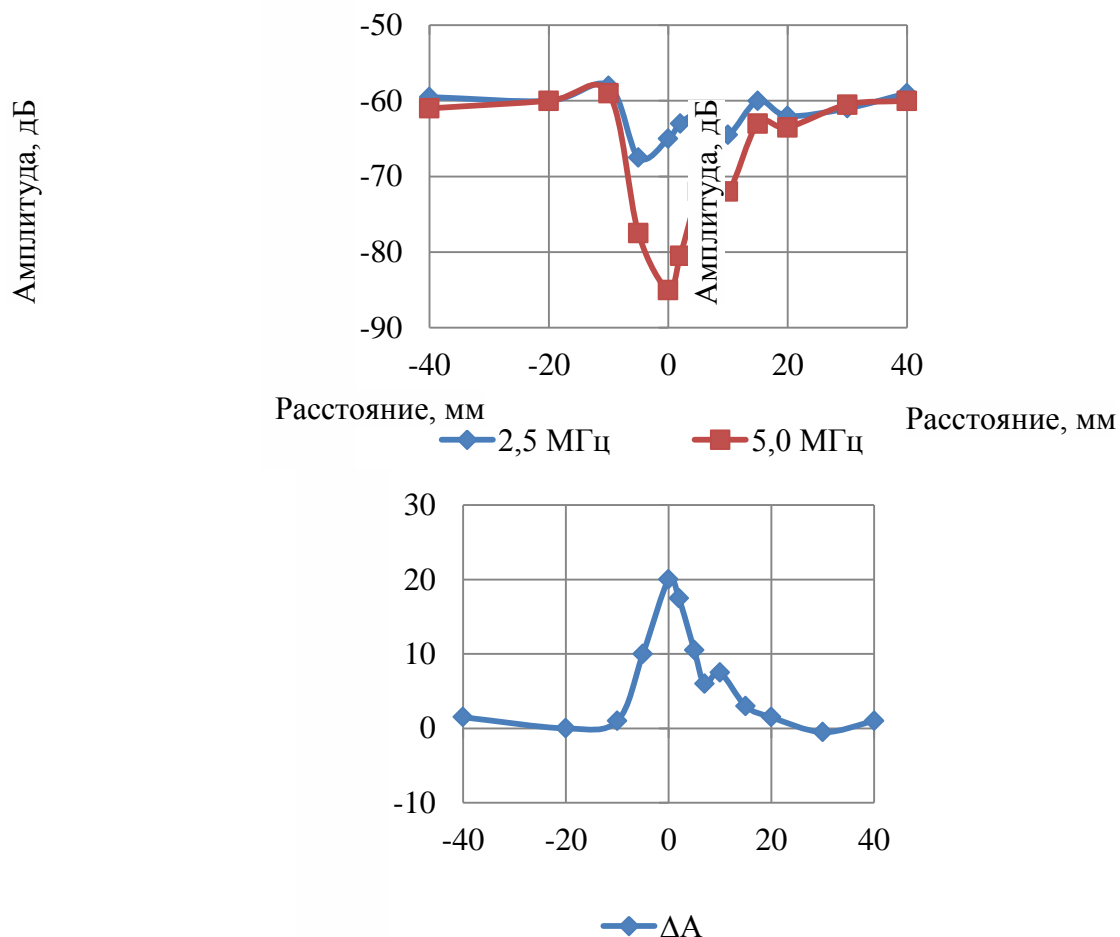


Рис. 2. а – диаграмма донных сигналов в зоне сварного шва на двух частотах; б – диаграмма отношения амплитуды

Проконтролировано более 10 сварных соединений рельсов, в которых отношение амплитуд варьировалось в пределах от 14 до 32 дБ. Эквивалентный средний размер зерна, рассчитанный по формуле (1) составляет от 73 до 96 мкм.

Для исключения влияния донной поверхности на результаты контроля выполнили ее шлифовку до шероховатости $R_z = 20$ мкм. После зачистки подошвы рельса в зоне сварных соединений на расстояниях до 100 мм в обе стороны, отношение амплитуд донных сигналов не изменилось в пределах ± 2 дБ.

Выводы

Отработана методика двухчастотного контроля (2,5 и 4,8 МГц) с применением одного стандартного преобразователя типа П111-5,0-К6. Неровностей поверхности ввода глубиной до 0,15 мм на размере ПЭП вызывают вариации отношения амплитуд не более 2 дБ. Вместе с этим исключено влияние неровностей донной поверхности на отношение амплитуд. В исследованных сварных стыках обнаружено уменьшение относительной амплитуды на 14–32 дБ, что эквивалентно размеру зерна 73 – 96 мкм.

Библиографический список:

1. Дефекты и качество рельсовой стали: справ. изд. / В. В. Павлов, М. В. Темлянец, Л. В. Корнева и др. – М.: Теплотехник, 2006 – 218 с.: ил.
2. Классификатор дефектов сварных стыков рельсов 1.20.002 – 2008.
3. Акустический критерий предельного состояния длительно работающего металла технических устройств опасных производственных объектов / А. Н. Смирнов, В. В. Муравьев, Н. А. Хапонен. – Контроль. Диагностика. 2004. № 5. С. 19-23.
4. Контроль качества термической обработки прутков из стали 60С2А электромагнитно-акустическим методом. / В. В. Муравьев, О. В. Муравьева, Е. Н. Кокорина Дефектоскопия. 2013. № 1. С. 20-32.
5. Неразрушающий контроль структурно-механического состояния рельсов текущего производства по скорости ультразвуковых волн / В. В. Муравьев, Е. В. Бояркин. – Дефектоскопия. 2003. № 3. С. 24-33.
6. ГОСТ Р 53205-2008 Определение размеров зерен стали акустическим методом.
7. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т./ Под общ. ред. В. В. Клюева. Т. 3 И. Н. Ермолов, Ю. В. Ланге. Ультразвуковой контроль. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 864 с.: ил.
8. Качество термически упрочнённых рельсов и подкладок Исследования. Теория. Оборудование. Технология. Эксплуатация / Т. С. Скобло, В. Е. Сапожков, Н. М. Александрова, А. И. Сидашенко. – Харьков: Монография, 2014. – С. 5.
9. Акустические характеристики металла в зоне стыков электроконтактной сварки рельсов / А. К. Гурвич, А. А. Ахметова, А. Х. Вopilкин // В мире неразрушающего контроля. – 2011. – № 1(51).

ASSESSING STRUCTURAL CONDITION OF SPLICE JOINT VIA ULTRASONIC TESTING

*Ryzhova Anna Olegovna*¹, *Master's Degree student; Bekher Sergey
Aleksievich*², *Ph.D., Associate Professor*

¹ Tomsk Polytechnic University, 30 Lenina Avenue, Tomsk 634050
Russian Federation

² Siberian Transport University, 191 D. Kovalchuk Avenue, Novosibirsk
630049 Russian Federation

Ryzhova A.O., e-mail annalodo@yandex.ru

Bekher S.A., e-mail beher@stu.ru

Abstract. The results of experimental studies of the two-frequency method of ultrasonic inspection of welded joints of rails produced by electrocontact welding by melting are presented. The technique of application of one standard converter of type П111-5.0-K6 for sequential control at frequencies of 2.5 and 5.0 MHz has been worked out. The influence of an acoustic contact, the type of the reflector and the state of the bottom surface on the ratio of the amplitudes of the bottom signals at two frequencies was studied. The results of inspection of welded rail joints are given. Using the theory of single scattering of acoustic waves and experimental data, a formula is obtained that relates the ratio of the amplitude of the bottom signals to the grain size.

Keywords: rails, ultrasonic testing, welding splices, structurescopy (methods of structure inspection), grain size.

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ УСЛОВИЙ ТРУДА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

*Сереброва Ольга Сергеевна, студент; Удальцов Евгений Анатольевич,
канд. вет. наук, доцент*

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

Сереброва О.С., email: Olga.Serebrova.95@mail.ru

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

Аннотация

В статье оцениваются условия охраны труда, травматизм и профессиональные заболевания в теплоэнергетике по Новосибирской области и в городе Новосибирск.

Ключевые слова: травматизм; несчастные случаи ; профессиональные заболевания.

В современном мире люди все чаще поднимают вопросы о своих конституционных правах на безопасные условия труда, задумываются о социальной защите при получении травм и профессиональных заболеваний. Обеспечение безопасности жизни и здоровья, трудящихся важные задачи, для выполнения которых требуется организация системы управления охраной труда на предприятии.

В нашей стране достаточно долгое время действует неправильно отношение к оценке производственного травматизма. В соответствии с рассмотренными мною всевозможными статистическими данными несчастных случаев на производстве, больше всего смертельных и тяжелых несчастных случаях, меньше - легких травм. Из этого можно сделать вывод, что микротравмы не учитываются при оценке условий труда. Это можно доказать, проведя анализ структуры несчастных случаев на производстве в Российской Федерации за 2015 год. То есть рассмотреть пирамиду происшествий - пирамиду Дюпона.

В моей статье представлены графики, таблицы и пирамиды по отрасли теплоэнергетика в Новосибирской области. Для построения их были проанализированы такие документы, как бюллетень «О травматизме от несчастных случаев в городах и районах Новосибирской области в 2015»[1], оперативные данные «О происшедших несчастных тяжелых и смертельных случаях в НСО за 2015 год»[2], проанализирована « Динамика хронических профзаболеваний в НСО и в РФ».[3]

В результате чего, графики по количеству пострадавших в результате несчастных случаев на производстве в РФ с 2011-2015 год, показывают, что количество тяжелых и смертельных несчастных случаев снижается в среднем

на 0,9%, мы можем сказать, что это хорошо. Однако, если составить по этим данным структурную пирамиду несчастных случаев, то есть составим пирамиду Дюпона, то мы увидим эти данные совсем по-другому. Согласно пирамиде происшествий на тридцать тысяч опасных действий приходится три тысячи микротравм таких как порезы, ушибы требующих однократного медицинского обслуживания. Триста регистрируемых травм - травм потребовавших лечения, перевода на легкий труд. Тридцать травм повлекших потерю трудоспособности и один тяжелый случай вызвавший смерть или приведший к инвалидности. Исходя из наших данных на 42356 несчастных случаев с мелкими травмами приходится 6099 несчастных случаев тяжелыми последствиями, а на них 1779 несчастных случаев со смертельным исходом. Посчитав каждую ступень пирамиды происшествий я пришла к другому результату. Что на 1779 несчастных случаев со смертельным исходом должно приходиться от 17790-53970 несчастных случаев с тяжелыми последствиями, а несчастные случаи с мелкими травмами должны составлять от 177900 до 539700. Такое отклонение данных, дает нам понять, что происходит искажение статистических данных. Есть вероятность того, что некоторые предприятия страны намеренно скрывают статистику по вредным факторам производства и не учитывают мелкие несчастные случаи.

По данным из Государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Новосибирской области за 2015 год»[3] была составлена диаграмма, которая показывает, что профессиональных заболеваний в НСО меньше в два раза, чем во все стране.

Основными профзаболеваниями в НСО являются такие заболевания как: заболевание органа слуха, заболевание опорно-двигательного аппарата, заболевания органов дыхания.

По данным бюллетеня «О травматизме от несчастных случаев в городах и районах Новосибирской области в 2015»[1] был проведен анализ производственного травматизма по видам экономической деятельности в Новосибирской области за 2015 год. Было выявлено, что наибольшее количество пострадавших на обрабатывающих производствах, а производство и распределение электроэнергии, газа и воды занимает шестое место, уступая таким видам деятельности как: сельское хозяйство, строительство, транспорт. Но занимает третье место по несчастным случаям со смертельным исходом, среди тех же видов экономической деятельности.

Наиболее опасным фактором производства в теплоэнергетике, является шум, ультра-и инфразвук, за ним идет запыленность и загазованность. Также мы рассчитали показатели травматизма за 2015 год в теплоэнергетике:

Поскольку нам известно число травм за отчетный период T и среднесписочная численность P_c мы можем рассчитать среднюю продолжительность нетрудоспособности пострадавших, которая выражается в рабочих днях, за истекший период:

$$K_q = \frac{T * 1000}{P_c} = \frac{47 * 1000}{10254} = 4,5$$

Среднюю продолжительность нетрудоспособности пострадавшего, выраженную в рабочих днях, за истекший период можно рассчитать по следующей формуле, зная общее число дней нетрудоспособности D и число травм за отчетный период T :

$$K_T = \frac{D}{T} = \frac{14}{47} = 0,7$$

Так же зная число травм за отчетный период T можно рассчитать через сколько рабочих дней в среднем повторяются несчастные случаи.

$$B = 22,5 * \frac{12}{47} = 5,74$$

Для того чтобы рассчитать коэффициент опасности работ нам необходимо знать коэффициент тяжести травматизма K_T , среднесписочное число работающих P_c и число месяцев в отчетный период M :

$$Q_T = \frac{K_T * T * 100}{P_c * M * 22,5} = \frac{0,7 * 47 * 100}{10254 * 12 * 22,5} = 0,0018$$

Вывод: проанализировав данные производственного травматизма и профзаболеваний по России и о Новосибирской области можно сказать, что присутствует искажение статистики. В дальнейшем будет проведен анализ несчастных случаев и профессиональных заболеваний на конкретном теплоэнергетическом предприятии, будут выявлены опасные вредные факторы работников на этом предприятии, будет проведена оценка условий труда работников.

Библиографический список:

1. Статистический бюллетень «О травматизме от несчастных случаев на производстве в городах и районах Новосибирской области в 2015 году.» статистический бюллетень / новосибирскстат. - н., 2016

2. оперативные данные о происшедших групповых, тяжелых и смертельных несчастных случаях и пострадавших о смертельным исходом в новосибирской области за 6 месяцев 2016 года: [электронный ресурс]: основные показатели деятельности государственной инспекции труда: Государственная инспекция труда по Новосибирской области; URL: [<https://git54.rostrud.ru>]

3. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Новосибирской области за 2015 год».-Изд-во Новосибирск, 2015г.-226с.

**THE ANALYSIS OF THE ORGANIZATION OF WORKING CONDITIONS
IN A POWER SYSTEM**

Serebrova Olga Sergeevna, student; Udaltsov, Evgenie Medvedev, Cand. vet.
Sciences, associate Professor

Novosibirsk state technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx
Avenue, 20

Serebrova, O. S., email: Olga.Serebrova.95@mail.ru

Udaltsov, E. A., email: ugodnic@gmail.com

Abstract

The article estimates the conditions of the occupational injuries and occupational diseases in power in the Novosibirsk region and in Novosibirsk.

Key words: injury; accidents ; occupational diseases.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ ГРОЗОУПОРНОСТИ ВЛ

*Скрябина Екатерина Андреевна магистрант, Илюшов Николай Яковлевич
к.т.н. доцент*

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

Скрябина Е.А., email: ekaterina.skryabina.93@mail.ru

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

В статье рассмотрена грозоупорность воздушных линий электропередачи (ВЛ) и подстанций (ПС) напряжением 110 кВ и 220 кВ в районах Крайнего Севера, в зонах вечной мерзлоты, на основе данных АО «Тюменьэнерго» и в Хабаровском крае, на основе данных Хабаровского ПМЭС. Для ВЛ рассмотрена связь числа грозových отключений со свойствами грунта, рельефа местности, а также сопротивления заземления опор. Анализ этих факторов показал, что наибольшее количество отключений воздушной линии вследствие молний было на песчаном грунте. В тоже время анализ высот не подтвердил принцип что «молния ударяет в наивысшую точку», так как большее количество отключений приходится на средние высоты. Для каждой опоры была посчитана вероятность возникновения обратных перекрытий и сделали вывод о эффективности установки имеющихся средств защиты.

Ключевые слова: грозových отключения, сопротивление опор, вероятность обратных перекрытий, воздушные линии, грозоупорность.

Из-за ударов молний в ВЛ, существует вероятность возникновения обратных перекрытий, в результате которых образуются импульсы высокочастотных перенапряжений, имеющие высокую крутизну и приводящие к отключениям воздушных линий [1]. Наиболее актуально это для районов с высоким сопротивлением грунта, таких как районы с вечной мерзлотой, реликтовые песчаные грунты и твердый скалистый грунт. Анализ статистики выхода из строя силового оборудования, на примере трансформаторов, показал, что основной причиной выхода из строя трансформаторов является межвитковое короткое замыкание обмотки. В свою очередь, межвитковые замыкания возникают вследствие коротких импульсов высокочастотных перенапряжений при ударах молнии в ВЛ. Опасность для оборудования подстанции представляют только короткие и срезанные волны, образующиеся в результате ударов молний в опоры на всей протяжённости ВЛ. Таким образом необходимо проанализировать возможность возникновения обратных перекрытий по всей протяжённости ВЛ, то есть оценить грозоупорность всех опор на линии.

В данной статье рассматриваются факторы, влияющие на

грозоупорность воздушных линий. Исследование проводилось на примере ВЛ 110 кВ, АШ-208, расположенной на территории Монголии, ВЛ 220 кВ Ургал-Этеркан Л-280 в Хабаровском крае и от ВЛ 220 кВ Вынгапур-Новогодняя в Ямало-Ненецком автономном округе.

Одним из факторов влияющим на грозоупорность является рельеф местности на котором расположена ВЛ. Был проведен анализ зависимости количества отключений от рельефа на примере воздушных линий «Новогодняя – Вынгапур» и «Ургал – Этеркан». Принято считать, что опоры, расположенные на высоте должны больше подвергаться ударам молний. Но мы точно не знаем, как данная опора располагается на рельефе, на склоне или на вершине горы. Это объясняет, почему анализ данной зависимости показал, что наибольшее количество ударов на ВЛ 220 кВ «Новогодняя – Вынгапур» пришлось на высоты 97 метров и 110 метров, при максимальных высотах 116-120 метров. А наибольшее количество ударов в Хабаровском крае пришлось на линии «Ургал – Этеркан» на высоты 568 и 627 метров, при максимальных высотах 790 м. То есть анализа не выявил, явной зависимости количества отключений от высоты, поэтому необходимо учитывать еще и другие факторы, например, типы грунта.

На рисунке 1 представлены диаграммы зависимости количества отключений от типа грунта. Замечено, что наибольшее количество отключений зарегистрировано на опорах, расположенных в зоне песчаных грунтов. При чем на ВЛ «Еты-Пур – Новогодняя» только 19% от всей протяженности линии занимают песчаные грунты. Таким образом можно сделать вывод, что опоры, установленные в зоне песчаных грунтов имеют большую вероятность для возникновения обратных перекрытий.

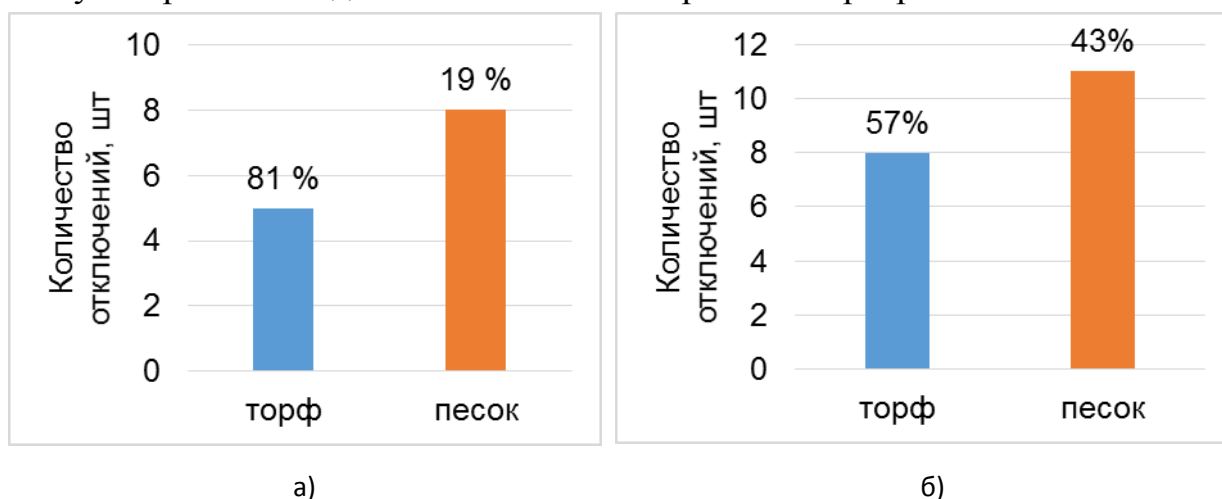


Рис.1 Зависимость количества отключений от типа грунта: а) ВЛ 110 кВ «Еты-Пур – Новогодняя», б) ВЛ 220 кВ «Новогодняя – Вынгапур»

Не менее важным критерием, определяющим грозоупорность линии является сопротивление опор, тем более, что и на малом удельном сопротивлении грунта, сопротивление опор может не соответствовать ПУЭ. Был проведен анализ который основан на алгоритме расчёта вероятности

пробоя гирлянды изоляторов, предложенном в работе [2]. Зная сопротивления опор можем оценить вероятность возникновения обратных перекрытий в зависимости от их значений.

Непосредственной причиной обратных перекрытий является появление импульса перенапряжения на опоре. Если импульс перенапряжения будет превышать электрическую прочность гирлянды изоляторов, то произойдет обратное перекрытие. Был произведен расчет для определения токов молнии, при которых происходят обратные перекрытия при заданном сопротивлении опоры. Расчет производился по формуле вольт секундной характеристики гирлянды изоляторов (1) и выражению для определения напряжения на опоре (2), которое учитывает индуктивность опоры и сопротивление заземления.

$$U_{всх} = I_{из} * \left(400 + \frac{710}{\tau^{0,75}} \right) \quad (1)$$

где $U_{всх}$ – вольт-секундная характеристика гирлянды изоляторов, кВ;
 $I_{из}$ – длина гирлянды изоляторов, м;
 τ – время, мкс.

$$U_{из}(\tau) = U_R(\tau) + U_{ин.м}(\tau) + U_{ин.э}(\tau) - U_{ин.тр}(\tau) + u_p(\varphi), \quad (2)$$

где $U_R(\tau)$ – составляющая, вызванная падением напряжения на сопротивлении заземления;

$U_{ин.м}(\tau)$ – магнитная составляющая индуктированного напряжения, которая создается током в опоре и током в канале молнии;

$U_{ин.э}(\tau)$ – электрическая составляющая индуктированного напряжения;

$U_{ин.тр}(\tau)$ – напряжение, индуктированное на проводе током в тросе;

$u_p(\varphi)$ – рабочее напряжение сети в момент удара молнии.

Зная распределение этих кривых по их пересечению можем определить токи при которых происходит перекрытие гирлянды изоляторов.

Таким образом, можно определить токи вызывающее обратные перекрытия для любой воздушной линии. На рисунке 2 представлена вероятность возникновения обратных перекрытий на участке ВЛ 220 кВ «Ургал-Этеркан» с 100 по 200 опору. На графике видим множество опор, у которых вероятность возникновения обратных перекрытий составляет более 50%, также имеются опоры с сопротивлением более 200 Ом, у которой вероятность обратного перекрытия достигает более 80%. Прямой линией показана вероятность для сопротивления 15 Ом, требуемое по ПУЭ, составляющая 24 %.



Рис.2 Вероятность возникновения тока молнии вызывающего пробой гирлянды изоляторов на участке ВЛ 220 кВ «Ургал-Этеркан» с 100 по 200 опоры

Таким образом был проведен анализ факторов, влияющих на грозоупорность ВЛ, в результате которого выявлено, что сопротивление грунта и сопротивление заземления опор оказывают основное влияние на количество отключений. Судить о влиянии рельеф на данном этапе работы преждевременно, для этого необходимо рассмотреть по мимо высоты, другие критерии которые могут оказывать влияние. Был построен график распределения вероятности образования обратных перекрытий при ударе молнии в опору, который показывает, что на ВЛ может быть более 60 % опор, на которых возможно возникновение обратных перекрытий. Все эти опоры требует установки средств защиты. По нашей методике можно точно выбрать опоры, на которых высокая вероятность возникновения обратных перекрытий, и установить необходимую защиту.

Библиографический список:

1. Проблемы грозоупорности линий электропередачи и подстанций в районах Крайнего Севера / Ю.А. Лавров, С.М. Коробейников, Н.Я. Илюшов, В.А. Ломан, Е.А. Скрябина, В.П. Брыкин, В.В. Лопатин // Электроэнергия. Передача и распределение. 2016. № 3. С. 28–34.
2. Анализ факторов, влияющих на грозоупорность воздушных линий электропередач / Н.Я. Илюшов, С.М. Коробейников, А.А. Левченко, В.А. Ломан, Е.А. Скрябина. // Новое в Российской электроэнергетике. 2017. №3. С. 52-60.

RESEARCH OF FACTORS OF LIGHTNING-SURGE PROOFING OF AIR-LINES

Skryabina E. A. Graduate student, Master's Degree student, email:

ekaterina.skryabina.93@mail.ru

Ilyushov N.Y. Ph.D. (Engineering), Associate Professor, email:

kamchatka1234@rambler.ru

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

Abstract. In article lightning-surge proofing of air-lines of an electricity transmission and substations of 110 kV and 220 kV in the region of the Far North, in permafrost zones, on the basis of data of JSC Tyumenenergo and in Khabarovsk Krai, on the basis of data of the Khabarovsk PMES is considered. For air-line communication of number of storm shutdowns with properties of a soil, a land relief, and also resistance of grounding of support is considered. The analysis of these factors showed that the greatest number of shutdowns of an air-line owing to lightning's was on a sandy soil. In too time, the analysis of heights did not confirm the principle that "the lightning strikes in the highest point" as the larger number of shutdowns are the share of average heights. For each support, the probability of emergence of the inverse overlapping's was counted and drew a conclusion on effectiveness of installation of the available means of protection.

Keywords: lightning outage, resistance of support, probability of the inverse overlapping's, airline, lightning-surge proofing.

АНАЛИЗ ШУМА ВБЛИЗИ ТРАНСПОРТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Туз Александра Сергеевна, магистрант; Парахин Анатолий Михайлович, к.т.н., доцент

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

*Туз А.С., email iskandar.mel@gmail.com
Парахин А.М., email paraxin@corp.nstu.ru*

Актуальность данной работы обусловлена тем, что в последнее время наша планета столкнулась с такой большой проблемой, как автомобилизация. Оснащенность населения автомобилями растет ежедневно. Увеличивается доля объема транспортных грузоперевозок. Вследствие чего, в городе ухудшается шумовая обстановка. В данной работе были проведены расчеты уровня шума, создаваемого легковым и грузовым транспортом.

Ключевые слова: Шум; безопасность; транспорт; автомагистраль; вредные факторы.

Целью данной работы является анализ уровня шума. Для этого была выбрана автомагистраль в городе Новосибирске на улице Немировича-Данченко, протяженность выбранного участка автомагистрали составляет 200 метров.

В расчете были использованы данные для автомобилей, движущихся с постоянными скоростями, равными 40 км/ч и 60 км/ч, рассмотренные в предыдущей статье [1]. А так же проводилась оценка автомобилей, движущихся по выбранному участку неравномерно.

На данной автомагистрали была проведена оценка интенсивности движения, результаты наблюдений занесены в таблицу:

Таблица 1
Интенсивность движения транспортного потока

Вид автотранспорта	Количество машин (за 1 час), шт.
Легковые автомобили	1450
Грузовые дизельные автомобили	26
Грузовые карбюраторные автомобили	170

Сначала рассчитаем зависимость эквивалентной интенсивности и эквивалентного уровня шума от полосы движения автомобиля.

Для многополосных магистралей эквивалентный уровень шума

транспортного потока определяется энергетической суммой шума всех полос . При этом прогнозируемый шум определяют исходя из интенсивности и состава потока на этой полосе.

Эквивалентный уровень шума транспортного потока на расстоянии y от середины крайней полосы движения $L_{пот.экв.y}$ при допущениях, что поток равномерно распределяется по всем полосам, и отсутствуют явления отражения и экранирования [2].

$$L_{экв.y}^{пот} = 120 + 10 \times \lg \sum_{i=1}^m I_{экв.7,5}^{пот} \left[\frac{1}{y+3,75(i-1)} \right] \times 7,5 \quad (1)$$

где, i - номер полосы движения; m - число полос движения на магистрали; $3,75$ - ширина полосы движения

Рассчитав все необходимые значения по формуле (1), построим график:

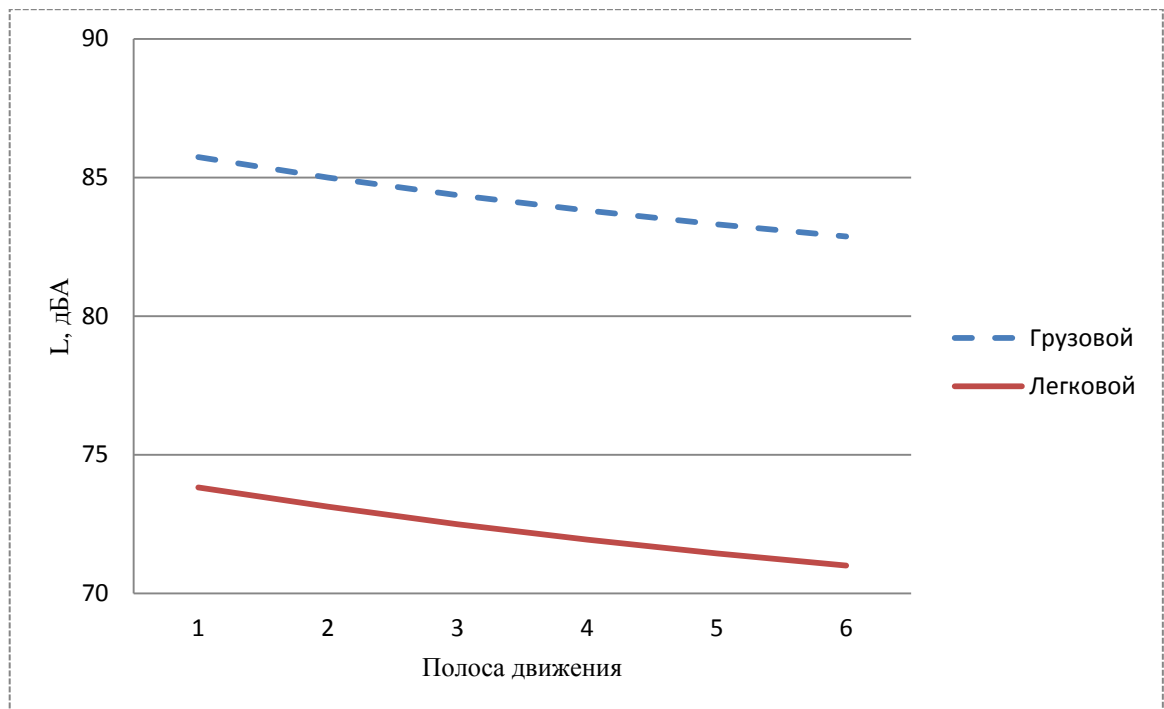


Рис. 1. Снижение уровня звукового давления в зависимости от полосы движения автомобиля

По графику можно сделать вывод, что чем дальше полоса движения от точки наблюдения, тем ниже уровень шума.

Рассмотрим уровень шума при разгоне автомобиля.

При разгоне автомобиля по формуле 2, появляется дополнение к уровню шума ΔL , обусловленное в основном увеличением нагрузки на двигатель. Таким образом, уровень шума при разгоне автомобиля определяется, во-первых, уровнем шума на постоянной скорости и, во-вторых, дополнительным уровнем ΔL от ускорения [2]:

$$L_{разг} = L_{уст} + \Delta L \quad (2)$$

Уравнения регрессии 3 и 4, прироста ΔL на разгоне по экспериментальным данным определяется в виде линейных регрессий, относительно среднего ускорения [1]:

$$\Delta L = 11,7a + 0,4 \quad (3)$$

$$\Delta L = 1,9a + 3,2 \quad (4)$$

Рисунки 2 и 3 показывают зависимость измерения прироста уровня шума ΔL от ускорения автомобиля. Перепады в уровне шума объясняются изменением передачи автомобиля.

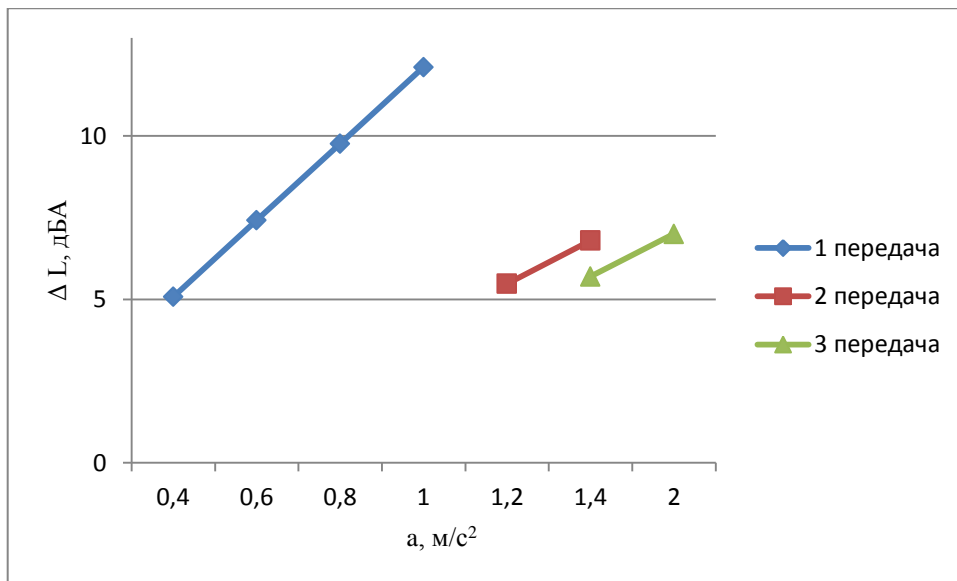


Рис. 2. Зависимость дополнительного уровня шума от ускорения на режиме разгона для легковых автомобилей

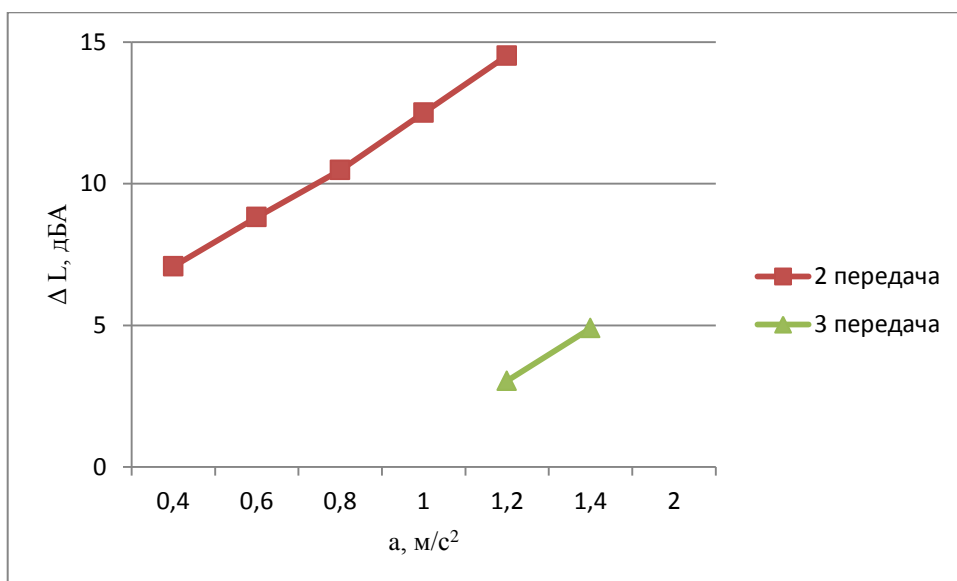


Рис. 3. Зависимость дополнительного уровня шума от ускорения на режиме разгона для грузовых автомобилей

Рассчитаем $L_{уст}$ по формулам (5) и (6), и далее просуммируем с ΔL :

$$L = 28,6lgV + 13,3 \quad (5)$$

$$L = 31,8lgV + 20,4 \quad (6)$$

На рисунке 4 представим зависимости эквивалентных уровней шума грузовых и легковых автомобилей от скорости движения на 200-метровом участке движения с постоянной скоростью:

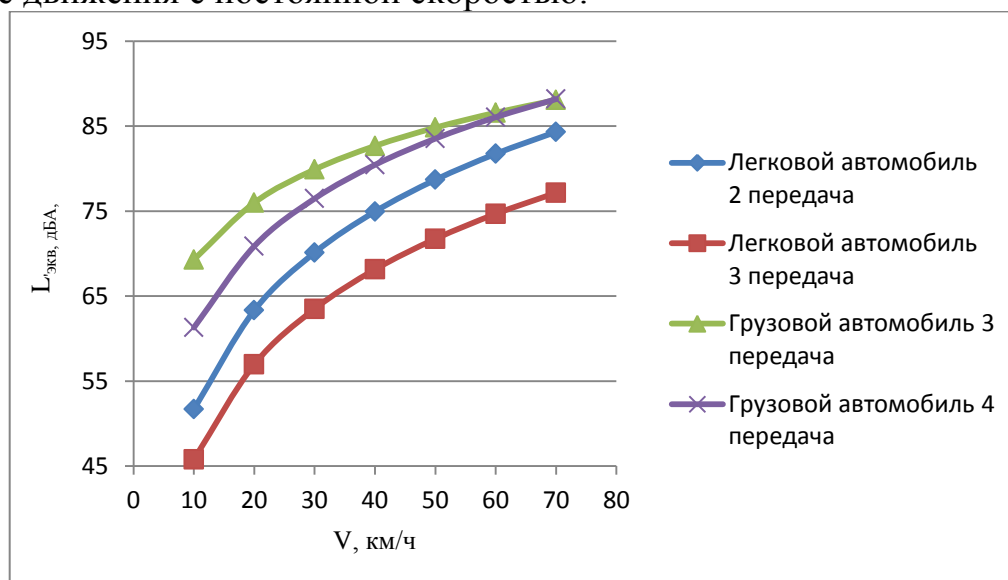


Рис. 4. Зависимость эквивалентного уровня шума грузовых и легковых автомобилей от скорости движения

На рисунке 5 показано изменение уровня шума при разгоне автомобиля, при скорости от 10 км/ч до 70 км/ч, с постоянным ускорением, что было рассчитано ранее, и показано на рисунке 2. График построен с учетом промежутка времени равного двум секундам.

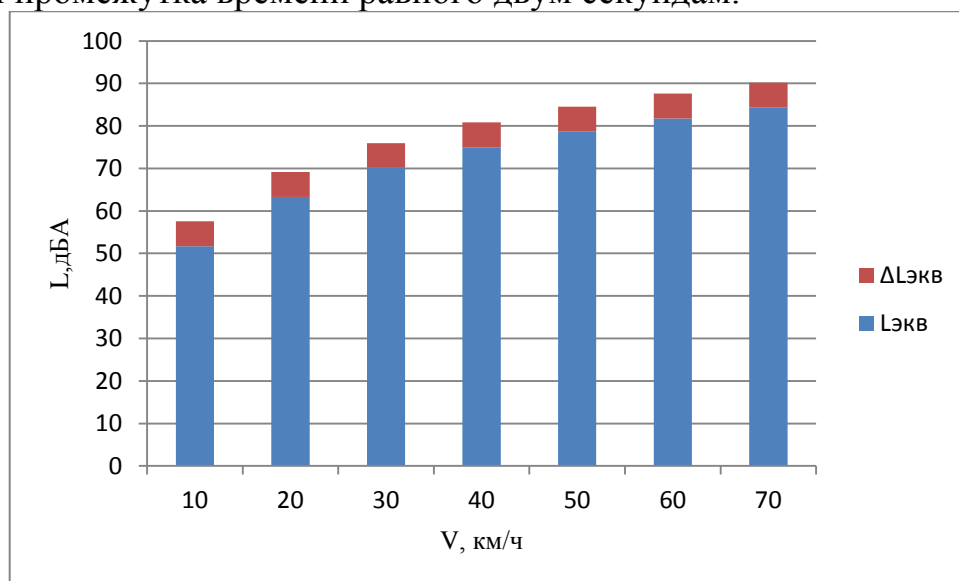


Рис. 5. Изменение $L_{разг}$ при разгоне автомобиля до скорости от 10 км/ч

до 70 км/ч

По данной диаграмме хорошо видно, что с увеличением скорости, $L_{разг}$ также растет.

Результаты данной статьи позволили проанализировать снижение уровня звукового давления в зависимости от полосы движения автомобиля, и понять, что чем дальше полоса движения от точки наблюдения, тем ниже уровень шума. Также оценить влияние изменения скорости на уровень шума при разгоне, для легковых и грузовых автомобилей.

Библиографический список

1. Туз А. С. Анализ шума транспорта в селитебной зоне, Наука. Промышленность. Оборона : тр. 17 Всерос. науч.-техн. конф., - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016г. - Т. 3.- С. 156-159.

2. Дьяков А.Б., Игнатъев 10.В., Конилин Е.П. Экологическая безопасность транспортных потоков / Под ред. Дьякова А.Б. — М.: Транспорт, 1989.

3. В.А. Гудков., Ю.Я. Комаров., А.И. Рябчинский., В.Н. Федотов., Безопасность транспортных средств (автомобили), учебное пособие для ВУЗов.—М.: Горячая линия – Телеком, 2010г. С.216-224

4. ГОСТ 20444-2014 «Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики».

THE ANALYSIS OF NOISE NEAR MOTORWAY

Tuz Alexandra Sergeevna, Master's degree student; Parakhin Anatoly Mikhailovich, Ph.D., Associate Professor

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk,
pr. Karla Marksa, 20, tel. (913) 005-48-19

Tuz A.S., email iskandar.mel@gmail.com

Parakhin A.M., email paraxin@corp.nstu.ru

Abstract

Relevance of this work is caused by the fact that recently our planet faced such big problem as automobilization. The equipment of the population by cars grows daily. The share of volume of a transport cargo transportation increases. Owing to what, in the city the noise situation worsens. In this paper calculations of the noise level created by cars and cargo transport were carried out.

For the calculation was chosen motorway in the city of Novosibirsk on the street Nemirovich-Danchenko, the length of the selected section of the motorway are 200 meters away.

Keywords

Noise; safety; transport; motorway; harmful factors.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА БЕЗОПАСНОЙ СТЕПЕНИ ЗАПОЛНЕНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ С НЕФТЕПРОДУКТАМИ.

*Тыныбаева Анар Кайратовна, студент; Илюшов Николай Яковлевич, канд.
техн. наук, доцент*

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

Тыныбаева А.К., email: tynybaeva_anara@mail.ru

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

Адрес для корреспонденции: Тыныбаева А.К., Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8-913-393-89-83

Аннотация

В статье приводится методика определения минимального объема горючих паров в резервуаре, при воспламенении которого возможен взрыв соседнего резервуара нефтехранилища, находящегося на регламентированном расстоянии.

Ключевые слова: хранение нефтепродуктов; огненный шар; резервуары для хранения нефти; объем заполнения резервуаров; диаметр огненного шара.

Огненные шары возникают при воспламенении парогазовых облаков, возникающих при испарении жидкости, образуемых в результате полного разрушения резервуаров, содержащих перегретые жидкости и газы под давлением. Температура огненных шаров углеводородов может превышать 2000°C. [2, стр. 8]

Поэтому такое явление, как огненный шар, вызывающее последующее возникновение пожаров в резервуарных парках или на технологических установках представляет масштабную угрозу каскадного развития аварий, особенно при больших объемах хранимой нефти.

Методика расчета.

Принимаем интенсивность теплового излучения, необходимую для разрушения резервуара, не оборудованного установками охлаждения, равной $q = 7,5 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ [3].

Из формулы В.1 прил. В ГОСТ 12.3.047-2012, выразим произведение углового коэффициента облученности F_q и коэффициента пропускания атмосферы τ :

$$F_q \cdot \tau = \frac{q}{E_f} \quad (1)$$

Поскольку значение интенсивности теплового излучения q , при

котором происходит разрушение резервуара нам известно, а величину среднеповерхностной плотности теплового излучения E_f допускается принимать равной $350 \text{ кВт}\cdot\text{м}^{-2}$, можно найти численное значение произведения (1):

$$F_q \cdot \tau = \frac{7,5}{350} = 0,0214$$

Представим произведение (1), выразив каждый из его множителей через формулы Д.1 и Д.4, прил. Д ГОСТ 12.3.047-2012, соответственно:

$$F_q \cdot \tau = \frac{D_s^2}{4 \cdot (H^2 + r^2)} \cdot \exp\left[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\sqrt{r^2 + H^2} - \frac{D_s}{2}\right)\right] \quad (2)$$

Расстояние до объекта r принимаем равным 120 м , и соответствующим максимальному расстоянию между двумя группами резервуаров. Поскольку высоту центра огненного шара H можно принять равной диаметру огненного шара D_s , а значение произведения (1) мы вычислили, то можно преобразовать выражение (2) в нелинейное уравнение с одной переменной. Таким образом, получаем:

$$\frac{D_s^2}{4 \cdot (D_s^2 + 120^2)} \cdot \exp\left[-7 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\sqrt{120^2 + D_s^2} - \frac{D_s}{2}\right)\right] = 0,0214 \quad (3)$$

Найдем решение уравнения (3) графическим способом. Для этого построим график функции $y(x)$:

$$y(x) = \frac{D_s^2}{4 \cdot (D_s^2 + 120^2)} \cdot \exp\left[-7 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\sqrt{120^2 + D_s^2} - \frac{D_s}{2}\right)\right] - 0,0214 \quad (4)$$

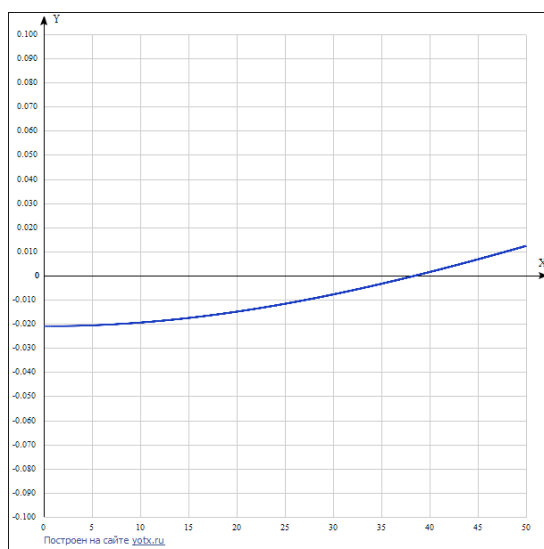


Рис.1 График функции (4)

На рис. 1 видим точку с координатами $x = 38,2$ и $y=0$, абсцисса этой точки и есть искомое решение нелинейного уравнения (3).

Из формулы Д.2 прил. Д [1] выражаем массу горючего m в «огненном шаре»:

$$m = 0,325 \sqrt{\frac{D_s}{6,48}} \quad (5)$$

По формуле (5) находим массу горючего в огненном шаре:

$$m = 0,325 \sqrt{\frac{38,2}{6,48}} = 234,8 \text{ кг}$$

Зная массу и плотность паров нефтепродукта, участвовавших в горении огненного шара, легко можем определить объем, занимаемый ими в резервуаре до его разрушения.

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (6)$$

Плотность паров нефти определяется согласно [5] по следующей формуле:

$$\rho = \frac{M_{II}}{22,41} \quad (7)$$

где

$$M_{II} = 0,0043 * (212 + t_{HK})^{1,7} \quad (8)$$

– средняя молярная масса углеводородных паров нефти в паровоздушной смеси, кг/моль; t – температура начала разгонки нефти, °С.

$$M_{II} = 0,0043 * (212 + 70)^{1,7} = 62,9$$

$$\rho = \frac{62,9}{22,41} = 2,8 \text{ кг/м}^3$$

По формуле (6) находим объем, занимаемый парами:

$$V = \frac{234,8}{2,8} = 83,86 \text{ м}^3$$

Методом пропорции определяем степень заполнения резервуара парами нефтепродукта, зная, что полный объем резервуара равен 3000 м³:

$$a = \frac{83,86 \cdot 100}{3000} = 2,8\%$$

Аналогичным образом определяем степень заполнения парами нефти для резервуаров РВС-2000 и РВС-5000, результаты расчетов приведены в таблице 1:

Табл.1

Объем РВС, м ³	Степень заполнения парами нефти для РВС различных объемов, %	Степень заполнения жидкой фазы
2000	4,2	95,8
3000	2,8	97,2
5000	1,68	98,32

Как мы видим, степень заполнения довольно мала – следовательно,

хранение нефти допустимо только в резервуарах с плавающей крышкой.

Вывод: диаметр огненного шара – важнейший показатель, по которому можно рассчитать: массу горючего в огненном шаре; объем паров нефтепродукта; объем, занимаемый жидкой фазой. Перечисленные показатели могут быть использованы в процессе прогнозирования и анализа возможных взрывопожароопасных ситуаций на территории резервуарных парков. Подобные расчеты необходимы для последующего планирования мероприятий по предотвращению каскадного развития аварий.

Библиографический список:

- 1) ГОСТ 12.3.047-2012. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования
- 2) Огненный шар: метод. рекомендации/ В. В. Куликов, И. И. Гаврилин. – Екатеринбург: УрГУПС, 2015. – 24 с.
- 3) «Моделирование факторов пожароопасной ситуации на нефтесборных пунктах с использованием геоинформационных технологий» В.З. Макаров, А.В. Молочко, В.А. Фролов, А.Н. Чумаченко. Саратовский государственный университет, кафедра физической географии и ландшафтной экологии, кафедра геоморфологии и геоэкологии, ОАО «Саратовнефтегаз»
- 4) РД 153-39-019-97. Методические указания по определению технологических потерь нефти на предприятиях нефтяных компаний Российской Федерации

THE METHOD OF CALCULATING THE SAFE FILLING LEVELS OF TANKS WITH OIL PRODUCTS.

Tynybayeva Anar Kayratovna, Student, tynybaeva_anara@mail.ru
Ilyushov Nikolay Yakovlevich, Ph.D. (Engineering), Associate Professor
kamchatka1234@rambler.ru

**Novosibirsk State Technical University, Prospekt Karla Marksa, 20,
Novosibirsk, 630073, Russia**

Abstract

The article provides a method of determining the minimum amount of flammable vapors in the tank, which upon ignition possible explosion of a nearby oil storage tank located at a regulated distance.

Keywords: storage of petroleum products; fireball; tanks for oil storage; the filling volume of the reservoirs; diameter of the fireball.

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПЭВМ,
ПОЗВОЛЯЮЩИХ ОЦЕНИВАТЬ ПАРАМЕТРЫ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ
УСТРОЙСТВ**

*Уткин Антон Витальевич, студент; Нагорнов Никита Сергеевич,
студент; Индикеев Дмитрий Юрьевич, студент; Асеев Георгий
Евгеньевич, канд. техн. наук, доцент*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования «Новосибирский государственный
технический университет», 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

*Уткин А.У., email: antoxa_95@list.ru
Нагорнов Н.С., email: Neoron95@gmail.com
Индикеев Д.Ю., email: Le.li4@ya.ru
Асеев Г.Е., email: agebtnstu@gmail.com*

Адрес для корреспонденции: Уткин А.В., Новосибирский государственный
технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8-913-777-79-73

Аннотация

Основным средством защиты в электроустановках являются заземляющие устройства, поэтому качество проектирования и управления работой заземляющих устройств очень важно. Разработаны алгоритм и программа для ПК, которые позволяют моделировать электрические поля в грунте в аварийных режимах и оценивать параметры заземляющих устройств.

Ключевые слова: заземляющее устройство, потенциал, сопротивление, напряжение, прикосновения, алгоритм, программа.

Уровень травматизма в РФ остается, пока, остается неприемлемо высоким: в 4 – 5 раз выше, чем в развитых странах. В значительной степени это справедливо и для электроэнергетической отрасли. Для нее характерны следующие причины травм: поражение электрическим током, падение пострадавшего с высоты, падение предметов, а также износ основных фондов и неудовлетворительное состояние средств защиты.

Одним из основных средств защиты в электроустановках являются заземляющие устройства. Поэтому качество проектирования и эксплуатационного контроля заземляющих устройств чрезвычайно важны.

В условиях достигнутого уровня развития средств вычислительной техники целесообразно перейти от приближенных расчетов [1] к более точным методам. Целесообразно использовать основные принципы метода

наведенных потенциалов [2, 3].

Исходя из сказанного, были разработаны алгоритм и программа для ПЭВМ, позволяющие моделировать электрические поля в земле в аварийных режимах и оценивать параметры заземляющих устройств. В свою очередь, это дает возможность оценивать условия безопасности в электроустановках и оптимизировать конструкцию заземляющего устройства (ЗУ).

Расчетные параметры ЗУ включают: сопротивление растеканию, потенциал ЗУ, потенциалы в заданных точках на поверхности грунта и напряжения прикосновения **в** **этих** **точках.**

По соображениям устройства строительства, система состоит из перпендикулярно расположенных стержневых заземлителей, элементы пронумерованы (рис.1).

ЗУ состоит из 8 элементов, все элементы связаны между собой и оказывают влияние друг на друга, поэтому, по методу наведенных потенциалов составляем матрицу (1) из линейных уравнений, в которых прописан каждый элемент.

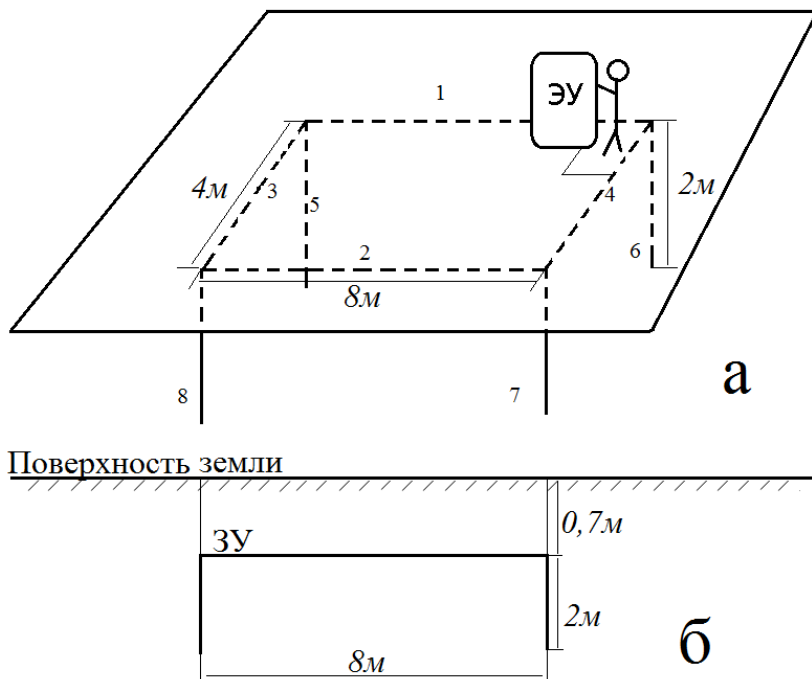


Рис.1 Схема конструкции заземления

$$A = \begin{cases} \alpha_{11}I_1 + \alpha_{21}I_2 + \alpha_{31}I_3 + \dots + \alpha_{81}I_8 & 0 \\ \alpha_{12}I_1 + \alpha_{22}I_2 + \alpha_{32}I_3 + \dots + \alpha_{82}I_8 & 0 \\ \dots & \dots \\ \alpha_{18}I_1 + \alpha_{28}I_2 + \alpha_{38}I_3 + \dots + \alpha_{88}I_8 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & & -1 \end{cases} \quad (1)$$

Где α – Коэфф. Собственных и взаимных сопротивлений

Последняя строка учитывает необходимость суммирования токов и равенство их суммарному току. Решение системы уравнений дает картину токораспределения, с учетом общего тока замыкания, это позволяет определить реальные токи элементов и рассчитать потенциал под ногами в точке поверхности земли, где стоит человек.

$$\|A\| * \|I\| = \|\varphi\|$$

Где I - это токи стекающие в землю с каждого элемента заземлителя;
 φ – потенциал ЗУ.

При расчете, на первом этапе принимаем $\varphi = 1$, далее определяем сопротивление по формуле $R = \frac{\varphi}{I}$, где φ – потенциал заземлителя.

Умножив реальный ток, который задан в условиях расчета, на полученное сопротивление, получим φ зу. Разница между потенциалом ЗУ и полученным значением потенциала в точке под ногами человека равна значению напряжения прикосновения, по которому можно судить о эффективности заземления

Для выполнения расчетов по описанному алгоритму была создана программа на языке программирования Microsoft Visual C# 2015. Язык C# был выбран как один из самых распространённых и развивающихся языков программирования. Для упрощения ввода данных было решено использовать текстовый документ, в котором хранятся все исходные данные. Таким образом, не используя константных значений в исходном коде программы, мы делаем её максимально гибкой и пригодной для использования с различными наборами параметров.

Выполнение расчетов было реализовано благодаря классовой структуре языка, в которой хранятся данные каждого электрода – координаты его точек начала и конца. Координаты являются относительными величинами. Для каждого электрода находятся его длинна и медианная точка, которые используются при заполнении квадратичной матрицы A . Электроды должны быть расположены ортогонально относительно друг друга. В программе реализована проверка правильности введённых значений координат начала и конца электродов, в противном случае программа выдает предупреждение о некорректности исходных данных и невозможности решения поставленной задачи. Матрица A сформировывается размером $N \times N$, где $(N-1)$ – это количество используемых электродов. Столбец N заполняется нулевыми значениями, а строка N – единичными. Элемент $A_{[nn]} = -1$. Диагональные значения матрицы заполняются путем нахождения собственных сопротивлений электродов. Заполнение матрицы происходит по типу треугольной матрицы ($A_{[ij]} = A_{[ji]}$) и зависит от расположения электродов. Полученная матрица приравнивается к единичному вектору. Решение матрицы производится при помощи метода Гаусса, который имеет трудоемкость $T = \frac{2}{3}n^3\tau$, где τ – время выполнения одной операции.

Современные компьютеры позволяют выполнять 10^9 операций в секунду, что позволяет решать матрицы размером 1000×1000 элементов за одну секунду. В программе реализована автоматическая проверка полученных результатов решения матрицы, что позволяет доверительно относиться к её результатам. После выполнения тривиальных операций мы имеем на выходе необходимые данные – сопротивление заземляющего устройства, потенциал земли в точке, где стоит человек и напряжение прикосновения. Эти параметры нормируются, что позволяет оценить эффективность разработанной конструкции ЗУ.

Реализованный алгоритм и программа на его основе дают эффективный инструмент в руки проектировщика. Может быть использован в качестве тренажера для обучения.

Библиографический список:

- 1) Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Энергоатомиздат, 1984., ил
- 2) Бургсдорф В.В., Якобс А.И. Заземляющие устройства электроустановок. – м.: Энергоатомиздат, 1987., ил.
- 3) Ослон, А. Б. Модель заземления электроустановки в неоднородном грунте: научное издание / А.Б. Ослон, С.И. Коструба // Электричество : Теорет. и науч.практ. журн. 2005. №1.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM AND A PROGRAM FOR THE PC THAT ALLOW YOU TO EVALUATE THE GROUNDING PARAMETERS

Utkin Anton Vitalievich, Student, antoxa_95@list.ru

Nagornov Nikita Sergeevich, Student, Neoron95@gmail.com

Indekeyev Dmitry Yurievich, Student, Le.li4@ya.ru

Aseev Georgiy Evgenevich, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, agebtnstu@gmail.com

Abstract

The main means of protection in electrical installations are earthing devices, therefore, the quality of design and operation control of grounding devices is very important. The algorithm and the program for the PC were developed, which allow to simulate electric fields in the ground in emergency modes and to evaluate the parameters of the grounding devices.

Keywords: Earthing device, potential, resistance, Touch voltage, algorithm, program.

УДК 536.461
537.562
614.842/847

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВОБОДНЫХ ИОНОВ И ЭЛЕКТРОНОВ В ПРОФИЛЕ ПЛАМЕНИ

Худякова Юлия Игоревна, Илюшов Николай Яковлевич

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

Худякова Ю.И., email: khudyakova.yuliya.95@mail.ru

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

В статье описана экспериментальная установка, а также процесс проведения опыта по исследованию распределения свободных ионов и электронов в профиле пламени, появление которых обусловлено процессами ионизации. По результатам эксперимента сделаны выводы о том, каким образом положительный и отрицательный заряды локализуются в пламени.

Ключевые слова: тушение пожаров, пламя, положительный и отрицательный заряды, распределение зарядов.

Одними из наиболее распространенных и опасных чрезвычайных ситуаций, имеющими высокий риск возникновения, являются пожары. Систематическое возгорание жилых, производственных помещений, складов – это настоящее стихийное бедствие для городов, и ущерб от пожаров на территории отдельных стран достигает миллионов долларов в год. К сожалению, существующие методы пожаротушения дороги и зачастую неэффективны. Имеются различные организационные и технические причины трудности борьбы с неконтролируемым распространением огня. Но все же главной причиной остается несовершенство существующих технологий пожаротушения. В связи с этим может появиться принципиально новый метод тушения открытого огня, заключающий в воздействии на пламя сильного электрического поля, способного прекратить процесс горения [1]. Для более эффективного использования данного метода необходимо иметь полное представление о свойствах пламени и процессах, протекающих при горении. Данная работа посвящена исследованию одного из таких процессов, а именно выяснению, каким образом происходит распределение объемных зарядов в пламени.

Пламя представляет собой раскаленный газ, содержащий плазму и/или диспергированные твердые вещества, в котором происходят физико-химические превращения реагентов, приводящие к свечению, тепловыделению и саморазогреву.

Плазма, в свою очередь, является частично или полностью ионизованным газом.

Судить о том, является ли пламя разновидностью плазмы, дает наличие у него такого свойства, как электропроводность. То есть пламя всегда содержит некоторое количество свободных электронов и ионов, а их появление обусловлено процессом ионизации органических молекул.

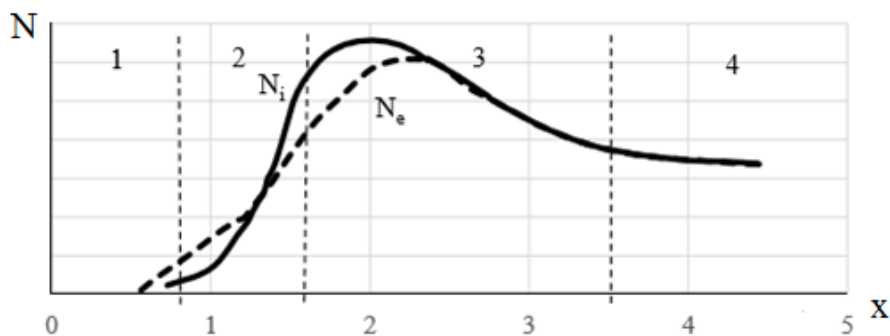


Рисунок 1 - Распределение концентраций заряженных частиц в пламени

В области предпламенных реакций (область 1, рисунок 2) ионизация практически отсутствует, поскольку скорости процессов хемоионизации (некоторые элементарные экзотермические реакции между атомами и свободными радикалами проходят с выделением количества энергии, достаточного для ионизации) и термической ионизации малы. В реакционной зоне, области 2 наибольшего тепловыделения, где градиент температуры максимален, происходит резкое увеличение концентраций ионов N_i и электронов N_e . Причем, экспериментальные значения максимальных концентраций ионов N_i при различных условиях горения составляют $\sim 10^{12} \dots 10^{13} \text{ см}^{-3}$, что примерно на 5 - 6 порядков превышает их равновесную концентрацию. За счет конвективных и диффузионных потоков ионы и электроны перемещаются в область 3, где происходит их рекомбинация. На внешней границе пламени (область 4), области догорания, значения N_e и N_i стремятся к своим равновесным значениям.

Однозначным фактом является то, что пространственное распределение положительных и отрицательных заряженных частиц в пламени неравномерно, поскольку подвижность легких электронов во много раз превышает подвижность тяжелых ионов. Таким образом, в пламени возникают распределенные объемные заряды.

В некоторых литературных источниках встречаются различные мнения авторов по поводу взаимного расположения объемных зарядов в пламени. Так Степанов в своем труде «Ионизация в пламени и электрическое поле» [2] утверждает, что зона реакции и наружный конус характеризуются преимущественно положительным зарядом, а внутренний конус — отрицательным.

В учебнике Архипова [3] представлена иная теория, согласно которой положительный заряд сосредоточен во внутреннем конусе, а отрицательный в наружном.

Поэтому был разработан эксперимент по исследованию взаимного расположения отрицательного и положительного заряда в пламени. В рамках

исследования влияния электрического поля на пламя это оказалось необходимым, поскольку в изученных литературных источниках нет информации о том, каким образом было получено знание о распределении положительных ионов и электронов.

Суть эксперимента заключалась в следующем: проследить за изменением геометрии и свойств пламени при помещении в его различные зоны заряженных электродов; на основании этого сделать вывод о распределении положительных и отрицательных зарядов в пламени.

Для проведения эксперимента была собрана установка, состоящая из источника высокого напряжения, двух электродов и свечи между ними. В качестве электродов использовались металлический стержень и металлическая сетка, расположенная на удалении от свечи. Вся установка помещена в корпус из оргстекла для исключения влияния на пламя посторонних воздушных потоков.

В ходе работы было проведено два ряда экспериментов (рисунок 2): в первом электрод дважды подводился к границе пламени - к его основанию и к середине; во втором - электрод последовательно вводился непосредственно в пламя также на этих уровнях.

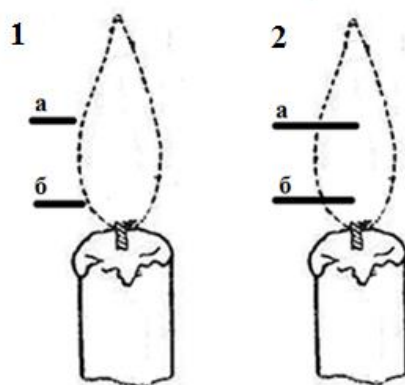


Рисунок 2 – Концепция эксперимента

- 1) положительный электрод – стержень подведен к границе;*
 - 2) положительный электрод введен в пламя*
- а – середина пламени; б – основание пламени*

В процессе наблюдения были получены следующие результаты. При расположении электрода у границы пламени в обоих случаях уже при начальном напряжении порядка 1 кВ образовывалась так называемая «выемка», обусловленная отталкиванием одноименных зарядов. Это дает возможность утверждать о расположении положительного заряда во внешнем конусе пламени. При этом исключено то, что данное явление обуславливается обтеканием поверхностью пламени электрода – остря, так как при подведении отрицательного электрода к пламени и подаче напряжения различной величины не наблюдалось никаких явлений.

В случае введения электрода в пламя в обоих случаях наблюдалось увеличение поверхности горения. Объяснить это можно следующим образом:

перераспределение зарядов в пламени под влиянием анода ухудшает теплообмен со свежей испаряющейся горючей смесью, развитие горения замедляется, и фронт пламени увеличивает поверхность горения. То есть говорить о том, какой заряд расположен внутри пламени при постановке данных экспериментов затруднительно.

При увеличении напряжения в экспериментах 1а и 1б, а также в 2а и 2б тогда, когда под действием ионного ветра пламя отклонялось так, что электрод вновь оказывался у его границы, прослеживается эффект «вырывания» пламени электродом, что ожидалось в экспериментах 1а,б, если верна теория о расположении отрицательного заряда в наружном конусе.

Скорее всего, это объясняется созданием большой напряженности электрического поля, в результате чего электроны, преодолевая барьер из положительных ионов, устремляются к аноду, и происходит их унос из зоны горения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дудышев В.Д. Новая электрическая технология бесконтактного тушения пожаров [Электронный ресурс]/ Независимый научно-технический портал. Дата обновления: 15.03.2011. URL: <http://www.ntpo.com/izobreteniya-dudysheva/7575-novaya-elektricheskaya-tehnologiya-beskontaktnogo-tusheniya-rozharov.html> (дата обращения: 7.02.2017).

2. Степанов Е.М., Дьячков Б.Г. Ионизация в пламени и электрическое поле. М.: Металлургия, 1968.-208 с.

3. Архипов В.А., Синогина Е.С. Горение и взрывы. Томск: Изд-во ТГПУ, 2007. — 124 с.

STUDY OF IONS AND ELECTRONS DISTRIBUTION IN A FLAME

Khudyakova Yu.I., student, email: khudyakova.yuliya.95@mail.ru

Plyushov N. Ya., Ph.D. (Engineering) email: kamchatka1234@rambler.ru

Novosibirsk state technical university, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marks Ave., 20, ph. (913)005-48-19

Today there is a fundamentally new method of extinguish open flames consists in impact on a flame of strong electric able to stop the burning process. It needs to have a more complete picture of the flame properties and processes occurring during combustion to use this method more effectively. One of such properties is uneven distribution of free ions and electrons in a flame: that is positive and negative charges hold certain positions in a flame profile. This work is devoted to explanation how the space charges distribute.

The research has been performed experimentally. As a result of the experiment the following conclusions have been done: the zone of reaction and an external cone are characterized by mainly positive charge, and an internal cone - by negative charge.

Keywords: firefighting, flame, positive and negative charges, charge distribution.

СИСТЕМА АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

*Чуприна Николай Николаевич, студент; Коробейников Сергей Миронович
доктор физико-математических наук, профессор*

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

Чуприна Н.Н., email: chuprina.nn@yandex.ru

Коробейников С. М., email: korobeynikov@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Чуприна Н.Н., Новосибирский государственный
технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса,
20, тел. 8-923-225-28-18

Аннотация

Проблема обеспечения безопасности человека в условиях производственных и внепроизводственных воздействий электромагнитных полей является актуальной из-за возможности их неблагоприятного влияния на здоровье человека. Применение способов защиты, сосредоточенных на пассивном экранировании, не всегда является целесообразным. В статье приводятся функциональные блок-схемы устройств активной защиты от переменных магнитных полей промышленной частоты (50 Гц) и постоянных магнитных полей.

Ключевые слова: магнитное поле; способы защиты; активная защита; безопасность; экранирование.

Наиболее эффективным и часто применяемым методом защиты от магнитного поля промышленной частоты является пассивное экранирование.

На низких частотах обычно применяются экраны из материалов с большой магнитной проницаемостью. В таблице приведены данные о материалах, применяемых для магнитных экранов [1].

Таблица

Материалы, применяемые для магнитных экранов	
Название материала	Магнитная проницаемость, μ , о.е.
Мюметалл	19000
79НМ (пермаллой)	25000
49 KF2VI (сталь)	8000

Нами была предложена схема устройства активного экранирования МП, которое будет способно компенсировать магнитное поле за счет создания тока в катушке устройства пропорционально внешнему магнитному полю в широком диапазоне напряженности магнитного поля.

В устройстве активного экранирования магнитного поля промышленной частоты датчиком магнитного поля служит приёмная магнитная антенна

(катушка, состоящей из 2600 витков медного эмалированного провода диаметром 0,1 мм внешний диаметр которой равняется 20 мм). Синусоидальный сигнал с которой поступает в преобразователь. На выходе получаем постоянное напряжение, которое усиливается и попадает в микроконтроллер, где сигнал из аналогового преобразуется в цифровой. Обработав его, поступает команда на преобразователь постоянного напряжения, который регулирует значение сигнала относительно действующего магнитного поля. После чего из него формируется синусоидальный сигнал и с помощью устройства смещается фаза до получения противофазы. Это контролируется фазометром, который сравнивает угол сдвига фаз двух сигналов. Этот ответный сигнал подается на катушку, которая и создает компенсирующее магнитное поле (рис. 1).

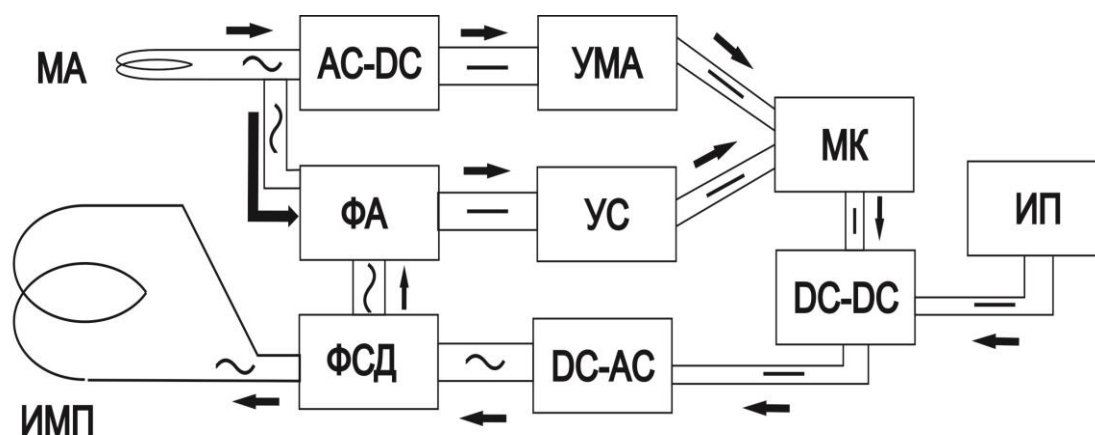


Рис. 1. Функциональная блок-схема устройства активной защиты от магнитных полей промышленной частоты

- МА - приёмная магнитная антенна*
- АС-DC - преобразователь переменного напряжения в постоянное*
- УМА - усилитель магнитной антенны*
- МК - управляющий микроконтроллер*
- ФА - фазометр (измерение угла сдвига фаз)*
- УС - усилитель сигнала*
- ИП - источник питания*
- DC-DC - преобразователь постоянного напряжения*
- DC-AC - инвертор (формирование синусоидального сигнала)*
- ФСД - устройство, создающее сдвиг фазы*
- ИМП - источник ответного магнитного поля*

Так же была разработана схема устройства активной защиты от постоянного магнитного поля (рис. 2). Датчиком магнитного поля служит биполярный датчик Холла, сигнал с которого усиливается и поступает в микроконтроллер. С которого подается команда на преобразователь напряжения и генерируется необходимое напряжение нужного знака,

подаваемое на катушку, которая и создает компенсирующее магнитное поле.

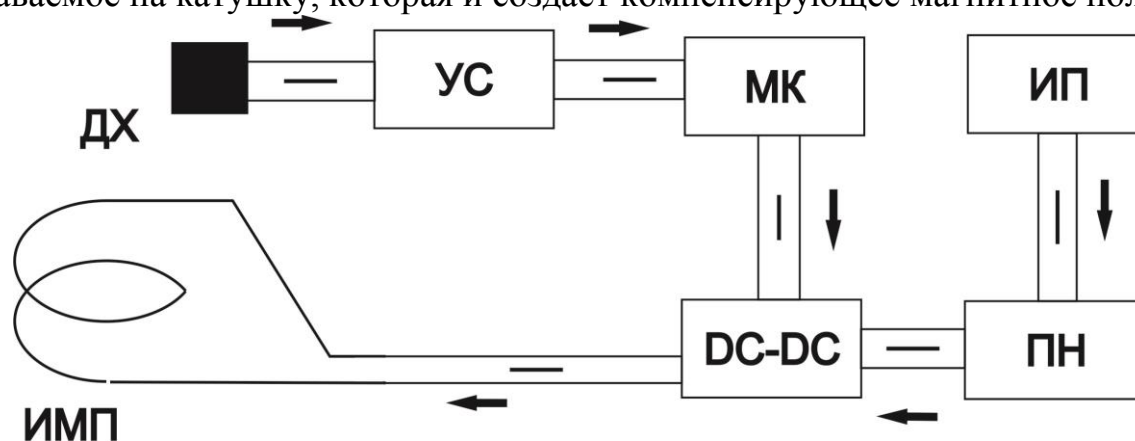


Рис. 2. Функциональная блок-схема устройства активной защиты от постоянных магнитных полей

ДХ - датчик Холла

МК - управляющий микроконтроллер

УС - усилитель сигнала

ИП - источник питания

DC-DC - преобразователь постоянного напряжения

ПН - преобразователь однополярного напряжения в двухполярное

ИМП - источник ответного магнитного поля

На данный момент была изготовлена приёмная магнитная антенна, преобразователь переменного напряжения в постоянное, компенсирующая катушка, собрана установка для создания магнитного поля промышленной частоты, состоящая из лабораторного автотрансформатора, понижающего трансформатора, амперметра, вольтметра и катушки индуктивности.

Вывод

Рассмотренные схемы устройств активной защиты от постоянных магнитных полей и полей промышленной частоты станут основой для создания прототипов устройств активной защиты.

Дальнейшим этапом работы будет создание прототипа устройства и проведение опытов активного экранирования магнитных полей .

Библиографический список

1. Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства [Электронный ресурс] // URL: <http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/56947007-29.240.044-2010.pdf> (дата обращения 10.03.2017 г.)

A SYSTEM OF ACTIVE PROTECTION AGAINST MAGNETIC FIELDS

Chuprina Nikolay Nikolaevich, Student, chuprina.nn@yandex.ru
Korobeynikov Sergey Mironovich, Dr. Sc. (Phys.-Math.), Professor
korobeynikov@corp.nstu.ru

**Novosibirsk State Technical University, Prospekt Karla Marksa, 20,
Novosibirsk, 630073, Russia**

Abstract

The problem of ensuring human safety in the conditions production and non-production effects of electromagnetic fields is actual because of their possibility adverse influence on human health. The use of protection methods focused on passive shielding is not always appropriate. This paper presents functional block diagrams of active protection devices against variable magnetic fields of industrial frequency and constant magnetic fields.

Keywords: magnetic field; ways of protection; active protection; safety; shielding.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

*Шешлянников Альберт Андреевич, студент; Асеев Георгий Евгеньевич,
канд. техн. наук, доцент*

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

Шешлянников А.А., email: sheshlyannikov1995@mail.ru

Асеев Г.Е., email: agebtnstu@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Шешлянников А.А., Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8-983-137-37-71

Аннотация

Железобетонные опоры линий электропередач иногда подвергаются коррозии. Это вызывает экономический ущерб и угрожает безопасности обслуживающего персонала. Для оценки различных методов диагностики железобетонных опор запланирован лабораторный эксперимент с использованием образцов с искусственными дефектами.

Ключевые слова: железобетонная опора; коррозия; защитный слой бетона; дефект; трещина.

Введение

Работы на опорах воздушных линий являются особо сложными по организации безопасных условий труда по следующим причинам: работа связана с подъемом на опоры на большую высоту, рабочие места меняются ежедневно, а иногда и несколько раз в день. В январе 2017 года, при выполнении работ по демонтажу проводов с опоры линии электропередач основание опоры разрушилось, в результате чего электромонтер упал на землю и погиб [1]. Этот и подобные случаи падения опор ВЛЭП с электромонтерами ведущими работы, составляют большую часть несчастных случаев в электроэнергетике.

Методика экспериментального исследования

Запланирован лабораторный эксперимент для оценки различных методов диагностики железобетонных опор. В эксперименте предполагается использовать железобетонные образцы с искусственными дефектами. Расположение и марка арматуры в образцах приняты с учетом чертежей опоры СВ 105-3,6 [2].

В качестве возможных методов диагностики рассматриваются следующие известные методы:

1. Методы поляризационных измерений.
2. Акустический метод.

В эксперименте учтено, что процесс коррозии может ускоряться при образовании трещин в бетоне. Известно, что при определенном размере они могут изменять коррозионный режим арматуры и приводить к возникновению коррозии арматуры, которая до этого находилась в бетоне в пассивном состоянии. Возникновение трещины возможно из-за ошибок транспортировки, разгрузки, монтажа или возникновения эксплуатационных сверхнормативных нагрузок. Еще одним фактором, способствующим ускорению коррозии арматуры, является возможное смещение арматуры в изделии, возникающее при изготовлении. Результатом этого может явиться уменьшение защитного слоя бетона или, даже, выход арматуры на поверхность стойки. Для оценки влияния различных дефектов опор на их поляризационные и акустические характеристики запланировано изготовление партии железобетонных образцов с искусственными дефектами. В качестве дефектов предусмотрены коррозионные повреждения арматуры, уменьшение защитного слоя бетона, наличие трещин в бетоне.

Перечень запланированных дефектов и количество образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Наличие коррозии и трещин		Количество образцов при уровне дефектности, шт			Метод диагностики и наличие трещин
В исходном состоянии	В железобетонном образце	max	1/3 max	без дефектов	
Нет	Есть	4	4	3	Электрохимический; трещин нет;
Есть (коррозия)	Нет	3	3		
Есть (трещины в бетоне)	Нет	3	3		Электрохимический; ультразвуковой; с поперечными трещинами ;

Для искусственного создания коррозионного повреждения арматуры на железобетонный образец надевается металлический хомут. Между хомутом и арматурой образца подключается источник тока, с целью вызвать коррозию арматуры.

Наличие коррозии должно вызвать изменение электрохимического потенциала арматуры и ее поляризационного сопротивления [3]. Отслеживание изменения производится с помощью прибора собранного самостоятельно, принцип действия схож с зарубежным прибором LPRU компании TestConsult, применяется для проверки опор ЛЭП и позволяет определять коррозионную активность стальных элементов опоры в грунте, а также стальной арматуры бетонных фундаментов. Прибор позволяет определять среднюю скорость коррозии в мм/год. Прибор основан на методе линейного поляризационного сопротивления и может использоваться для

контроля коррозионной активности стальных объектов в грунте [5]. Это изменения электрохимических параметров арматуры важно выявить при последующих испытаниях.

Образовавшиеся продукты коррозии должны вызвать возникновение внутренних механических напряжений в образце, а при большем пропущенном заряде и трещин в бетоне.

Для выявления и разделения роли таких факторов, как: наличие продуктов коррозии и наличие внутренних механических напряжений, вызванных образованием продуктов коррозии, изготовлены железобетонные образцы с использованием арматуры, имеющей предварительно созданные коррозионные разрушения.

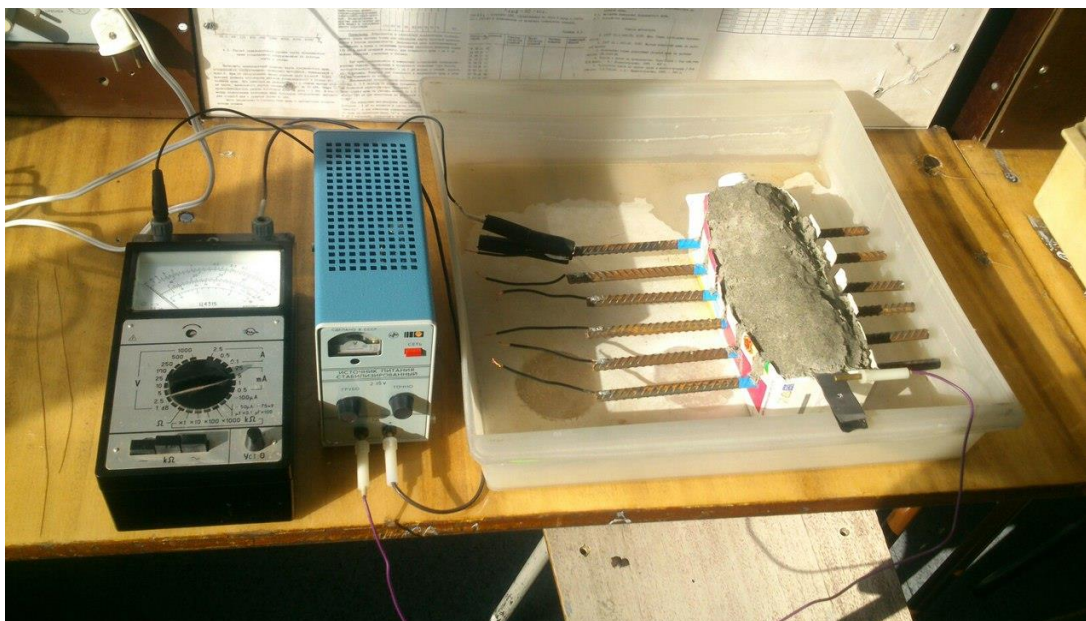


Рис. 1. Подготовка арматуры. Искусственное создание коррозионных разрушений арматуры

Наличие трещин в защитном слое бетона диагностируется с помощью ультразвукового тестера УК1401. Он предназначен для измерения времени и скорости распространения продольных ультразвуковых волн в твердых материалах при поверхностном прозвучивании на фиксированной базе с целью определения прочности и целостности материалов и конструкций.

УЗ тестер представляет собой электронный блок, смонтированный в пластмассовом корпусе, на боковой стороне которого жестко установлены два ультразвуковых преобразователя передающий и приемный.



Рис. 2. УЗ тестер UK1401

В корпус тестера встроены два преобразователя с сухим точечным контактом, что дает уникальную возможность вести контроль без применения контактной жидкости. Кроме того, данные преобразователи износостойкие и не чувствительны к состоянию поверхности, что позволяет избежать длительной и трудоемкой подготовки поверхности для проведения измерений [4].

В случае подтверждения эффективности испытываемых методов диагностики можно будет перейти к их проверке в условиях эксплуатации. Конечной целью работы является предупреждение несчастных случаев из-за падения опор, благодаря своевременному выявлению дефектных опор.

Библиографический список:

- 1) Информационный социально-правовой сайт "ВЕДОМОСТИ Урал". [<http://vedomosti-ural.ru/news/55775/>]
- 2) Сайт производителя железобетон опор "Блок". [http://www.block-gbi.ru/energeticheskoe_stroitelstvo/opori_lep/opora_lep_cv_105-3-6]
- 3) Коррозия и защита металлов/ Н. А. Азаренков, С. В. Литовченко. – Харьков: ХРНУ им. В.Н. Каразина, 2007.
- 4) Сайт производителя акустических контрольных систем "АКС". [http://www.block-gbi.ru/energeticheskoe_stroitelstvo/opori_lep/opora_lep_cv_105-3-6]
- 5) Магазин оборудования для неразрушающего контроля "Панатест" [<http://www.panatest.ru/items?id=100297>]

INCREASE IN SAFETY OF OPERATION OF ELECTRIC EQUIPMENT

Sheshlyannikov Albert Andrevich, Student, sheshlyannikov1995@mail.ru
Aseev Georgiy Evgenevich, Ph.D. (Engineering), Associate Professor
agebtnstu@gmail.com

**Novosibirsk State Technical University, Prospekt Karla Marksa, 20,
Novosibirsk, 630073, Russia**

Abstract

Reinforced concrete poles of power lines are corroded sometimes. This causes economic damage and threatens the safety of service personnel. The laboratory experiment using samples with artificial defects is planned for evaluate the various methods of diagnosing reinforced concrete poles.

Keywords: concrete poles; corrosion; protective layer of concrete; defect; crack.

ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 542.943

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ЗАГРЯЗНЕННЫХ ФЕНОЛОМ. ИССЛЕДОВАНИЯ НА МОДЕЛЬНЫХ РАСТВОРАХ

*Блинова М.И.¹, бакалавр; Александров В.Ю.¹ к.х.н.,
Болтенков В.В.², аспирант.*

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 Сибирского отделения Российской
академии наук, 630090, г. Новосибирск, пр. академика Лаврентьева, 5
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. (913)005-48-19

Аннотация

В работе на модельных растворах исследована эффективность совместного действия сильных окислителей (высоковалентных соединений марганца и хрома) и УФ-излучения в процессе окисления фенола с целью очистки от этого загрязнителя. Выявлены особенности каждого из исследованных реагентов.

Ключевые слова: фенол, продукты жидкофазного окисления, эффективность очистки вод

1. Введение

Значимой проблемой охраны окружающей среды является обезвреживание сточных вод от фенола, который является высокотоксичным соединением, оказывающим крайне неблагоприятное воздействие на все организмы, что определило жесткие значения ПДК, установленные для этого загрязнителя в водах, как хозяйственно-питьевого, так и рыбохозяйственного водопользования - 0,001 мг/л.

Значительное количество фенола сбрасывается в водоемы со сточными водами нефте- и коксохимических, целлюлозно-бумажных, сланцеперерабатывающих, угольных предприятий, процессов получения и переработки фенолов. Несмотря на значительное число отечественных и зарубежных разработок по очистке производственных сточных вод от фенолов, данную проблему нельзя считать решенной [1].

Актуальность работы заключается в решении экологической задачи по очистке сточных вод, загрязненных фенолом, до нормативов отведения на

очистные сооружения промбытовых сточных вод. Реализация результатов позволит снизить платежи за превышение нормативов сброса в водные объекты, либо централизованную канализационную сеть.

Постановка цели и задач

На модельных растворах, с добавками контролируемого количества фенола, выяснить эффективность действия сильных окислителей неорганической природы: перекись водорода, высоковалентные соединения марганца и хрома, при одновременном действии УФ-излучения, в направлении очистки вод от фенола.

Химизм процесса жидкофазного окисления фенола.

Жидкофазное окисление фенола является сложным процессом окислительного превращения ароматического спирта в набор органических соединений, относящихся к различным классам. По мнению большинства специалистов, доминирует каталитическое окисление по радикальному механизму. На первых стадиях процесса окисление не сопровождается разрывом бензольного кольца, а протекает с последовательным образованием *p*- и *o*- гидрохинонов, переходящих в *p*- и *o*- бензохиноны. Последующая окислительная деструкция уже сопровождается разрывом бензольного кольца с образованием кислот: малеиновой; уксусной; щавелевой, которые доокисляются до экологически безопасных продуктов - CO_2 и воды [2]. Схема реакций представлена на рис. 1

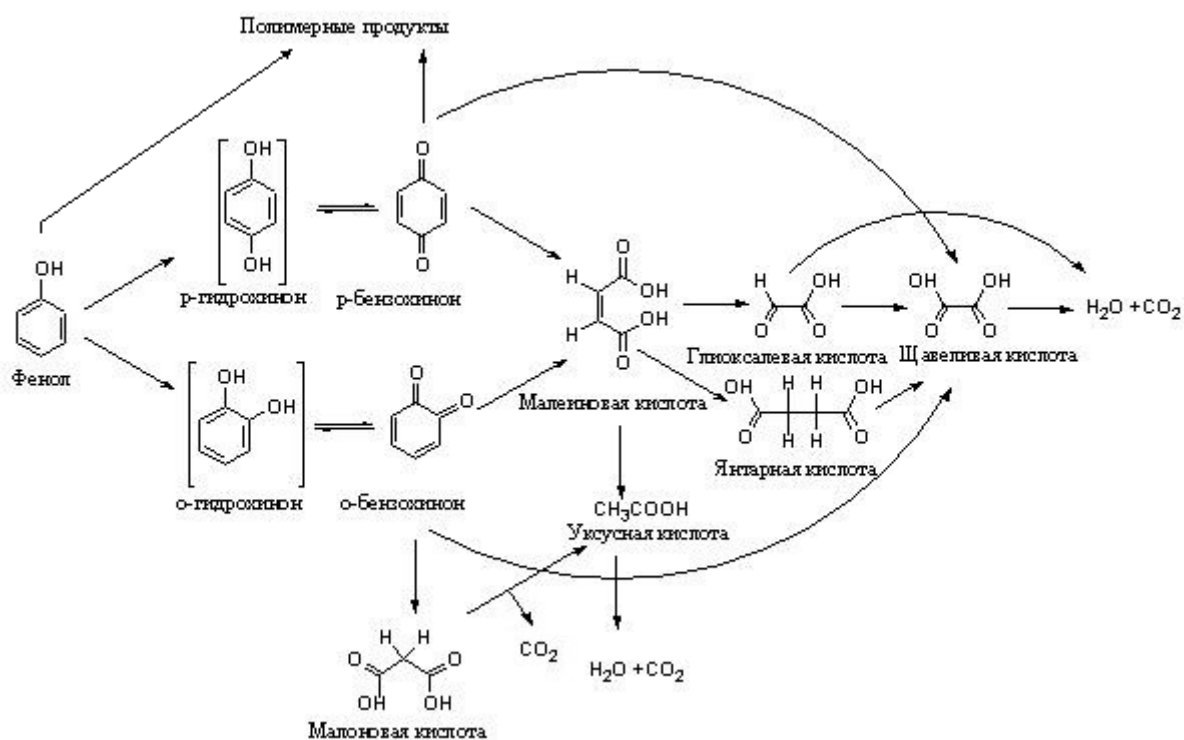


Рис. 1. Схема полного окисления фенола

Названный сложный процесс можно регулировать

а) химическими факторами:

- вариация силы окислителей, каталитическая активация;

б) физическими факторами:

-повышение температуры, давления, УФ-излучение [4].

Перечисленный комплекс воздействий позволяет направлять процесс в сторону образования продуктов полного окисления, что обеспечит эффективную очистку загрязненных фенолом вод.

2. Методика экспериментального исследования

В работе поставлено три эксперимента, в которых проведено сочетанное окислительное воздействие на фенол следующих химических и физических факторов (табл. 1):

Таблица 1 - Факторы окислительного воздействия на фенол в каждом эксперименте

Номер эксперимента	Факторы окислительного воздействия на фенол
№1	H_2O_2 ; MnO_2 ; УФ-излучение
№2	H_2O_2 ; $KMnO_4$; УФ-излучение
№3	H_2O_2 ; H_2CrO_4 ; УФ-излучение

Характеристики реактивов:

Фенол - ГОСТ 23519-93. Фенол синтетический технический

H_2O_2 - медицинский препарат, концентрация 3%;

MnO_2 – ГОСТ 25823-83. Марганца двуокись

$KMnO_4$ – медицинский препарат;

H_2CrO_4 – из хромового ангидрида ГОСТ 2548-77,

Исходный раствор готовили добавлением 0,25 г фенола к 50 мл перекиси водорода.

Во всех экспериментах исходное содержание фенола составляло 53,2 ммоль/л, что в пересчете на органический углерод составляет 4,1 г/л.

Для определения содержания общего и органического $C_{орг}$. Использовали анализатор Multi N/C 2100S (Analytik Jena AG, Германия). Определение содержания общего C проводили по количеству выделившегося CO_2 после термokatалитического окисления пробы в кварцевом реакторе на в токе O_2 (скорость потока 160 мл) при температуре 800°C. В качестве катализатора использована Pt, нанесенная на Al_2O_3 . Определение содержания неорганического C проводили по количеству выделившегося CO_2 после обработки пробы 10% раствором H_3PO_4 . Содержание CO_2 в потоке газ-носителя определяли на не дисперсионном детекторе ИК-излучения. Содержание органического C определяли по разнице количеств общего и неорганического C. Стандартное отклонение при анализе < 5%.

Определение концентрации фенола и продуктов его окисления (р- и о-гидрохиноны) осуществляли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе «Милихром-А02» (Россия), оснащенном УФ-

детектором, колонкой колонка ProntoSIL-C18 2x78 мм, при изократическом элюировании 0,05 М раствором AcNH₄ (ацетат аммония) в воде, при температуре колонки 35°C, регистрируя поглощение на длине волны 210 нм.

3. Результаты и обсуждение

Степень превращения фенола в окисленные формы (X) рассчитывали по формуле:

$$X_i (\%) = (53,2 - C_i) * 100 / 53,2 \quad (1)$$

где:

X_i (%) – Степень превращения фенола в окисленные формы в i – том эксперименте;

C_i (ммоль/л) – концентрация фенол i – том эксперименте

53,2 ммоль/л – исходная концентрация фенола во всех экспериментах;

Долю фенола, перешедшего в неорганическую форму (β), то есть полностью окисленного до CO₂ и H₂O, рассчитывали по формуле:

$$\beta_i (\%) = (4,1 - C_{i \text{ орг.}}) * 100 / 4,1 \quad (2)$$

где:

β_i (%) доля фенола полностью окисленного до CO₂ и H₂O в i – м эксперименте;

4,1 (г/л) – исходное количество общего углерода во всех экспериментах;

C_{i орг.} (г/л) – содержание органического углерода в i – м эксперименте

Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Величины концентраций: органического углерода C_{орг.}; фенола, p- и o- гидрохинонов, после проведения экспериментов. Степень превращения фенола в различные окисленные формы X_i (%) , доли фенола, полностью окисленного до CO₂ и H₂O; β_i (%);

Номер эксперимента	C _{орг.} , г/л	Фенол, ммоль/л	p- гидрохинон ммоль/л	o- гидрохинон, ммоль/л	X _i (%) Степень превращения фенола в различные окисленные формы	β _i (%) – доля фенола полностью окисленного до CO ₂ и H ₂ O
№1	4,5*)	3,38	0,33	4,41	93,6	0
№2	3,1	30,11	1,82	3,28	43,4	24
№3	3,6	27,92	16,57	4,95	47,5	12

*) расхождение экспериментально полученной величины C_{орг.} = 4,5 г/л и рассчитанной, из количества, введенного в раствор фенола 4,1 г/л, вероятно, связано с наличием в перекиси водорода стабилизирующих добавок (например, бензоат натрия), который так же будет

окисляться под действием факторов, приведенных в табл.1. Отмеченное расхождение не влияет на основные результаты работы.

Анализ представленных в табл. 2 данных показывает:

В эксперименте №1, пероксидное окисление фенола происходит при бурном выделении кислорода в ходе каталитического разложения перекиси водорода на диоксиде марганца [3], при дополнительном действии УФ-излучения. При этом, весь фенол превращается в продукты неполного окисления, до полного окисления реакция не доходит.

В эксперименте №2, фенол окисляется комбинированным действием перекиси водорода и калия перманганата, при дополнительном действии УФ-излучения. Помимо неполного окисления до о- и р- бензохинонов, органических кислот (около 43,4% фенола), значительная его доля (24%) полностью окисляется до CO₂ и воды, а гидрохиноны проявляются незначительно.

В эксперименте №3, фенол окисляется комбинированным действием перекиси водорода и хромовой кислоты, при дополнительном действии УФ-излучения. Помимо неполного окисления до о- и р-бензохинонов, органических кислот (47,5% фенола), проявляются п-гидрохинон (16,57%), а так же продукты полного окисления (12%).

Выводы

1. Эффективность превращения фенола в окисленные формы, под совместным действием исследованных окислителей и УФ-излучения, зависит от их химических особенностей. Максимальная конверсия в продукты полного окисления (24%) достигнута при комбинированном воздействии H₂O₂; KMnO₄; УФ-излучения. При действии кислорода, полученного разложением перекиси водорода на оксиде марганца, продукты полного окисления фенола не выявлены. Комбинированное действие H₂O₂; H₂CrO₄; УФ-излучение приводит к образованию продуктов полного окисления на уровне не выше 12%.

2. Во всех экспериментах окисление фенола не останавливается на о- и р- гидроксихинонах, а, в значительной степени, доходит до более окисленных продуктов: о- и р- бензохинонов и органических кислот. Разрушение бензольного кольца, как термодинамически наиболее устойчивого фрагмента молекулы фенола, показывает принципиальную возможность очистки от данного загрязнителя методом пероксидного окисления на высоковалентных соединениях марганца и хрома, которые относятся к наиболее сильным окислителям. Повышение селективности процесса, в направлении полного окисления, требует других подходов, учитывающих все особенности этой сложной физико-химической системы.

Библиографический список:

1. Дашинамжилова Э.Ц., вестник бурятского государственного университета , 3/2012, стр. 58
2. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 41:125–167, 2011 Copyright © Taylor & Francis Group, LLC ISSN: 1064-3389 print / 1547-6537 online DOI: 10.1080/10643380802669018 Environmental Application of Catalytic Processes: Heterogeneous Liquid Phase Oxidation of Phenol With Hydrogen Peroxide Ekaterina v. Rokhina and jurate virkutyte Department of Natural and Environmental Sciences, University of Kuopio, Kuopio, Finland.
3. Большая энциклопедия Нефти и Газа, гл. 19.1.3. - С. 474
4. Успехи в химии и химической технологии, том. XXVI, 2012, №10(139), с. 81.

PHYSICO-CHEMICAL CLEARING OF SEWAGE WATER POLLUTED BY PHENOL. RESEARCH ON MODEL SOLUTIONS

Blinova M.I.¹, bachelor; Alexandrov V.Y.¹, PhD in Chemistry, assistant professor, Boltenkov V.V.², graduate student.

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

² Institute of Catalysis of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISTTM SB RAS), 630090, Novosibirsk, Academician Lavrentyev Ave., 5

Alexandrov Victor Y., PhD in Chemistry, assistant professor,

Email viktoral48@yandex.ru

Address for correspondence: Alexandrov Viktor Yuryevich, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx ave., 20, tel. (913) 005-48-19

Abstract In work on model solutions, the effectiveness of the combined effect of strong oxidants (highly valent manganese and chromium compounds) and UV radiation during the oxidation of phenol was investigated for the purpose of purification from this pollutant. The features of each of the reagents investigated are revealed.

Keywords: phenol, liquid-phase oxidation products, water purification efficiency

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА КАТАЛИЗАТОРА И УСЛОВИЙ
РЕАКЦИИ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КОНДЕНСАЦИИ МЕТАНА ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
НЕВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ**

Васильев Сергей Данилович^{1,2}, магистрант; *Кузнецов Вадим Владимирович*¹, м.н.с.; *Матус Екатерина Владимировна*¹, н.с., к.х.н.;
*Исмагилов Ильяс Зинферович*¹, н.с., к.х.н.

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, тел. 8-905-930-54-45

Васильев С. Д., e-mail gelio8@yandex.ru

Кузнецов В. В., e-mail vadimk@catalysis.ru

Матус Е. В., e-mail matus@catalysis.ru

Исмагилов И. З., e-mail iismagil@catalysis.ru

Адрес для корреспонденции: *Васильев Сергей Данилович*, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск,
пр. Карла Маркса, 20, тел. 8-905-930-54-45

Аннотация

Окислительная конденсация метана (ОКМ) является одним из перспективных процессов для производства этана и этилена из природного и попутного нефтяного газа. В данной работе синтезировались катализаторы ОКМ Na-Mn-W/SiO₂ с катионными и анионными модифицирующими добавками, после чего изучались их каталитическая активность и физико-химические свойства. Активность оптимального катализатора 1.6%Na-2%Mn-3.1%W-2%La/SiO₂ была протестирована далее при больших продолжительностях реакции (достигая конверсии CH₄ 57% с суммарным выходом C₂ продуктов 22% после 25 ч), и были оптимизированы следующие условия реакции: предобработка (O₂ : He = 1 : 2, 700°C, 1 ч), температура (800°C), объемная скорость (117 мл·мин⁻¹·Г_{кат}⁻¹), мольное соотношение O₂ : CH₄ (1 : 2). Кроме этого, было проведено сравнительное исследование модельных образцов оптимального катализатора.

Ключевые слова: окислительная конденсация метана; Na-Mn-W/SiO₂ катализаторы; катионные и анионные модифицирующие добавки; каталитическая активность; физико-химические методы.

1. Введение

Одной из актуальных задач катализа является разработка новых и улучшение существующих окислительных процессов переработки метана [1]. Это должно повысить эффективность использования невозобновляемых

природных ресурсов по трем направлениям: превращение CH_4 в более эффективные топлива, получение более ценных первичных химических продуктов и защита окружающей среды путем минимизации сжигания отходов CH_4 . Окислительная конденсация метана (ОКМ) является перспективным процессом для производства этана и этилена из природного и попутного нефтяного газа [1-4]. Целью данной работы был синтез одного из стандартных катализаторов ОКМ Na-Mn-W/SiO_2 [2-4] модифицированного добавками катионов и анионов, с изучением активности и физико-химических свойств (включая структурные и редокс) полученных образцов. Решались задачи поиска оптимального состава катализатора и тестирования его активности при больших продолжительностях реакции, а также оптимизации ее условий [3,4]: предобработка, температура, объемная скорость смеси и соотношение $\text{O}_2 : \text{CH}_4$ в ней. Кроме этого, было выполнено сравнительное исследование (фазовый состав, активность) моно-, би- и триметаллических модельных образцов [2,3] оптимального катализатора для лучшего понимания роли отдельных металлов (Na, Mn, W, La) и их сочетаний в структурных и каталитических свойствах.

2. Материалы и методы

Катализаторы Na-Mn-W-X/SiO_2 (где X – катионные (La, Ce, Zr) или анионные (Cl, S, P) модифицирующие добавки) получали методом последовательной пропитки по влагоемкости диоксида кремния SiO_2 (Davisil 646, Sigma-Aldrich) водными растворами солей $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (ч.), $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (х.ч.), $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (ч.д.а.) и солей, содержащих ионы-модификаторы с заданными концентрациями [4]. Образцы сушили под ИК-лампой, затем прокаливали в муфельной печи при 850°C в течение 6 ч. Содержание металлов составляло ~ 1.6 мас.% Na, ~ 2.0 мас.% Mn, ~ 3.1 мас.% W и $\sim 0.1 - 5.0$ мас.% X. Общий элементный состав катализаторов анализировали методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП) для Na, и рентгеноспектральным флуоресцентным методом для всех остальных элементов. Текстуальные характеристики определяли методом низкотемпературной адсорбции N_2 . Структурные свойства исследовали методами рентгенофазового анализа (РФА) и просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения (ПЭМВР), с локальным элементным анализом методом энерго-дисперсионной спектроскопии (ЭДС). Редокс свойства изучали методами температурно-программируемого восстановления в H_2 (ТПВ- H_2) и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), также дающей информацию об элементном составе поверхности. Активность катализаторов в реакции ОКМ исследовали в проточном кварцевом реакторе при атмосферном давлении, после предобработки при 700 и 800°C в He и O_2 , температурах реакции $600-930^\circ\text{C}$ и скорости потока исходной газовой смеси 175 мл/мин, с вариацией загрузки катализатора (0.5, 1.0, 1.5 г) и мольного соотношения реагентов $\text{O}_2 : \text{CH}_4$ (0.125, 0.25, 0.375, 0.5, баланс He). Реакционную смесь анализировали на масс-спектрометрическом анализаторе через пробоотборный капилляр, и

путем калибровок по эталонам рассчитывали концентрации компонентов смеси.

3. Результаты и обсуждение

Оптимальный катализатор ОКМ 1.6%Na-2%Mn-3.1%W-2%La/SiO₂ был найден путем модификации стандартного катализатора катионными и анионными добавками и сравнения активностей полученных образцов. В ходе исследования температурных зависимостей конверсии CH₄ и суммарного выхода C₂ продуктов при 800°C (состав реакционной смеси CH₄ : O₂ : He = 4 : 1 : 2, объемная скорость 350 мл·мин⁻¹·Г_{кат}⁻¹) были получены величины 32% и 15%, соответственно [4]. На Рис. 1 показаны результаты тестирования активности этого катализатора при больших продолжительностях реакции.

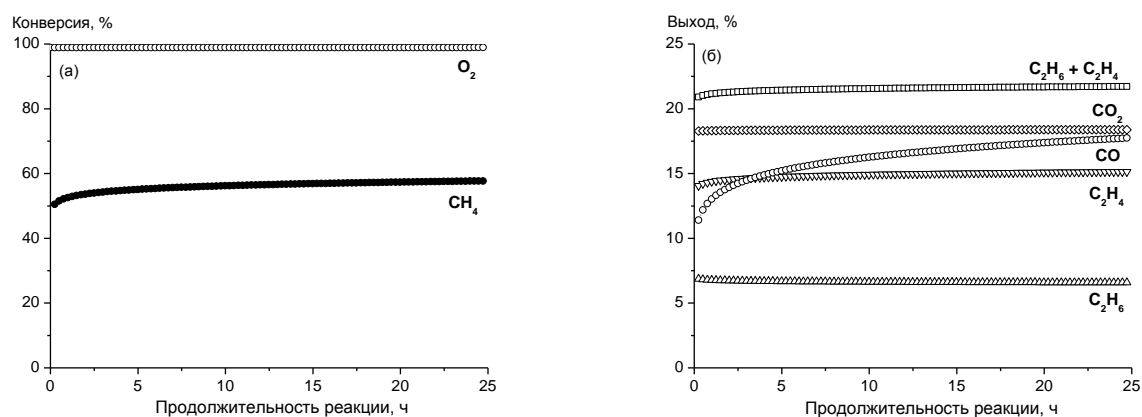


Рис. 1. Активность катализатора 1.6%Na-2%Mn-3.1%W-2%La/SiO₂ в течение 25 ч реакции ОКМ: (а) конверсии реагентов, (б) выходы продуктов. Условия: температура 800°C, состав исходной реакционной смеси CH₄ : O₂ : He = 4 : 2 : 1, объемная скорость 117 мл·мин⁻¹·Г_{кат}⁻¹.

Видно, что в ходе реакции идет увеличение конверсии CH₄ и O₂ (Рис. 1(а)), достигая к 25 ч 57% и 100%, соответственно. Выходы всех продуктов также преимущественно растут: суммарный выход целевых C₂ продуктов достигает 22%, а выходы оксидов углерода – 36%. Эти результаты дают возможность уточнить механизм реакции ОКМ на данном катализаторе, поскольку в образовании двух вышеуказанных типов продуктов участвуют разные активные центры [2,3]. В ходе дальнейших исследований было определено, что использованные условия являются оптимальными для реакции ОКМ, а для предобработки катализатора - выдержка в потоке 175 мл·мин⁻¹ смеси O₂ : He = 1 : 2 при 700°C в течение 1 ч, соответственно. Исследование модельных моно-, би- и триметаллических катализаторов ОКМ показало, что присутствие Na необходимо для формирования структуры и активности катализаторов, в то время как каждый из двух остальных ключевых металлов, Mn и W (так же как и модификатор La), дают их собственные вклады.

4. Выводы

Синтезированы образцы катализатора ОКМ Na-Mn-W/SiO₂ с добавками катионов и анионов. Исследованы их активность, физико-химические свойства, и найден оптимальный состав катализатора, тестированный на длительность реакции, с оптимизацией условий ОКМ и изучением модельных образцов.

Библиографический список:

1. Арутюнов В. С. Окислительная конверсия природного газа. – М.: Красанд, 2011. – 640 с.
2. Mn–Na₂WO₄/SiO₂ as catalyst for the oxidative coupling of methane. What is really known ? / S. Arndt, T. Otremba, U. Simon, M. Yildiz, H. Schubert, R. Schomäcker // Applied Catalysis A: General. – 2012. – V. 425–426. – P. 53–61.
3. Кинетические закономерности процесса окислительной конденсации метана в присутствии модельных катализаторов / В. И. Ломоносов, Ю. А. Гордиенко, М. Ю. Синев // Кинетика и катализ. – 2013. – Т. 54. – № 4. – С. 474–486.
4. Окислительная конденсация метана в присутствии модифицированных MnNaW/SiO₂-катализаторов / И. З. Исмагилов, Е. В. Матус, С. Д. Васильев, В. В. Кузнецов, М. А. Керженцев, З. Р. Исмагилов // Кинетика и катализ. – 2015. – Т. 56. – № 4. – С. 459–469.

OPTIMIZATION OF CATALYST COMPOSITION AND REACTION CONDITIONS FOR OXIDATIVE COUPLING OF METHANE IN ORDER TO INCREASE UTILIZATION EFFICIENCY OF NONRENEWABLE NATURAL RESOURCES

Vasilev Sergei Danilovich^{1,2}, *Master's Degree student*; *Kuznetsov Vadim Vladimirovich*¹, *Junior researcher*; *Matus Ekaterina Vladimirovna*¹, *Scientific associate, Ph.D. (Chemistry)*; *Ismagilov Ilyas Ziniferovich*¹, *Scientific associate, Ph.D. (Chemistry)*

¹ Borekov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, pr. Akademika Lavrentieva, 5

² Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, pr. Karla Marksa, 20, tel. +7-905-930-54-45

Vasilev S. D., e-mail gelio8@yandex.ru, *Kuznetsov V. V.*, e-mail vadimk@catalysis.ru, *Matus E. V.*, e-mail matus@catalysis.ru, *Ismagilov I. Z.*, e-mail iismagil@catalysis.ru

Abstract

Oxidative coupling of methane (OCM) is one of the perspective catalytic processes for the production of ethane and ethylene from natural and associated petroleum gas. In this work, OCM catalysts Na-Mn-W/SiO₂ have been synthesized with cationic and anionic modifying additives, after which their catalytic activity and physicochemical properties have been studied. The activity of optimal catalyst 1.6%Na-2%Mn-3.1%W-2%La/SiO₂ was further tested at longer reaction durations (reaching 57% conversion of CH₄ with 22% summary yield of C₂ products after 25 h), and the following reaction conditions were optimized: pretreatment (O₂ : He = 1 : 2, 700°C, 1 h), temperature (800°C), space velocity (117 ml·min⁻¹·g_{cat}⁻¹), O₂ : CH₄ molar ratio (1 : 2). Besides, the comparative study of model samples of the optimal catalyst was conducted.

Keywords: oxidative coupling of methane; Na-Mn-W/SiO₂ catalysts; cationic and anionic modifying additives; catalytic activity; physicochemical methods.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ БИНАРНО-ОКСИДНЫХ СИСТЕМ В РЕАКЦИЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО НИТРОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

*Габова Наталья Евгеньевна^{1,2}, магистрант;
Коскин Антон Павлович, к.т.н.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, тел. (913)005-48-19

Габова Н.Е., e-mail natal_gabova@mail.ru

Коскин А.П., e-mail koskin@catalisys.ru

Адрес для корреспонденции: Габова Наталья Евгеньевна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(999)465-24-77

Аннотация:

Представленная работа посвящена разработке метода получения нитроароматических соединений с использованием твердых кислотных катализаторов. Данный метод является альтернативой промышленному нитрованию на основе смеси концентрированных кислот. Изучено влияние ключевых параметров процесса нитрования (температура, скорость потока реагентов, концентрация нитрующего агента и т.д.) на конверсию исходного субстрата, степень разложения азотной кислоты и количество образовавшихся оксигенатов. Несколько из наиболее перспективных катализаторов процесса были протестированы в идентичных условиях: $\text{MoO}_x/\text{SiO}_2$; $\text{GaO}_x/\text{SiO}_2$; $\text{SnO}_x/\text{SiO}_2$; WO_x/SiO_2 ; $\text{ZrO}_x/\text{SiO}_2$.

Ключевые слова: Нитрование бензола, твердые кислоты, гетерогенный катализ, зеленая химия

1. Введение

Гетерогенное нитрование ароматических соединений на твердофазных кислотных катализаторах рассматривается, как альтернатива стандартному гомогенно-каталитическому процессу. Актуальность изучения нитрования ароматических соединений обусловлена промышленной значимостью этого процесса (более 5 млн. тонн нитропроизводных в год). Недостатком промышленного метода – нитрование «кислотной смесью» ($\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$) является необходимость регенерации (концентрирования) или утилизации больших количеств серной кислоты, которая дезактивируется в ходе процесса[1-2].

Целью данной работы является исследование стабильности и каталитической активности перспективных бинарно-оксидных систем в идентичных реакционных условиях.

2. Материалы и методы исследования

В ходе данного исследования проведен золь-гель синтез бинарно-оксидных систем: $\text{MoO}_x/\text{SiO}_2$; $\text{GaO}_x/\text{SiO}_2$; $\text{SnO}_x/\text{SiO}_2$; WO_x/SiO_2 ; $\text{ZrO}_x/\text{SiO}_2$. Для исследования каталитической активности использовали бензол (99.9%), азотную кислоту (в виде азеотропного (68 вес. % и 30 вес. % растворов).

Синтезированные каталитические системы исследовались методами ТПД-аммиака, ИК спектроскопии и ЭПР с использованием спиновых зондов, с целью установления концентраций брэнстедовских и льюисовских кислотных центров, а также методами БЭТ, РФС, РФА, МУРР и электронной микроскопией. Каталитическая активность и стабильность образцов тестировалась по отработанной ранее методике [3-4].

Реактор газофазного нитрования ароматических соединений состоял из трех последовательно соединенных секций: 1 – испаритель-смеситель потоков субстрата (140-200 °C), 2 – Термостатируемый (140-220 °C) проточный реактор, 3 – Секция конденсации реакционной смеси (А): газовый поток реакционной смеси барботировали через охлаждаемый раствор NaOH ; (Б) продукты конденсировались в охлаждаемом холодильнике (10 °C) и анализировали газохроматографически.

3. Результаты и обсуждение

В таблице 1 приведена каталитическая активность и физико-химические свойства синтезированных бинарно-оксидных систем. Неожиданным оказалось, что каталитическая активность несущественно зависит от кислотности образцов (по данным ТПД-аммиака, ИК-спектроскопии). Это свидетельствует о том, что в ходе реакции нитрования могут реализовываться помимо стандартного кислотного механизма разложения азотной кислоты (рис.1а) механизм нитрования на акцепторных металлических центрах (рис. 1б).

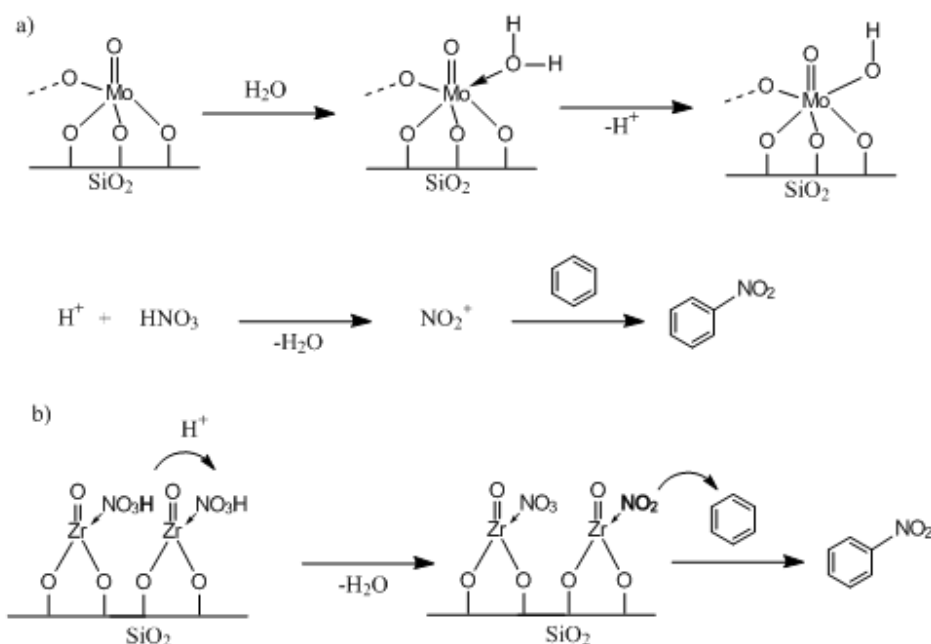


Рис.1. Предполагаемый механизм нитрования бензола на бинарных оксидах (а

– стандартный кислотный механизм, б – на акцепторных центрах)

Таблица 1- Полученные характеристики бинарно-оксидных систем

2вес.% MO _x /SiO ₂	Конверсия бензола в реакции нитрования %	Кислотность по ТПД-NH ₃ , ммоль/г	Дисперсность частиц, по методу МУРР		Площадь поверхности, м ² /г
			D _{max} , нм	R _g , нм	
SiO ₂	2	0.168	-	-	410
ZrO ₂ /SiO ₂	43	0.185	10.4	2.8	404
SnO ₂ /SiO ₂	-	0.399	15.0	3.5	407
Ga ₂ O ₃ /SiO ₂	43	0.252	12.0	3.1	402
MoO ₃ /SiO ₂	37	0.514	38.0	9.7	409
WO ₃ /SiO ₂	47	0.572	32.0	8.0	406

На рисунке 2 приведены кривые суммарные кислотности по ТПД-NH₃.

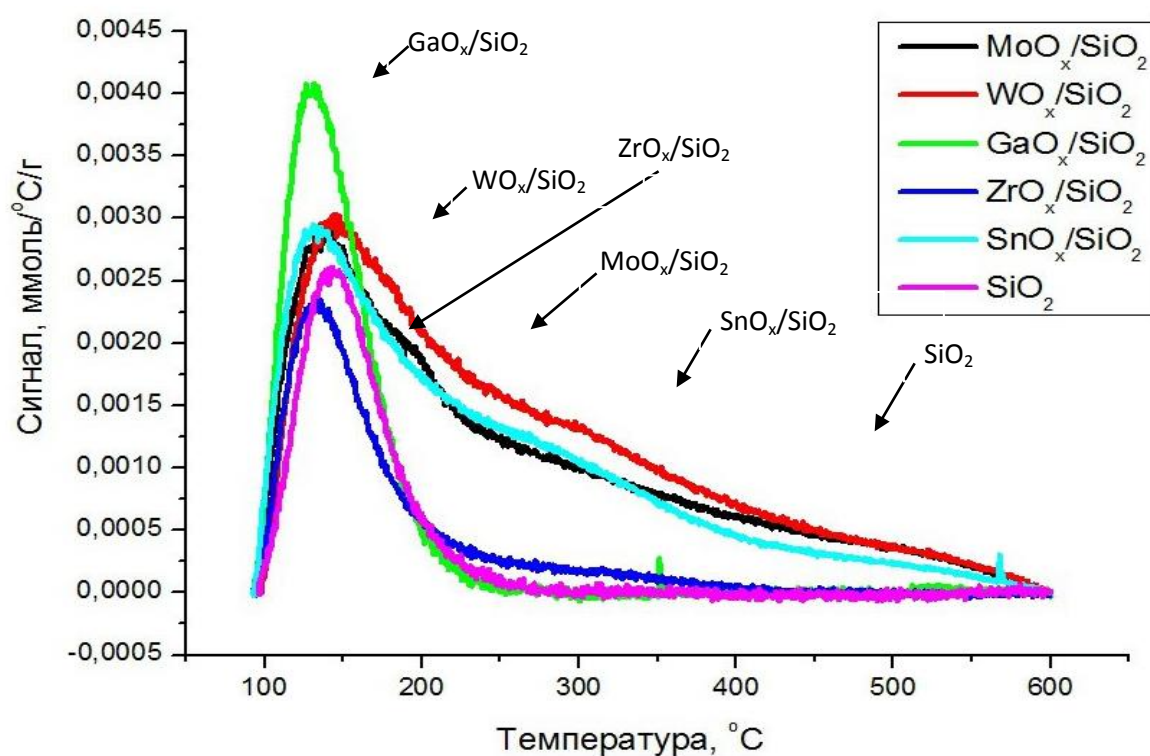


Рис.2. Кривые суммарные кислотности по ТПД-NH₃

Методом электронной микроскопии получили вид структуры катализатора ZrO₂/SiO₂ 2 вес.% (рис. 3).

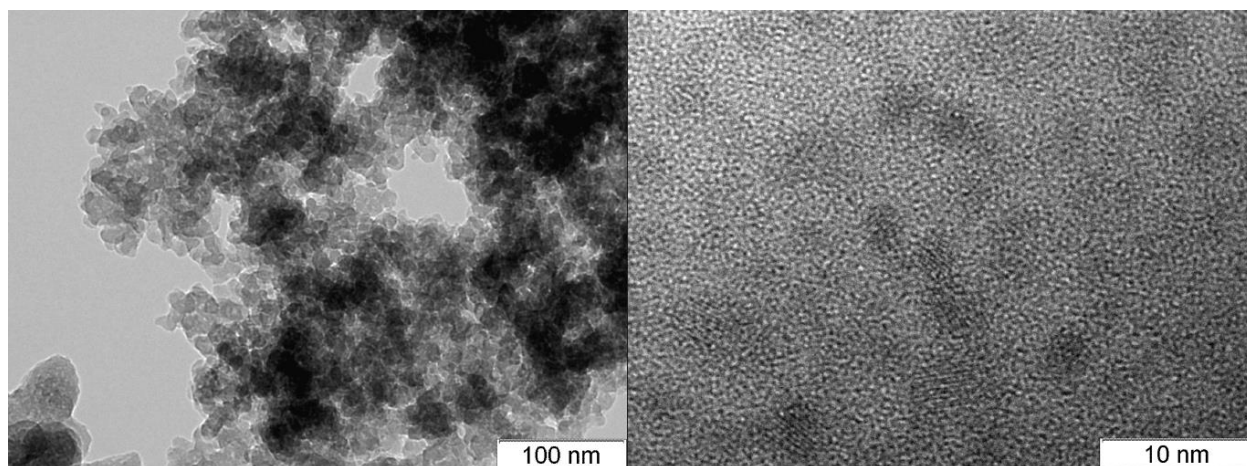


Рис. 3. Структура катализатора ZrO_2/SiO_2 2 вес.% по методу электронной микроскопии

4. Выводы

В ходе работы, синтезированы бинарно-оксидные системы, исследовано их строение (в первую очередь кислотные свойства) и протестирована эффективность в реакции жидкофазного гетерогенного нитрования бензола. Было показано, что ряд каталитической активности образцов выстраивается таким образом: $WO_x/SiO_2 > ZrO_x/SiO_2 \approx GaO_x/SiO_2 > MoO_x/SiO_2 \gg SiO_2$.

Библиографический список:

1. Грейш А.А. Нитрование ароматических углеводородов на гетерогенных катализаторах // Рос. Хим. Ж. – 2004. – Т. 48 – С. 92-104
2. **Bakhvalov O.V.** Mononitration of benzene on solid catalysts without using sulphuric acid // **Chemistry for Sustainable Development.** – 2003. – V.11 – P. **439-449**
3. Koskin A.P., Mishakov I.V., Vedyagin A.A. In Search of Efficient Catalysts and Appropriate Reaction Conditions for Gas Phase Nitration of Benzene // Resource-Efficient Tech. – 2016. – V. 2 – P. 118-125
4. Koskin A.P., Kenzhin R.M., Vedyagin A.A., Mishakov I.V.. Sulphated perfluoropolymer – CNF composite as a gas-phase benzene nitration catalyst. // Cat. Comm. – 2014. – V. 53 – P. 83-86

INVESTIGATION OF CATALYTIC ACTIVITY OF BINARY-OXIDE SYSTEMS IN REACTIONS OF ENVIRONMENTALLY SAFE NITROGEN OF AROMATIC COMPOUNDS

*Gabova Natalia Evgenevna^{1,2}, the student;
Koskin Anton Pavlovich¹, Ph.D.*

¹Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, pr. Lavrentieva, 5

²Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, 20, Prospekt K. Marksa, (999)-465-2477

Gabova N.E., [e-mail natal_gabova@mail.ru](mailto:natal_gabova@mail.ru)
Koskin A.P., [e-mail koskin@catalysis.ru](mailto:koskin@catalysis.ru)

Annotation:

The present paper is dedicated to the development of a method for the production of nitroaromatic compounds using solid acid catalysts, as an alternative to industrial nitration, based on a mixture of concentrated acids. The influence of key parameters of the nitration process (temperature, reagent flow rate, nitrating agent concentration etc.) on the conversion of the initial substrate, the degree of decomposition of nitric acid and the quantity of resulting oxygenates was studied. Several of the most promising process catalysts were tested in identical conditions: MoO_x/SiO₂; GaO_x/SiO₂; SnO_x/SiO₂; WO_x/SiO₂; ZrO_x/SiO₂.

Keywords:

Nitration of benzene, solid acids, heterogeneous catalysis, green chemistry

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ТРУБ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Готфрид Людмила Геннадьевна, магистрант

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

Готфрид Л.Г., e-mail grushakova@inbox.ru

Аннотация

В России система экологической оценки закреплена Федеральным законом «Об охране окружающей среды» и включает в себя проведение оценки намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и экологической экспертизы документации, обосновывающей намечаемую деятельность. Все это необходимо для определения возможных неблагоприятных воздействий, оценки экологических последствий, учета общественного мнения, разработки мер по уменьшению и предотвращению воздействий.

Ключевые слова

Экологическая оценка воздействия; окружающая среда; неблагоприятные последствия; загрязняющие вещества.

1. Введение

Процесс проведения оценки воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, подготовка соответствующих материалов и требования к их составу регламентируются «Положением об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в РФ»[1]. Законодательными требованиями установлено, что оценка воздействия на окружающую среду проводится с участием общественных объединений при разработке всех альтернативных вариантов предпроектной и проектной документации, которая обосновывает планируемую деятельность, оказывающую прямое или косвенное воздействие на окружающую среду, независимо от организационно – правовых форм собственности субъектов хозяйственной и иной деятельности. Целью оценки воздействия на окружающую среду является предотвращение или смягчение данного воздействия, и предотвращение экологических, экономических и социальных последствий.

2.Методика проведения оценки воздействия на окружающую среду

Оценка воздействия на окружающую среду проходит в несколько этапов. Первый этап – уведомление, предварительная оценка и составление технического задания. Второй этап – проведение исследований по оценке воздействия на окружающую среду. Третий этап – подготовка окончательного варианта материалов по оценке воздействия намечаемой деятельности на

окружающую среду.

Во время процесса подготовки оценки важное значение имеет рассмотрение всех возможных альтернатив реализации планируемых решений, это необходимо для возможности выбора наиболее подходящего решения, которое обеспечит предотвращение неблагоприятных последствий. Для этого рассматриваются альтернативные решения по месту размещения объекта, технологии отдельных процессов и/или производства и другие. Были рекомендованы критерии для оценки альтернативных решений:

- виды потенциального воздействия на окружающую среду;
- объем энергопотребления;
- обеспечение выполнения экологических требований;
- объем капитальных и эксплуатационных затрат;
- соответствие местным условиям;
- потребность в дополнительной инфраструктуре.

Степень полноты проведения оценки воздействия на окружающую среду зависит от масштаба и вида намечаемой деятельности и особенностей ее реализации.

При оценке должны быть учтены все возможные источники выделения и выброса загрязняющих веществ в окружающую среду.

3. Результаты и обсуждение

При производстве изделий из пластмасс (в нашем случае из полиэтилена низкого давления) в атмосферу выделяются вредные вещества: пыль и продукты деструкции пластмасс. Основными загрязняющими веществами являются этановая (уксусная) кислота и оксид углерода. Предельно допустимые концентрации и удельные выделения этановой кислоты и углерода оксид согласно представлены ниже в таблицах 1, 2.

Таблица 1- Предельно допустимые концентрации

Наименование вещества	Величина ПДК (мг/м ³)	
	максимально разовая	среднесуточная
Этановая кислота	0,2	0,06
Углерод оксид	0,5	0,3

Таблица 2 - Удельные выделения вредных веществ

Наименование технологической операции	Перерабатываемый материал	Выделяющиеся вредные вещества	Количество, г/кг материала
Экструзия труб	Полиэтилен	Этановая кислота	0,50
		Углерод оксид	0,25

Учитывая то, что в день на данном производстве будет производиться до 4 тонн полиэтиленовых труб видно, что выделения вредных веществ при производстве превышают ПДК, следовательно нужно предпринимать необходимые меры для снижения или предотвращения выделения

4. Выводы

При оценке воздействия на окружающую среду технологической линии по производству труб из полиэтилена низкого давления были выявлены превышения ПДК по двум загрязняющим веществам – этановой кислоте и углерод оксид. Для снижения уровня воздействия на окружающую среду от данного производства рекомендовано осуществить ряд мер, такие как:

- технические мероприятия (установка систем аспирации с пылеочисткой в электрофильтрах или рукавных фильтрах, гидроизоляция экструзионных установок);
- организационные мероприятия (соблюдение правил выполнения работ, организованных отвод стоков)

При условии выполнения всех мер производство не будет оказывать отрицательного воздействия на окружающую среду.

Библиографический список:

1. Положение об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в РФ и утв. Приказом Госкомэкологии России от 16.05.2000
2. Практическое пособие к СП 11-101-95 по разработке раздела «Оценка воздействия на окружающую среду» при обосновании инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений. – М.: ГП «ЦЕНТРИНВЕСТПроект», 1998.
3. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» №7-ФЗ от 10.01.2002.
4. Федеральный закон «Об экологической экспертизе» №174-ФЗ от 30.10.1996.
5. Гигиенический норматив ГН2.1.6.1338-03 от 4.02.2009.
6. Крискунов Е.А., Пасечник В.В., Сидоркин А.П. Экология. – Новосибирск: издательство Дрофа, 1995.

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF THE TECHNOLOGICAL LINE FOR PRODUCTION OF PIPES FROM POLYETHYLENE OF LOW PRESSURE

Gotfrid Ludmila Gennadievna

e-mail grushakova@inbox.ru

Novosibirsk state technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Avenue, 20

Abstract

In Russia the system of environmental assessment envisaged by the Federal law "About environmental protection" and includes the assessment of planned economic and other activities on the environment and environmental assessment documentation supporting the proposed activity. All this is necessary to determine possible adverse impacts, environmental impact assessment, taking account of public opinion, development of measures to reduce and prevent impacts.

Keywords

Environmental impact assessment; environment; adverse effects; contaminants.

ГОД ЭКОЛОГИИ В СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дегунов Алексей Борисович, бакалавр

Александров Виктор Юрьевич, к.х.н., доцент

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

Александров В. Ю., e-mail: viktoral48@yandex.ru

Дегунов А.Б., e-mail: adegun51@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Александров Виктор Юрьевич Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7 913 005 48 19

Аннотация

Авторами проведен анализ распоряжения Правительства РФ от 2 июня 2016 г. № 1082-р «Об утверждении плана основных мероприятий по проведению в 2017 году в РФ Года экологии», в котором отражены экологические проблемы и инициативы отдельных субъектов РФ по решению этих проблем, в частности и Новосибирская область.

Ключевые слова

Экология, год экологии, правительство РФ, отходы, лес, вода, окружающая среда, экологическое просвещение, Арктика, Байкал, перспективы.

Введение

В последние годы органы государственной власти России активизировали деятельность в сфере охраны окружающей среды. В правовом поле проводится глубокое реформирование природоохранного законодательства принятием Федерального закона от 21 июля 2014 г. N 219-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями) (далее №219-ФЗ) [1]. Основой нового правового поля является категоризация предприятий по степени негативного воздействия на окружающую среду с внедрением наилучших доступных технологий на наиболее опасных производствах. Другим знаковым событием явилось объявление 2017 года Годом экологии России [2] и утверждение плана мероприятий по его проведению [3] (далее план).

В плане выделены восемь основных направлений: **I. Отходы;** **II. Нормирование воздействия на окружающую среду и переход на наилучшие доступные технологии;** **III. Вода;** **IV. Лес;** **V. Байкальская природная территория;** **VI. Арктика и климат;** **VII. Особо охраняемые природные территории и животный мир;** **VIII. Экологическое просвещение.** Всего программой предусмотрены 234 мероприятия, из которых в 179 названы

субъекты федерации, на территориях которых будут реализованы конкретные природоохранные решения. Остальные мероприятия запланированы на общегосударственном уровне исполнителем являются Минприроды России с участием ряда федеральных ведомств.

Анализ участия субъектов Федерации в плане мероприятий.

В план включены 52 субъекта Федерации из 85, определенных ст. 65 Конституции Российской Федерации (64%). В Таблице 1 отражено участие конкретных субъектов Федерации в основных направлениях плана мероприятий.

Таблица 1.

Участие субъектов Федерации в основных направлениях плана мероприятий
Года экологии России.

№	Субъект Федерации	Направления плана								Σ
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
		Отходы	НДТ	Вода	Лес	Байкал	Арктика, Клим.	ООПТ	Экопросвещение	
1	Республика Бурятия	-	-	-	-	19	-	-	1	20
2	Челябинская область	1	9	3	-	-	-	1	-	14
3	Иркутская область	-	-	-	1	12	-	-	1	14
4	Красноярский край	-	9	-	-	-	-	-	-	9
5	Московская обл. и г. Москва*	4	1	1	-	-	1	1	1	9
6	Свердловская область	1	3	2	-	-	-	-	-	6
7	Республика Саха (Якутия)	1	1	1	-	-	1	2	-	6
8	Ростовская область	-	-	7	-	-	-	-	-	7
9	Кемеровская область	1	2	2	-	-	-	-	-	5

№	Субъект Федерации	Направления плана								Σ
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
		Отходы	НДТ	Вода	Лес	Байкал	Арктика, Клим.	ООПТ	Экопросвещение	
10	Мурманская область	2	-	-	-	-	-	2	1	5
11	Нижегородская область	1	2	1	-	-	-	-	1	5
12	Вологодская область	-	2	2	-	-	-	-	-	4
13	Республика Татарстан	2	-	1	-	-	-	-	-	3
14	Липецкая область	1	1	-	1	-	-	-	-	3
15	Омская область	1	2	-	-	-	-	-	-	3
16	Республика Чувашия	2	-	1	-	-	-	-	-	3
17	Карачево-Черкесская республика	3	-	-	-	-	-	-	-	3
18	Ленинградская область, г. С-П*	1	-	-	-	-	-	1	1	3
19	Забайкальский край	-	3	-	-	-	-	1	-	4
20	Республика Крым	1	-	-	-	-	1	-	1	3
21	Брянская область	2	-	-	-	-	-	-	-	2
22	Тульская область	2	-	-	-	-	-	-	-	2
23	Республика Ингушетия	2	-	-	-	-	-	-	-	2
24	Республика Удмуртия	2	-	-	-	-	-	-	-	2
25	Тюменская область	1	1	-	-	-	-	-	-	2
26	Республика Калмыкия	-	-	2	-	-	-	-	-	2

27	Республика Башкирия	-	-	2	-	-	-	-	-	2
28	Ханты-Мансийский авт. округ	-	-	1	-	-	1	-	-	2
29	Томская область	1	-	-	-	-	-	1	-	2
30	Ульяновская область	1	-	-	-	-	-	1	-	2
31	Республика Карелия	-	-	1	-	-	-	1	-	2
31	Архангельская область	-	-	-	-	-	1	1	-	2
33	Курская область	1	-	-	-	-	-	-	-	1
34	Республика Кабардино-Балкария	1	-	-	-	-	-	-	-	1
35	Алтайский край	1	-	-	-	-	-	-	-	1
36	Кировская область	1	-	-	-	-	-	-	-	1
37	Саратовская область	1	-	-	-	-	-	-	-	1
38	Новгородская область	1	-	-	-	-	-	-	-	1
39	Псковская область	1	-	-	-	-	-	-	-	1
40	Волгоградская область	1	-	-	-	-	-	-	-	1
41	Белгородская область	1	-	-	-	-	-	-	-	1
42	Сахалинская область	1	-	-	-	-	-	-	-	1
43	Республика Коми	-	1	-	-	-	-	-	-	1
44	Оренбургская область	-	1	-	-	-	-	-	-	1
45	Астраханская область	-	-	1	-	-	-	-	-	1

46	Ярославская область	-	-	1	-	-	-	-	-	1
47	Республика Чечня	-	-	1	-	-	-	-	-	1
48	Ямало-Ненецкий авт. округ	-	-	1	-	-	-	-	-	1
49	Амурская область	-	1	-	-	-	-	-	-	1
50	Ставропольский край	-	-	-	-	-	-	1	-	1
51	Новосибирская область	-	-	-	-	-	-	1	-	1
52	Приморский край	-	-	-	-	-	-	1	-	1
ИТОГО		43	45	31	2	31	5	15	7	179

Анализ количественных показателей показывает неоднородное распределение участников по разным направлениям. С одной стороны это связано со спецификой направлений и возможностью участия отдельных субъектов Федерации в некоторых из них. Например, **направление - V. Байкальская природная территория (№№156-188 по плану)**, притягивает ближайших соседей – Республику Бурятию и Иркутскую область. При этом, проекты охватывают широкий круг разнообразных мероприятий, в том числе:

- ликвидация негативных экологических последствий деятельности предприятий со времен СССР в зоне Байкала – демеркуризация цеха ртутного электролиза (№156 в плане); ликвидация последствий добычи угля (№157), вольфрама и молибдена (№158), разливов нефтепродуктов (№159)

- реконструкция и ввод в эксплуатацию очистных сооружений (№№ 163; 164; 174-177; 179)

- разработка документации и строительство полигонов твердых коммунальных отходов (№№165-170; 172;173; 181-183)

- сохранение рыбных запасов (№№160-162)

- охрана лесов (№№185; 186)

- экологическое просвещение (№№184; 187)

Названные субъекты Федерации лидируют в плане мероприятий по общему количеству проектов, которые разработчиками плана объединены в направление **V. Байкальская природная территория**. Это свидетельствует о высоком месте экологических проблем Байкала в природоохранной политике страны.

Другим лидирующим направлением является **II. Нормирование воздействия на окружающую среду и переход на наилучшие доступные технологии(№№ 54-109 по плану)**. Согласно требованиям, установленным

№219-ФЗ к наиболее экологически опасным предприятиям 1-й категории, их производство должно быть перестроено на основе наилучших доступных технологии, справочник которых уже издается, по установленному графику. При этом, источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух должны оснащаться автоматическими приборами контроля с выводом информации, в реальном масштабе времени, в природоохранные органы. В этом направлении заявлено 15 субъектов Федерации. Лидером по числу мероприятий являются Челябинская область и Красноярский край (по 9 мероприятий из 45 в плане), на территории которых действуют большое количество объектов 1-й категории. В первую очередь, программа улучшения технологий направлена на наиболее экологически опасные отрасли:

- коксохимия (№№59; 64; 66)
- металлургия (№№ 62; 88; 89)
- энергетики (№№ 101-106)

Другим лидером по количеству мероприятий является **направление I. Отходы (№№ 1-54 по плану)**, в котором заявлено наибольшее число участников. Исторически, переходящая от СССР, проблема обращения с отходами не нашла решения и в России. Особое место в плане занимают твердые коммунальные отходы (ТКО), захоронение которых производилась на полигонах без проведения государственной экологической экспертизы. Высокий уровень загрязнения объектов окружающей среды послужил причиной закрытия и рекультивации этих полигонов. Из 43 проектов направления, 15 (35%) направлены на рекультивацию выведенных из эксплуатации полигонов, в том числе, 3 объекта в Московской области (№№ 2-4). Одновременно, в Московской области предусмотрено строительство четырех новых заводов по термической переработке ТКО (№5). Реализация программы позволит значительно улучшить экологическую обстановку в столичном мегаполисе мирового уровня.

Строительство новых полигонов ТКО, в том числе с мусоросортировочными комплексами, запланировано в 21 проектах различных субъектов Федерации. Отдельно следует отметить проекты, направленные на обезвреживание опасных отходов 1-3-го классов опасности: ядохимикаты – 2 проекта; ртутьсодержащие – 2 проекта; комплексы по утилизации опасных отходов – 2 проекта.

Охрана поверхностных вод – **направление III. Вода (№№110 – 146 по плану)** представлена в 31 проекте. Большая часть проектов связана со строительством, реконструкцией очистных сооружений хозяйственных сточных вод -12 проектов (39%); очистка промышленных сточных вод – 7 проектов. Экологическая реабилитация различных водных объектов представлена в 6 проектах, мониторинг вод – 2 проекта. Лидер направления – Ростовская область – представлена в 7 проектах. Необходимо отметить, что некоторые из этих проектов включают текущие мероприятия по обслуживанию и эксплуатации очистных сооружений и вряд ли могут выходить на государственный уровень. Например: №145 – проведение метрологической

поверки и техобслуживания приборов береговых насосных станций; №№ 142 и 143 реконструкция циркуляционных насосов береговых насосных станций.

Направление IV. Лес (№№ 147-155 по плану), в основном, представлено Всероссийскими мероприятиями: кампания «Береги лес» - №154; акция «Аллея России» - №153, Лесовосстановление на территории РФ (не менее 800 тыс. га) - №147. Трудно понять почему не нашел поддержку других субъектов РФ проект Липецкой области - №151 – Комплексная переработка низкокачественной древесины и древесных отходов – что актуально и в других субъектах.

Направление VII. Особо охраняемые природные территории и животный мир(№№200 – 220 по плану) представлено Всероссийскими мероприятиями: №202 – подготовка и издание «Красной книги»; №211 - проведение слета питомников редких птиц. Из региональных планов на территориях субъектов РФ- №201 – создание 11 новых ООПТ федерального значения; №203 – создание новых питомников леопарда и амурского тигра.

Направление VIII. Экологическое просвещение (№№ 221-234 по плану) представлено Всероссийскими мероприятиями, создание тематических фильмов, экологических уроков, циклов статей, подготовка международного экологического конгресса. Целевые акции проводят четыре субъекта Федерации: республика Крым № 229 – экологическая смена в лагере «Артек»; Красноярский край- № 234 – Экологический форум; Республика Бурятия, Иркутская область - №184 – Закладка Большой Байкальской тропы; №187 – проведение дня Байкала

ВЫВОДЫ

1. Год экологии сконцентрировал действия органов государственной власти различных уровней и субъектов хозяйственной деятельности на решение основных экологических проблем Страны и субъектов Федерации.

2. План мероприятий Года экологии выявил наличие наиболее значимых экологических проблем в конкретных субъектах Федерации и инициативы по выполнению №219-ФЗ.

3. Неучастие некоторых субъектов Федерации показывает недостаточную активность органов исполнительной власти в решении местных экологических проблем.

Библиографический список:

1. Федеральный закон от 21 июля 2014 г. N 219-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями) (далее №219-ФЗ).

2. Указ Президента Российской Федерации от 05.01.2016 г. № 7 «О проведении в Российской Федерации Года экологии»

3. Распоряжение Правительства РФ от 02.06.2016 №1082-р «Об утверждении плана основных мероприятий по проведению в 2017 году Года экологии»

YEAR ECOLOGY IN SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Degunov A. B., Bachelor student, e-mail: adegun51@gmail.com

Aleksandrov V.Y., Ph.D. (Chemical), e-mail: viktoral48@yandex.ru

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

Abstract

This material provides an analysis of the Russian government's order No. 1082-r of June 2, 2016 "On the approval of the plan for the main activities for the Year of the Ecology in 2017 in the Russian Federation," which reflects the environmental problems and initiatives of individual subjects of the Russian Federation to address these problems, In particular the Novosibirsk Region.

Keywords:

Ecology, the year of ecology, the government of the Russian Federation, waste, forest, water, environment, ecology education, the Arctic, Baikal, prospects.

РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЁТА АВИАЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ В ЗОНЕ АЭРОПОРТА

*Игнатов Александр Сергеевич*¹ студент;
Кортаева Татьяна Александровна^{1,2}, д.ф.-м.н, с.н.с., профессор;
*Турчинович Анна Олеговна*¹, к.т.н., доцент

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

Игнатов А.С., e-mail allex-ign@yandex.ru

Турчинович А.О., e-mail golubevaa@ngs.ru

Кортаева Т.А., e-mail korta@itam.nsc.ru

Адрес для корреспонденции: Игнатов Александр Сергеевич, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск,
пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)749-19-70

Аннотация

В работе рассматриваются методы определения уровня концентраций загрязняющих веществ, полученных от воздушных судов в процессе эксплуатации, проводится критический анализ их применимости, обосновывается необходимости их усовершенствования. Предложен подход, который позволит учесть влияния на характер распространения загрязнения термической стратификации атмосферы, от которой зависит коэффициент турбулентной диффузии. Использование зависимостей коэффициентов турбулентной диффузии от ряда факторов позволит повысить достоверность расчетов по определению уровня загрязнения.

Ключевые слова

Воздушные суда; рассеивание авиационных выбросов в атмосфере;
коэффициент диффузии.

1. Введение

Ежегодно увеличивается антропогенное воздействие на окружающую среду, в частности, на атмосферу. Результаты деятельности человека необратимо ведут к серьёзным последствиям, таким как выпадение кислотных осадков, разрушение озонового слоя, уменьшение биологического разнообразия флоры и фауны, глобальное потепление и многое другое. Так, в период с 1980 по 2001г. содержание углекислого газа в центральной части Евразии выросло более чем на 23% [1].

Сложившаяся экологическая ситуация послужила поводом для мирового сообщества обратить внимание на проблему техногенного загрязнения воздуха как на одну из наиболее важных проблем экологии 20-21 века.

Сегодня, с увеличением авиационных перевозок и всей авиационной индустрии в целом, возросло влияние неблагоприятных факторов от аэропортов: шумовое загрязнение, вибрация, электромагнитное излучение, газы, выбрасываемые в атмосферу. Выхлопы авиационных двигателей, один из наиболее вредных факторов, поскольку наносят существенный вред здоровью людей, вызывая заболевания и сокращая продолжительность жизни. Поэтому на уровне гражданской авиации проблеме загрязнения атмосферы, в особенности пограничного слоя, уделяется особое внимание.

На данном этапе возникает проблема, в связи с эмпирическими и полуэмпирическими методами оценки уровня загрязнения от работающих двигателей воздушного судна (ВС). Это связано со сложностью рассматриваемого процесса – в ходе решения задачи нужно учитывать большое количество разных факторов: погодные условия, особенности используемых двигателей и топлива, расположение взлётно-посадочной полосы (ВПП), этапы движения ВС, характер смешивания газа с атмосферным воздухом и многое другое. Существует ряд методик для расчёта концентраций вредных газов, но, как правило, в них используются приближённые методы оценки, что не может гарантировать точные результаты вычислений.

2. Обзор существующих методик

В настоящее время существует несколько методик для расчёта концентраций загрязняющих веществ в атмосфере. Методы [2, 3, 4] основываются на полуэмпирических формулах. Подобный подход лишает возможности учёта таких важных параметров как: экранный эффект взлётно-посадочной полосы, характер перемешивания струй с атмосферой, скорость истечения струи, компоновку двигателей, движение ВС относительно ВПП, состояние атмосферы и т.д. Существуют методики на основе численного моделирования, которые позволяют устранить ряд отмеченных недостатков [5, 6]. В частности в работе [5] описана методика расчета уровня загрязнения, полученного от химически неактивных продуктов сгорания авиатоплива, распространяющихся за счет механизмов диффузии и переноса воздушными массами.

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + u_1 \frac{\partial \varphi}{\partial x} + u_2 \frac{\partial \varphi}{\partial y} + k_x \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = f(t, v, x, y), \quad (1)$$

где $\varphi(x, y, t)$ – объемная концентрация примеси ($\text{мг}/\text{м}^3$), $u_1(x, t)$, $u_2(x, t)$ – скорость движения воздуха в горизонтальном и вертикальном направлениях соответственно ($\text{м}/\text{с}$), $f(t, v, x, y)$ – функция, задающая источник загрязнения, t – время (с), v – скорость движения самолета ($\text{м}/\text{с}$), k_x, k_y – соответственно горизонтальный и вертикальный коэффициент диффузии.

В данном подходе принимается скорость и направление ветра в виде постоянной величины. Данные параметры считаются постоянными на протяжении рассматриваемого интервала времени, что не соответствует реальности. При увеличении высоты над уровнем взлётно-посадочной полосы

изменяется скорость ветра, следовательно изменяется множитель, отвечающий за учёт скорости ветра [7]. Учёт коэффициентов турбулентной диффузии в качестве постоянных даёт не самую достоверную картину и заведомо снижает точность метода. Для повышения достоверности результатов, получаемых с помощью данного подхода, нужно определить зависимости изменения состояния атмосферы и внедрить их в методику.

3. Методика расчета

Определение коэффициентов диффузии – очень сложная задача, так как интенсивность движения в пограничном слое атмосферы определяется рядом факторов, которые ориентировочно можно разделить на динамические, термические и орографические.

На данный момент существует ряд методов для вычисления коэффициентов турбулентности в приземном слое атмосферы, основанных на разных принципах. Наиболее простым для оперативного использования является метод, основанный на полуэмпирической теории турбулентности и использующий только данные о вертикальном распределении метеоэлементов в приземном слое атмосферы. Такой подход позволяет оценить как термические, так и динамические факторы, влияющие на значения коэффициентов [7].

Согласно этому методу при термически равновесном состоянии, применяется полуэмпирическая теория Л. Прандтля, согласно которой коэффициент турбулентности в приземном слое атмосферы может быть выражен в виде:

$$k_p = \chi^2 \frac{v_2 - v_1}{\ln \frac{z_2}{z_1}} z, \quad (2)$$

где v_2 и v_1 – скорости ветра, z_1 , z_2 – высоты, на которых измерялись скорости, z – уровень приземного слоя, для которого вычисляется коэффициент турбулентности, χ – аэродинамическая постоянная Кармана ($\chi=0,38$).

Естественные поверхности являются шероховатыми, следовательно, средняя скорость потока обращается в нуль на некотором расстоянии от поверхности (z_0), – уровень шероховатости. В таком случае (2) преобразуется:

$$k_p = \chi^2 \frac{v}{\ln \frac{z}{z_0}} z, \quad (3)$$

v – скорость ветра на уровне z .

Внедрение данной зависимости позволит оценить более достоверно уровень загрязнения на таких этапах взлётно-посадочного цикла как взлёт, набор высоты, заход на посадку, посадка.

4.Выводы

Был произведён анализ существующих методов оценки загрязнения атмосферного воздуха выхлопными газами двигателей воздушных судов в зоне аэропорта. Исследования показали, что используемые методики имеют ряд недостатков, что может дать большие погрешности при расчете уровня загрязнения.

Предлагается в методике, основанной на численном моделировании движущегося источника загрязнения [5], более точно учитывать параметры атмосферы.

Библиографический список:

1. Галюжин С. Д., Галюжин А. С., Лобикова О. М. Проблемы изменения климата[Текст]/ С.Д. Галюжин, А.С. Галюжин, О.М.Лобикова// Вестник Белорусско-Российского университета.-2010.-№2.-С.161-170.
2. Методика расчёта выбросов загрязняющих веществ двигателями воздушных судов гражданской авиации [Текст]/ФГУП ГосНИИ ГА, ЗАО ЦЭБ ГА.- Москва, 2007. – 21с.
3. ОНД-86. Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий [Текст] / Госкомгидромет СССР. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. – 93с.
4. Методика контроля загрязнения атмосферного воздуха в окрестностях аэропорта. Минтранс России ГосНИИ ГА. – Москва, 1992. – 39с.
5. Турчинович А. О. Численный расчёт рассеивания загрязняющих веществ от эксплуатации самолётов на прилегающих к аэропортам и аэродромам территориях / А. О. Голубева [А. О. Турчинович], В. В. Ларичкин, Т. А. Коротаева // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. - 2014. - №1(22). - С. 52-61. - Аннот. и список лит.на иностр. яз. С. 59-61.
6. Картышев А.О., Медведев В.В. Анализ состояния методического обеспечения по расчету выбросов загрязняющих веществ двигателями воздушных судов[Текст] / О.А. Картышев, В.В. Медведев//Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации.-2007.- №127.-С.113-124.
7. Гальперин, Б.М. Турбулентный тепло- и влаго- обмен поверхности суши и водоемов с атмосферой: Учебное пособие / Б.М. Гальперин. - Л.: ЛГМИ, 1970. — 101с.

DEVELOPMENT OF THE TECHNIC OF CALCULATION OF AVIATION EMISSIONS IN THE AREA OF THE AIRPORT

Ignatov Alexander Sergeevich¹, student, e-mail allex-ign@yandex.ru
Korotaeva Tatiana Alexandrovna, Doctor of Science (Phys.&Math), associate professor, senior researcher, professor, e-mail korta@itam.nsc.ru
Turchinovich Anna Olegovna Ph.D. (Engineering), associate professor, e-mail golubevaa@ngs.ru

¹Novosibirsk state technical university, 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia tel. (913)751-84-14

²Siberian Branch of Russian Academy of Science Khristianovich institute of Theoretical and Applied Mechanics, 4/1, Institutskaya St., Novosibirsk, 630090, Russia

Abstract

Methods of determination of level of concentration of the pollutants received from aircrafts in use are considered in work. The critical analysis of applicability of methods is carried out. It is proved need of improvement of methods. Approach which will allow to consider influences on the nature of distribution of pollution of thermal stratification of the atmosphere on which the coefficient of turbulent diffusion depends is offered. Use of dependences of coefficients of turbulent diffusion on a number of factors will allow to increase reliability of calculations for determination of level of pollution.

Keywords

Aircraft; dispersion of air emissions in the atmosphere; diffusion coefficient.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИУРЕТАНОВ И МОДИФИКАТОРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

¹ *Кадимова Анна Владимировна, аспирант,*

¹ *Федосихина Любовь Олеговна, магистрант,*

^{1,2} *Горбунов Фёдор Константинович, канд. техн. наук,*

^{1,2} *Полубояров Владимир Александрович, д-р хим. наук*

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

² Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Россия,
630128, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18
e-mail: f.gorbunov@corp.nstu.ru

Аннотация

В настоящем исследовании проводилось сравнение свойств полимерных композитов на основе литьевого полиуретана и керамических наночастиц корунда и карбида кремния, полученных разными методами. Также был расширен диапазон модифицирования (0,001; 0,0015; 0,005; 0,01; 0,05; 0,1 масс. %) установлена и проверена в промежуточных диапазонах зависимость изменения физико-механических свойств полимерных композитов от дисперсности и концентрации.

Ключевые слова: полиуретан, полимер, модифицирование, нанодисперсные частицы, размер зерна, синтез.

Введение

Полиуретаны (ПУ) охватывают обширный класс полимеров, иногда сильно отличающихся химической природой, строением цепи и свойствами, но неизменно содержащих уретановые группы $-NHCOO-$. На сегодняшний день полиуретаны являются современным конструкционным материалом, который благодаря своим особым эксплуатационным свойствам широко используется в качестве замены резины различных марок, каучуков, металла, пластика во многих отраслях промышленности. Благодаря исключительным прочностным свойствам полиуретаны применяются везде, где от материала требуется стойкость к истиранию, повышенная прочность и эластичность, высокое сопротивление к раздиру, сочетание пластичности с твердостью. Наиболее широкое применение в промышленности получили литьевые полиуретановые эластомеры горячего отверждения благодаря тому, что они являются более легкими, по сравнению с полиуретанами холодного отверждения. Однако применение полиуретанов горячего расплава ограничено вследствие более низкой механической прочности. Поэтому повышение данного показателя полиуретанов является весьма актуальной задачей, которая

осуществляется за счет его модификации.

Ранее в статье [1] было показана зависимость изменения физико-механических характеристик от размеров зерен кристаллизации полимеров, которая описывается законом Холла-Петча. При этом в работе [1] варьирование размеров зерен полимера достигается введением малых добавок веществ, частицы которых являются зародышами кристаллизации полимера.

В настоящей работе проведено исследование композиционных материалов (КМ), на основе ПУ, модифицированных керамическими наночастицами (корунд, карбид кремния), полученными разными методами (механохимической обработкой, газодинамический метод).

Экспериментальная часть

Получение ультрадисперсных порошков

Ультрадисперсные частицы корунда ($d=60\text{нм}$) получали механохимической обработкой (МО) исходных порошков с использованием центробежно-планетарной мельницы АГО-2.

Частицы карбида кремния были получены газодинамическим методом на основе моносилана кремния.

Получение полиуретановых композиционных материалов

Методом полимеризации литьевой полиуретан получали на основе преполимера СКУ ПФЛ-100 и отвердителя УРЕЛИНК-107.

Технологическая схема синтеза композиционных материалов на основе ПУ представлена на рисунке 1.

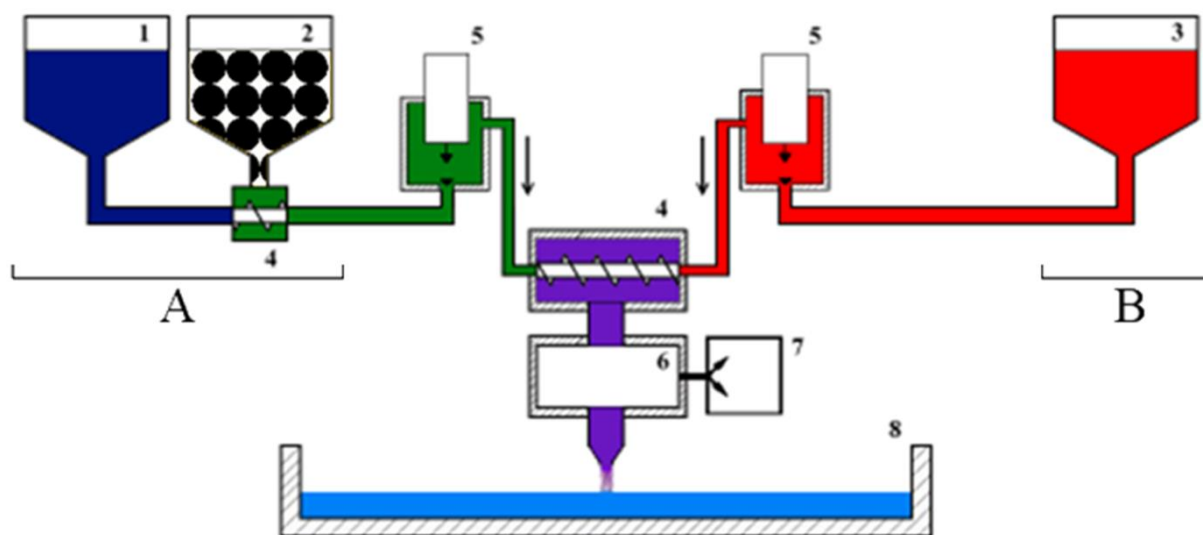


Рис. 1. Технологическая схема синтеза КМ на основе ПУ:

- 1 – преполимер уретановый СКУ ПФЛ-100;*
- 2 – наполнитель (корунд, карбид кремния);*
- 3 – отвердитель Урелинк-107;*
- 4 – смесительная камера;*
- 5 – дозатор;*
- 6 – вакуум камера;*
- 7 – вакуумный насос;*
- 8 – литьевая форма.*

Исходные компоненты А (СКУ ПФЛ-100) и Б (УРЕЛИНК-107), разогретые до рабочей температуры (60°С и 25°С соответственно), смешивают в определенном соотношении до гомогенного состояния с последующей дегазацией в вакуум-камере. Полученную смесь выливают в специальную форму открытого типа, в которой и происходит полимеризация полиуретана при температуре 100°С.

Наполнители вводили в жидкий преполимер на стадии смешения исходных компонентов синтеза ЛПУ, так как в его структуре содержится реакционно-способная изоцианатная (NCO) группа, по которой идет основная реакция синтеза полимера.

Для исследования влияния керамических частиц корунда и карбида кремния, полученными разными способами, на свойства ПУ были изготовлены образцы композиционных материалов с содержанием модификаторов менее 1 масс. % (0,0015; 0,005; 0,01; 0,05; 0,1 масс. %).

Результаты и их обсуждение

В ходе выполнения работы были получены образцы исходного и модифицированного керамическими частицами литьевого полиуретана. Свойства немодифицированного ПУ представлены в табл. 1

Таблица 1 - Технические характеристики немодифицированного полиуретана

Плотность, г/см ³	Твердость, Шор А	Предел прочности при разрыве, МПа	Относительное удлинение, %
1,09	94	28,1±1,2	625,1±16,3

* Площадь сечения рабочей зоны – 25 мм², длина – 35 мм.

Введение в ПУ нанодисперсного корунда в количестве менее 1 масс. % приводит к изменению эксплуатационных характеристик композиционных материалов, а именно, увеличению предела прочности при разрыве и относительного удлинения (рис. 2).

Из рисунка 2 видно, что наиболее высокой прочностью (33 МПа) обладают образцы с содержанием наночастиц корунда (60 нм) в количестве 0,05 масс.%, а наибольшим относительным удлинением при разрыве (775 %) – 0,005 масс. %.

Физико-механические характеристики КМ на основе полиуретанов и нанодисперсного карбида кремния, полученного газодинамическим методом, представлены на рисунке 3.

Из рисунка 3 видно, что в процессе модифицирования полиуретана дисперсным карбидом кремния наблюдается упрочнение полимеров (на 33%) при содержании наночастиц в количестве 0,0015 масс.% и увеличение относительного удлинения при разрыве (на 26%) – 0,005 масс. %.

Так как упрочнение полимерных материалов происходит в результате изменения надмолекулярной структуры (зерно полимера), а данная структура формируется вокруг зародышей кристаллизации, которыми являются

дисперсные керамические частицы, то смачиваемость полимером этих керамических частиц имеет огромное значение.

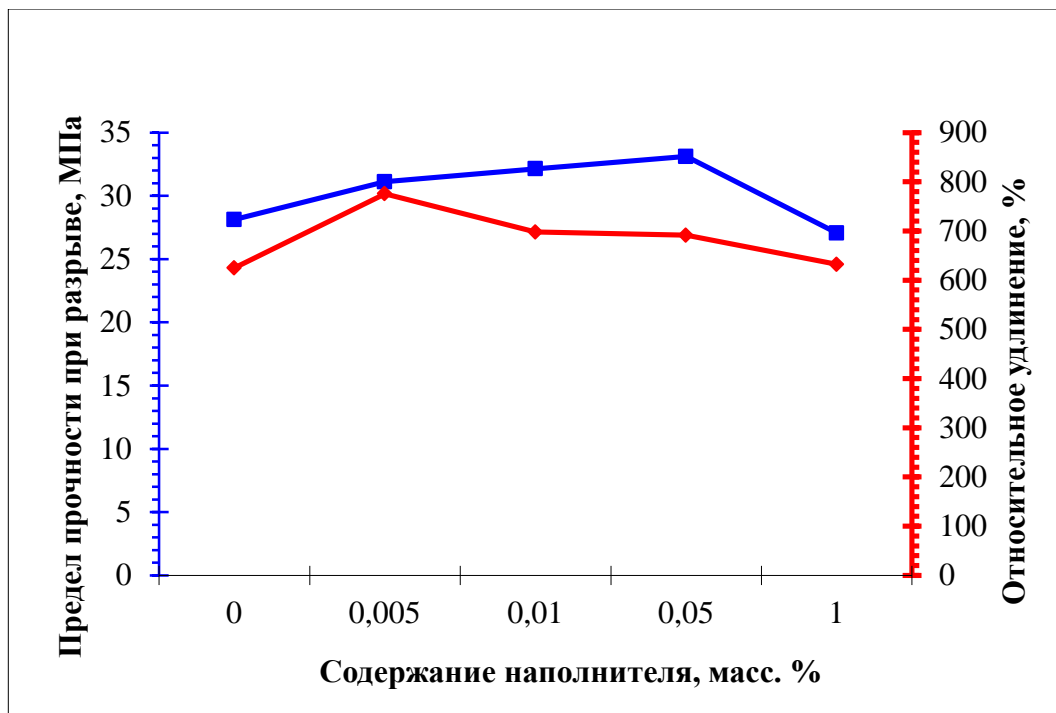


Рис. 2. Эксплуатационные характеристики КМ на основе дисперсного корунда

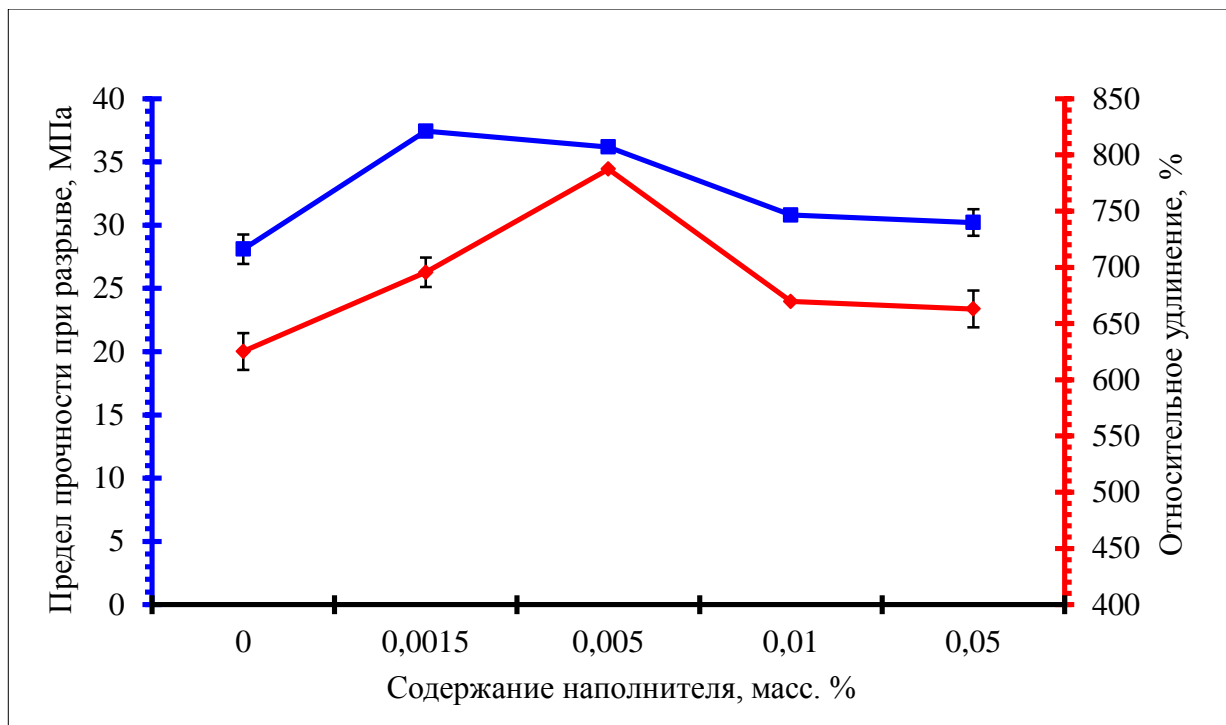


Рис. 3. Эксплуатационные характеристики КМ на основе дисперсного карбида кремния

Керамические наночастицы карбида кремния, полученные газодинамическим методом, вероятнее, обладают более лучшей смачиваемостью в отличие от керамических наночастиц корунда. Это подтверждается физико-механическими характеристиками КМ, представленными на рисунках 2, 3. На рисунках видно, что керамические частицы карбида кремния в количестве 0,005 масс. % приводят к увеличению предела прочности при разрыве на 29%, относительно немодифицированного ПУ, а керамические частицы корунда при той же концентрации – на 11%.

Выводы

1. Изготовлены образцы композиционных полимерных материалов на основе литевых полиуретанов и керамических наночастиц корунда и карбида кремния, полученных разными методами (механообработка, газодинамический метод).

2. Определены эксплуатационные характеристики композитов с содержанием корунда и карбида кремния в количестве менее 1 масс. %.

3. Проведена сравнительная характеристика полимерных материалов, модифицированных керамическими наночастицами корунда и карбида кремния, полученными разными методами.

4. Обнаружено, что введение в структуру полиуретановой матрицы керамических частиц карбида кремния, полученных газодинамическим методом, приводит к увеличению прочностных характеристик композитов (до 33%), в отличие от керамических частиц корунда (до 18 %).

COMPARATIVE ANALYSIS OF POLYMER COMPOSITES BASED ON POLYURETHANES AND MODIFIERS, OBTAINED BY DIFFERENT METHODS

¹*Fedosihina Lyubov` Olegovna, student,*

¹*Kadimova Anna Vladimirovna, Ph.D. student,*

^{1,2}*Gorbunov Fedor Konstantinovich, Ph.D. (Engineering),*

^{1,2}*Poluboyarov Vladimir Aleksandrovich, D.Sc. (Chemical)*

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

²Institute of solid state chemistry and mechanochemistry of the Siberian branch of the Russian academy of sciences, Russia, 630128, Novosibirsk, Kutateladze str, 18
e-mail: f.gorbunov@corp.nstu.ru

Abstract

In the present study a comparison of polymer composites by injection molding of polyurethane and ceramic nanoparticles corundum and silicon carbide obtained by different methods have been made. Also the range of modification (0,001; 0,0015; 0,005; 0,01; 0,05; 0,1 mass. %) installed and tested at intermediate ranges the dependence of physical-mechanical properties of polymer composites the degree of dispersion and concentration have been extended.

Keywords: modification, nano-dispersed particles, polyurethane, polymer, grain size, synthesis.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОМОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ SiO₂ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОЙ ПЛИТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗШО И СТЕКОЛЬНЫХ ОТХОДОВ

*Кальнеус Вероника Анатольевна, аспирант,
Немущенко Дмитрий Андреевич, ст. препод.,*

Ларичкин Владимир Викторович, д.т.н., профессор

Новосибирский государственный технический университет,
кафедра инженерных проблем экологии

630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7 (383) 346-50-31

Кальнеус В. А., e-mail nikpi42@gmail.com

Немущенко Д. А., e-mail nemuschenko@corp.nstu.ru

Ларичкин В. В., e-mail larichkin@corp.nstu.ru

*Адрес для корреспонденции: Кальнеус Вероника Анатольевна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7 (965) 820-44-92*

Аннотация

Предложена новая рецептура получения керамической плитки с использованием твердых техногенных отходов и модифицирующей добавки в виде нанопорошка SiO₂. В работе проведено исследование физико-механических свойств образцов керамической плитки с использованием в рецептуре золы-уноса угольных тепловых электростанций, стекольных отходов, глинистого связующего и нанопорошка SiO₂.

В ходе испытаний опытных образцов были определены прочность при изгибе, предел прочности при одноосном сжатии, водопоглощение, износостойкость, морозостойкость и кислотостойкость. Показано положительное влияние нанодобавки на показатели морозостойкости и прочности при сжатии, по сравнению с образцами из природного сырья. Определены лучшие рецептуры керамической плитки с использованием отходов, не только удовлетворяющие, но и превышающие требования ГОСТ.

Инновационность предлагаемой рецептуры заключается в соотношении компонентов смеси, использовании твердых техногенных отходов, а также во введении в смесь определённого количества нанопорошка SiO₂.

Ключевые слова

Строительные материалы, керамическая плитка, твердые техногенные отходы, зола-уноса, стеклобой, наномодифицирующая добавка диоксида кремния

1. Введение

Актуальной задачей строительной индустрии является создание новых строительных материалов с улучшенными физико-механическими

свойствами, позволяющих снизить производственные затраты. В то же время существует экологическая проблема утилизации одного из наиболее массовых отходов, загрязняющих окружающую среду, а именно, золошлаков, получаемых при сжигании твердого топлива на ТЭЦ.

В настоящее время золошлаковые материалы уже получили широкое применение в производстве золобетона и золокирпича [1]. С экономической точки зрения наиболее выгодно использование сухой золы-уноса, осаждаемой на электрофильтрах очистки дымовых газов, т.к. она является химически активной, имеет практически постоянный гранулометрический состав. Анализ компонентного состава золы-уноса позволяет сделать вывод, что она может быть использована также в качестве сырьевого компонента для создания керамических изделий. В этом случае, использование золы-уноса в составе смеси для изготовления керамической плитки позволит не только существенно снизить загрязнение окружающей среды за счет вовлечения её в массовое производство строительных материалов, но, учитывая, что это отход с практически нулевой стоимостью, то стоимость готовых изделий может быть снижена до 30%.

2. Методика экспериментального исследования

В качестве основы была выбрана рецептура керамики, полученной в [2], которая была адаптирована под используемые сырьевые компоненты. Сухая смесь для изготовления керамической плитки состояла из золы-уноса ТЭЦ 3 г. Новосибирска 26...30 масс %, измельчённых стекловых отходов (стеклобоя) 36...40 масс %, глинистого связующего (бентонит, каолин) 26...30 масс %, а также нанопорошка SiO_2 («Таркосил») 0...10 масс %. Формование образцов проводилось на гидравлическом прессе полусухим методом. В результате добавления стеклобоя получалась новая субстанция, в которой отходы связывались со стеклянной матрицей. В этом случае, тяжёлые металлы, содержащиеся в золе, иммобилизовывались в стекле и значит, не будут проявлять активности под воздействием кислоты, что позволит избежать их высвобождения в окружающую среду. Для изготовления образцов использовалась предварительно обожжённая, просушенная и измельчённая на шаровой мельнице зола-уноса ТЭЦ-3 г. Новосибирска, а также зола-уноса без предварительной подготовки. Испытания по определению показателей водопоглощения, предела прочности при изгибе, износостойкости неглазурованных плиток и морозостойкости, проводились в соответствии с ГОСТ [3]. Эксперимент на определение кислотостойкости проводился в соответствии с требованиями ГОСТ [4].

3. Результаты и их анализ

Результаты исследований, проведённых по ГОСТ [5], были обобщены и представлены в графическом виде. Анализ показал положительное влияние наномодифицирующей добавки SiO_2 на физические и механические свойства керамических образцов. В качестве примера на рис. 1 показана зависимость предела прочности при сжатии от содержания нанопорошка SiO_2 (процент от общей массы золы-уноса, стеклобоя, глины) в керамических образцах. Видно,

что значения предела прочности при сжатии, соответствующие содержанию 0,5...5% нанопорошка SiO_2 , выше в 3-4 раза, чем без нанодобавки.

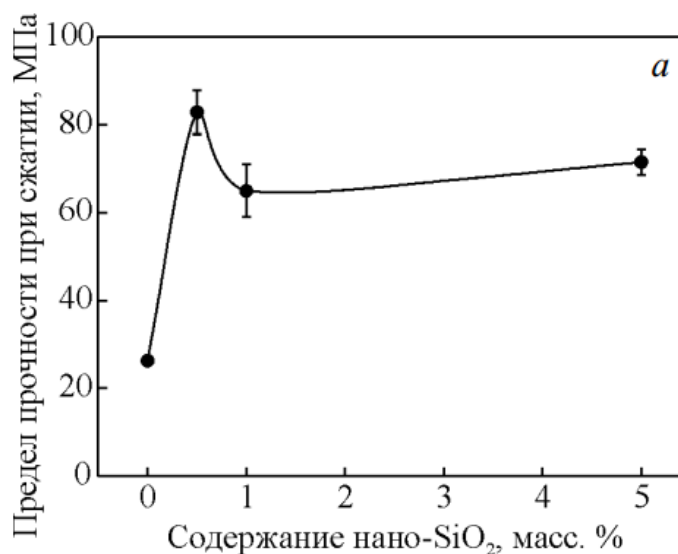


Рис. 1. Влияние содержания нанопорошка диоксида кремния ("Таркосил") на предел прочности при сжатии керамических образцов

Результаты испытаний образцов на водопоглощение показали снижение водопоглощения образцов с нанодобавкой в 1,5 - 3 раза по сравнению с образцами без нанодобавки, что сравнимо с показателями керамогранита. Пропорционально снижению водопоглощения увеличилась морозостойкость керамических образцов.

Следует отметить, что лабораторные образцы керамической плитки с применением нанопорошка SiO_2 соответствуют всем требованиям ГОСТ [5], а лучшие рецептуры с введением наноматериала соответствуют более строгим требованиям ГОСТ [6], что позволяет использовать разработанную рецептуру в качестве смеси в производстве керамических плит для пола.

4. Выводы

Экспериментально подтверждено, что введение определённого количества наноразмерных частиц SiO_2 оказывает положительное влияние на свойства сложного, с химической точки зрения, многокомпонентного керамического материала, включающего как природные компоненты (глина), так и искусственные составляющие (стеклобой и зола-уноса). Разработанная рецептура запатентована [7].

Библиографический список:

1. Зырянов В.В. Зырянов Д.В. Зола уноса - техногенное сырьё – 320 с. – 1000 экз. – ISBN 5911463598.
2. Golitz J.T., Mainieri J.F., Bennett V.H., Moore R.D., Paxton A.M. Ceramic products, of glass, fly ash and clay and methods of making the same. Pat. 5,583,079 United States of America, C03C 1/00, C03C 1/02, C04B 18/06. № 367,851; filed 19.07.94; date of patent 10.12.96

3. ГОСТ 27180-2001. Плитки керамические. Методы испытаний.
4. ГОСТ 473.1-81. Метод определения кислотостойкости.
5. ГОСТ6141-91. Плитки керамические глазурованные для внутренней облицовки стен.
6. ГОСТ 6787-2001. Плитки керамические для полов.
7. Пушко В.А., Драничникова А.А., Ларичкин В.В., Немущенко Д.А. Смесь для изготовления керамической плитки//Патент Российской Федерации № 2487846. - 6 с.

INVESTIGATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF FLY ASH CERAMIC WITH NANOPARTICLES SiO₂ AS FUNCTIONAL ADDITION

Kalneus V.A., Post-graduate student, e-mail nikpi42@gmail.com

Nemuschenko D.A., senior lecturer, e-mail nemuschenko@corp.nstu.ru

Larickin V.V., DrSci (Eng), professor, e-mail larichkin@corp.nstu.ru

Novosibirsk State Technical University, pr. Karl Marx Str. 20, Novosibirsk,
630073 Russia

Abstract

For investigation the impact of nano-sized additive SiO₂ on ceramics products properties consists of fly ash (FA) of thermal power stations (TPS 3), ground waste glass (GWG) and clay (bentonite) was carry out research of physical and mechanical properties of obtained samples. During to experiments was determined bending strength, unconfined compressive strength (UCS), water absorption, deep abrasion, frost resistance and acid resistance of experimental samples. As a result, the best formulations of ceramic tiles that meet the requirements of GOSTs have been identified, as well as having increased frost resistance, compressive strength, as compared to samples from natural raw materials. The positive effect of nanoadditives on the physical and mechanical samples properties was found.

The innovation of the invention is used in a ratio of components as well as the introduction of the powder. The process of experimental specimens obtaining is similar to a classic ceramic tile technology.

Keywords

fly ash ceramics; slag waste; fly ash; glass; nanopowder silicium dioxide; ceramic tile; ground waste glass.

РАЗРАБОТКА АКЦЕПТОРОВ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ ОКСИДА МАГНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ДЕГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

Карнаухов Тимофей Михайлович^{1,2}, магистрант,
*Ведрягин Алексей Анатольевич*², к. х. н., доцент

¹Новосибирский государственный научно-исследовательский университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, тел. 8-952-904-55-01

²Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5

Карнаухов Т. М., e-mail karnaukhovtm@catalysis.ru

Ведрягин А. А., e-mail vedyagin@catalysis.ru

Адрес для корреспонденции: Карнаухов Тимофей Михайлович,
Новосибирский государственный научно-исследовательский университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Ляпунова, 2, 820, тел. 8-952-904-55-01

Аннотация

Дегидрирование углеводородов является одним из альтернативных подходов к получению промышленно важных мономеров. В связи жесткими термодинамическими ограничениями данного процесса особую актуальность приобретает поиск способов повышения его эффективности. В данной работе с помощью золь-гель метода были синтезированы двухкомпонентные оксидные системы на основе MgO. Полученные оксидные и промежуточные ксерогельные образцы были изучены рядом физико-химических методов. Показано, что начиная со второго цикла окисления-восстановления, оксидная система начинает работать стабильно, поглощая водород в одном и том же температурном интервале. Варьируя качественный и количественный состав двухкомпонентной оксидной системы можно добиться поглощения водорода в условиях дегидрирования углеводородов, существенно увеличивая выход целевых мономеров.

Ключевые слова

Углеводороды; дегидрирование; акцептор водорода; оксид магния; золь-гель синтез.

1. Введение

Процессы дегидрирования алканов используются при получении сырья для таких промышленно важных полимеров как полиэтилен, полипропилен, синтетические каучуки и др. Однако реакции отщепления водорода сильно эндотермичны, вследствие чего протекают при высоких температурах, что затрудняет их промышленное использование [1].

В качестве решения данной проблемы в настоящее время предлагается окислительное дегидрирование, заключающееся в добавлении к реакционной смеси кислорода [2-4]. Процессы окисления экзотермичны, и позволяют

проводить дегидрирование при гораздо более низких температурах. Однако, при этом, вследствие прямой реакции кислорода с продуктом реакции, возможно дальнейшее окисление с образованием побочных продуктов, что негативно сказывается на экологической обстановке.

Описанные проблемы побуждают к поиску новых вариантов процесса дегидрирования. Одной из наиболее перспективных реализаций дегидрирования может служить использование совместно с катализатором акцепторов водорода – оксидов d-элементов, реагирующих с водородом и тем самым смещающих равновесие целевой реакции, что в свою очередь способствует увеличению выхода мономеров, а также переводит данный процесс в разряд высокоэффективных и экологически безопасных технологий.

Данная технология может быть использована в промышленных процессах дегидрирования, использующих параллельные реакторы, в одном из которых происходит дегидрирование, в другом – окислительная регенерация катализатора. Основной проблемой данной схемы является перегрев катализатора на окислительной стадии и его спекание, чего избегают, добавляя в состав катализатора инертный материал. В рамках данной работы предлагается замена разбавителя активной системой – акцептором водорода, связанным в матрицу оксида магния. В то время как акцептор реагирует с водородом [5-7], MgO позволяет сохранять структуру активного компонента, что обеспечивает возможность многократного циклического использования акцептора водорода. Более того, оксид магния одновременно выступает в роли инертного материала, препятствуя спеканию катализатора. Регенерация исходной (окисленной) формы системы-акцептора может происходить на стадии отжига кокса без изменения технологической схемы.

Одним из наиболее перспективных к настоящему времени способов синтеза оксидных систем является золь-гель метод. Его ключевыми стадиями являются получение микродисперсного коллоида – *золя*, с последующим сшиванием его в трёхмерную сетку *геля* [8]. Золь-гель метод предоставляет большой спектр возможностей надёжного регулирования текстуры и способности к восстановлению получаемой оксидной системы.

В рамках данной работы был использован золь-гель метод синтеза двухкомпонентных оксидных систем MO_x -MgO (где M – Cu, Ni, Fe, Co, Mo, W). Приготовленные образцы изучены комплексом физико-химических методов. Установлено, что, начиная со второго цикла окисления-восстановления, акцептор водорода работает в стабильном режиме, поглощая водород в одном и том же диапазоне температур. Показано, что, варьируя качественный и количественный состав акцептора водорода, можно добиться поглощения водорода в условиях дегидрирования углеводородов [9].

2. Материалы и методы

Навеску магниевой ленты растворяли в избытке метанола при перемешивании на магнитной мешалке. Во всех случаях выдерживали одинаковое соотношение реагентов. Затем добавляли толуол в качестве гель-

стабилизатора в объёмном соотношении метанол : толуол = 1 : 1, после чего проводили гидролиз, прикапывая приготовленный раствор соли-предшественника второго компонента при перемешивании с помощью магнитной мешалки. Полученные коллоиды высушивали и прокаливали.

Приготовленные оксидные системы были изучены рядом физико-химических методов: низкотемпературной сорбцией азота, РФА, СЭМ. Для изучения влияния второго компонента на процесс разложения гидроксида магния использовали метод термогравиметрического анализа. Исследования способности оксидных систем к восстановлению проводили в токе водорода.

3. Результаты и обсуждения

Синтезированные образцы обладают высокими показателями удельной поверхности (более 100 м²/г) и суммарного объёма пор (табл. 1). Добавление второго компонента снижает удельную поверхность оксидных систем в 1,5-2 раза. Исключение составляет система с вольфрамом (незначительное снижение удельной поверхности), а также система MoO₃-MgO, для которой наблюдали полуторакратное увеличение. Из таблицы также видно, что во всех случаях происходит увеличение среднего диаметра пор.

Таблица 1 - Текстульные характеристики оксидных систем (согласно методу БЭТ).

Образец	A, м ² /г	V _{пор} , см ³ /г	D _{пор ср} , Å
MgO	243	0,97	61
WO ₃ -MgO	212	0,95	180
Fe ₂ O ₃ -MgO	120	0,70	233
MoO ₃ -MgO	342	1,30	153
Co ₃ O ₄ -MgO	113	0,64	225
NiO-MgO	154	0,72	189
CuO-MgO	125	1,03	331

На всех полученных рентгенограммах отчётливо наблюдаются рефлекссы, соответствующие оксиду магния. Параметр решётки MgO несколько увеличен (для периклаза он составляет 4,13 Å), что может свидетельствовать о вхождении в неё более крупных катионов второго металла. В некоторых случаях наблюдается образование небольшого количества второй фазы.

На представленных на рис. 1 графиках отчётливо наблюдается влияние оксида магния, заключающееся в двух основных эффектах:

1) Связывание бóльшей части второго оксида в матрицу MgO, приводящее к его стабилизации в реакции восстановления водородом и смещению области протекания реакции в область повышенных температур;

2) Диспергирование не связанного в матрицу MgO второго компонента, что приводит к облегчению реакции с водородом. Об этом свидетельствует появление небольших пиков в области меньших температур.

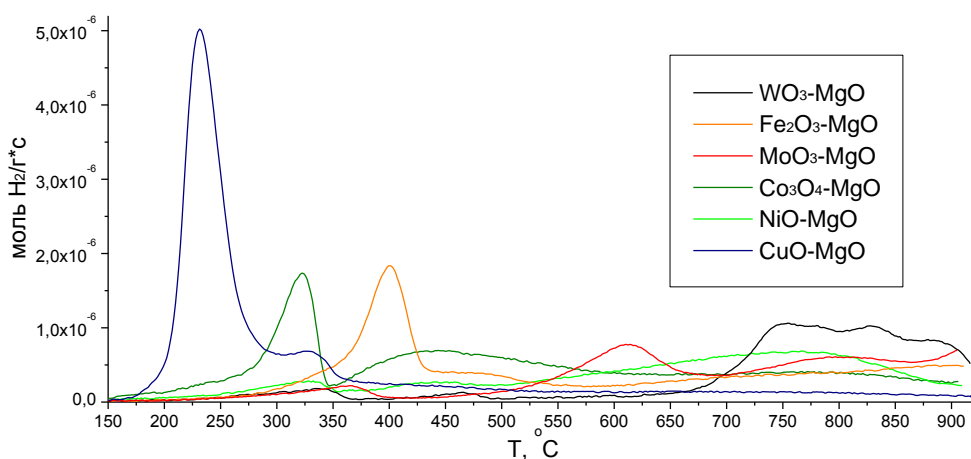


Рис. 1. Профили ТПВ в токе водорода бинарных оксидных систем.

Для оценки способности синтезированных образцов к регенерации потоком воздуха, а также эффективности работы при повторном использовании были проведены испытания в циклах восстановления-окисления. Так как при термической обработке и воздействии водорода и кислорода свойства изучаемых систем могли существенно измениться, циклические испытания были проведены для всех шести двухкомпонентных оксидных систем.

Следует отметить, что для всех бинарных оксидных систем уже со второго (для кобальтсодержащей системы – с первого) цикла восстановления-окисления устанавливается стабильный режим поглощения водорода. Во многих случаях (за исключением $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-MgO}$ и NiO-MgO) наблюдается увеличение температуры восстановления оксидных систем. Вероятно, это связано с более выраженным взаимодействием второго оксида с MgO при нагревании образцов двухкомпонентных систем до $700\text{ }^\circ\text{C}$.

4. Выводы

Показано, что, начиная со второго цикла окисления-восстановления, система-акцептор начинает работать в стабильном режиме, поглощая водород в одном и том же температурном интервале. Показано, что варьирование качественного и количественного состава оксидной системы позволяет добиться поглощения водорода в условиях дегидрирования углеводородов.

Библиографический список:

1. Промышленные процессы целевого каталитического дегидрирования пропана в пропилен / Макарян И. А., Рудакова М. И., Савченко В. И. // Альтернативная энергетика и экология. – 2010. – № 6 (86). – С. 67–81.
2. Propylene production via propane oxidative dehydrogenation over $\text{VO}_x/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ catalyst / Al-Ghamdi S. A., de Lasa H. I. // Fuel. – 2014. – Т. 128. – С. 120–140.
3. $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ supported vanadia catalysts for the ODH of propane / Chakraborty S., Nayak S. C., Deo G. // Catalysis Today. – 2015. – Т. 254. – С. 62–71.

4. Fluidized bed ODH of ethane to ethylene over $\text{VO}_x\text{-MoO}_x/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ catalyst: Desorption kinetics and catalytic activity / Bakare I. A., Mohamed S. A., Al-Ghamdi S., Razzak S. A., Hossain M. M., de Lasa H.I. // Chem. Eng. J. – 2015. – T. 278. – C. 207–216.
5. Thermodynamic calculation on reduction of tungsten oxide in H_2 atmosphere / Sha L., Qiu Z. J. //, Int. J. Refract. Met. Hard Mater. – 2008. – T. 26. – C. 362–366.
6. Kinetics and mechanism of hydrogen reduction of MoO_3 to MoO_2 / Dang J., Zhang G.-H., Chou K.-C., Reddy R. G., He Y., Sun Y. // Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2013. – T. 41. – C. 216–223.
7. Study on Kinetics of Iron Oxide Reduction by Hydrogen / Hou B., Zhang H., Li H., Zhu Q. // Chinese Journal of Chemical Engineering. – 2012. – T. 20(1). – C. 10–17.
8. Aerogel Method for Preparation of Nanocrystalline $\text{CoO}_x\cdot\text{MgO}$ and $\text{VO}_x\cdot\text{MgO}$ Catalysts / Ilyina E. V., Mishakov I. V., Vedyagin A. A., Bedilo A. F. // J. Sol-Gel Sci. Technol. 2013. – T. 68. – № 3. – C. 423–428.
9. Sol-Gel Synthesis and Characterization of Two-Component Systems Based on MgO / Vedyagin A. A., Mishakov I. V., Karnaukhov T. M. et al // J. Sol-Gel Sci. Technol. 2017. DOI: 10.1007/s10971-017-4321-3

**DEVELOPMENT OF HYDROGEN ACCEPTORS BASED ON
MAGNESIUM OXIDE FOR IMPROVEMENT OF EFFICIENCY OF
HYDROCARBON DEHYDROGENATION PROCESSES**

Karnaukhov Timofey Mikhailovich^{1,2}, graduate student, laboratory assistant.

karnaukhovtm@catalysis.ru

*Vedyagin Aleksey Anatolievich², Ph.D. (Chemical), associate professor,
deputy director on science. vedyagin@catalysis.ru*

¹*Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, Pirogova st., 2*

²*Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk,
Academician Lavrentiev pr., 5*

Abstract

Dehydrogenation of hydrocarbons is one of the alternative approaches to obtain the industrially important monomers. In accordance with strong thermodynamic limitations of this process, a search for methods of efficiency improvement is of special importance. In present work, two-component oxide systems based on MgO were synthesized using sol-gel technique. Resulted oxide and intermediate xerogel samples were studied by a set of physicochemical methods. It was shown that starting from second cycle of oxidation-reduction the oxide system begins to work in a steady-state mode, accepting the hydrogen at the same temperature range. Variation of qualitative and quantitative composition of two-component oxide system allows one to accept hydrogen at conditions of hydrocarbon dehydrogenation, thus significantly improving the yield of target monomers.

Keywords Hydrocarbons; Dehydrogenation; Hydrogen acceptors; Magnesium oxide; Sol-gel synthesis

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭКРАНОВ ПО ЗАЩИТЕ ПОЧВ ОТ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

Кочегарова Ксения Владимировна, магистрант

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, тел. +7 (383) 346-50-31

Кочегарова К.В., e-mail: feuerfuchs@list.ru

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

Ларичкин В. В., e-mail larichkin@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Ларичкина Наталья Илларионовна,

Новосибирский государственный технический университет,

кафедра инженерных проблем экологии

630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, кафедра ИПЭ

Аннотация

При добыче и транспортировки нефти происходит разлив нефти на поверхность, что приводит к загрязнению почв и поверхностных вод. С целью предотвращения попадания нефти в природные геосферы в работе на основе техногенных отходов: золы-уноса, древесных опилок и природного материала – бентонита, был разработан эффективный и экономически выгодный защитный экран. С одной стороны он позволяет снизить скорость проникновения легкой нефти в грунт в 7 раз, а нефти средней плотности в 13 раз. С другой стороны, использование техногенных отходов значительно снижает техногенную нагрузку на литосферу земли, сокращает количество плодородных земель, занятых под хвостохранилища этих отходов, и уменьшает риск загрязнения грунтовых вод.

Ключевые слова

Лёгкая и тяжёлая нефть, разливы нефти, охрана окружающей среды, экология, почва, защитный экран, техногенные отходы, зола-уноса, древесные опилки, бентонит, скорость проникновения нефти.

Введение

По официальным данным, каждый год на нефтепроводах РФ происходит около 10 000 аварий, из-за чего российскую нефтяную промышленность можно назвать одной из самых грязных в мире. В табл. 1 приведены данные о количестве нефти попавшей в природную среду

Таблица 1 - Информационные данные о разливах нефти

Источник	Данные
Недропользователи	5000 тонн
Росприроднадзор	17 000 тонн
Минприроды России (Е.С. Донской)	1,5 миллиона тонн

При этом 97% всех аварий на нефтепроводах в России, связано с коррозией труб, которая происходит из-за климатических условий, изношенности оборудования и неправильной эксплуатации. Многим трубопроводам больше 30 лет, тогда как безаварийный период их использования составляет 10...20 лет [1].

На данный момент для защиты почв от разливов нефти используют экраны, сооружаемые из естественных минеральных грунтов и синтетических материалов. В работе предлагается к обычным глинистым экранам добавлять твердые техногенные отходы, а именно, золу-уноса угольных тепловых электростанций, осаждаемую на электрофильтрах и древесные опилки. Создание экрана с таким составом предполагает не только экологическую защиту, но и экономически выгодную утилизацию отходов предприятий теплоэнергетики и деревообрабатывающих производств.

Целью работы являлось разработка и модельное экспериментальное исследование экономически и экологически выгодного защитного экрана от разливов нефти, который способен был бы впитать большое количество нефти и снизить глубину ее проникновения в почвенный покров.

1. Проектирование защитного экрана и исследование его эффективности

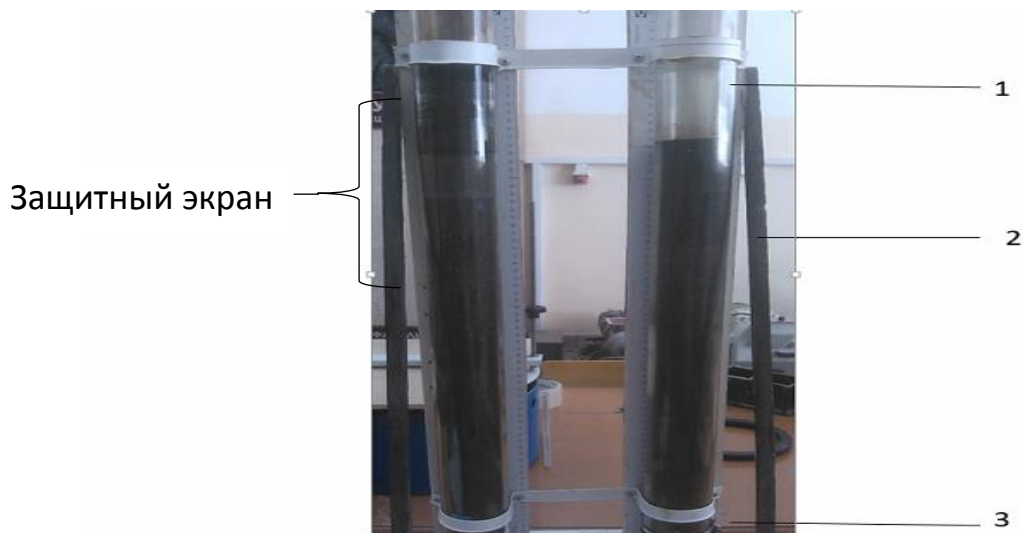
Для исследования влияния разлива нефти на почву были выбраны две нефти, отличающиеся по своему групповому углеводородному составу [2]. Во-первых, нефть Верх-Тарского месторождения, характеризующаяся низкой плотностью ($0,815 \text{ г/см}^3$), высоким содержанием парафинов (более 10 %) и бензинов (20-30 %). Во-вторых, ароматико-нафтеново-метановая нефть Южно – Ягунского месторождения, содержащая значительное содержание асфальто-смолистых компонентов и имеющая среднюю плотность ($0,86 \text{ г/см}^3$). Это связано с тем, что различие физических и химических свойств нефтей отражается и на их влияние на растения и почвенный покров. Легкие нефти содержат больше парафинов. Попадание их в почву ведет к нарушению на долгий срок ее влагообмена. Парафины опасны для почвы, тем, что, имея низкую температуру застывания, они прочно закупоривают поры и каналы почвы, по которым происходит обмен веществ между почвой и сопредельными средами. Асфальто-смолистые компоненты очень хорошо проникают в почву и, адсорбируясь, повышают гидрофобные свойства почвы, препятствуя тем самым проникновению питательных веществ к корням растений и резко снижая её воздухо- и влагопоглощение [3, 4].

Для создания эффективного защитного экрана были выбраны следующие компоненты: низкокальциевая зола – уноса каменных углей (размер частиц не более 0,1 мм), нефракционированный природный бентонит и фракция древесных опилок с размером частиц менее 0,5 мм.

Выбор таких компонентов был обоснован сходством их химических составов, а также особенностями физико–химических свойств смеси в присутствии жидкостей [5]. Зола - уноса увеличивает впитываемость жидких флюидов на 15-20 %. Бентонит благодаря своим структурным

характеристикам имеет способность набухать и удерживать флюиды, что позволяет значительно замедлить процесс проникновения нефти, а опилки должны придать большую сорбционную емкость защитному экрану.

Эксперименты проводились на установке, состоящей из двух колонн высотой 80 см и диаметром 6,5 см (рис. 1).



*Рис. 1 - Внешний вид экспериментальной установки
1 - колонна; 2 – держатель колонны; 3 – дно с отверстием*

Обе колонны были заполнены слоем земли высотой 50 см (масса земли составляла ~ 2,5 кг). Одна из колонн была оснащена защитным экраном высотой 12 см. Экран состоял из двух слоев. Нижний слой высотой 4 см представлял из себя смесь бентонита и низкокальциевой золы – уноса, в соотношении 1:1 (по массе), а верхний – смесь золы – уноса и древесных опилок в соотношении 10:1.

Эксперимент в двух колоннах проводился параллельно. В каждую колонну порционно добавлялась нефть Верх – Тарского месторождения с поддержанием напора в 2 см над уровнем экрана и почвы. При этом фиксировались время и глубина проникновения нефти в почву. Результаты исследований представлены на рис. 2.

Аналогично проводился эксперимент с нефтью средней плотности Южно – Ягунского месторождения (рис. 3).

В каждом эксперименте использовалось около 250 мл нефти. Исключение составил эксперимент с нефтью средней плотности без экрана, там было использовано всего 75 мл нефти.

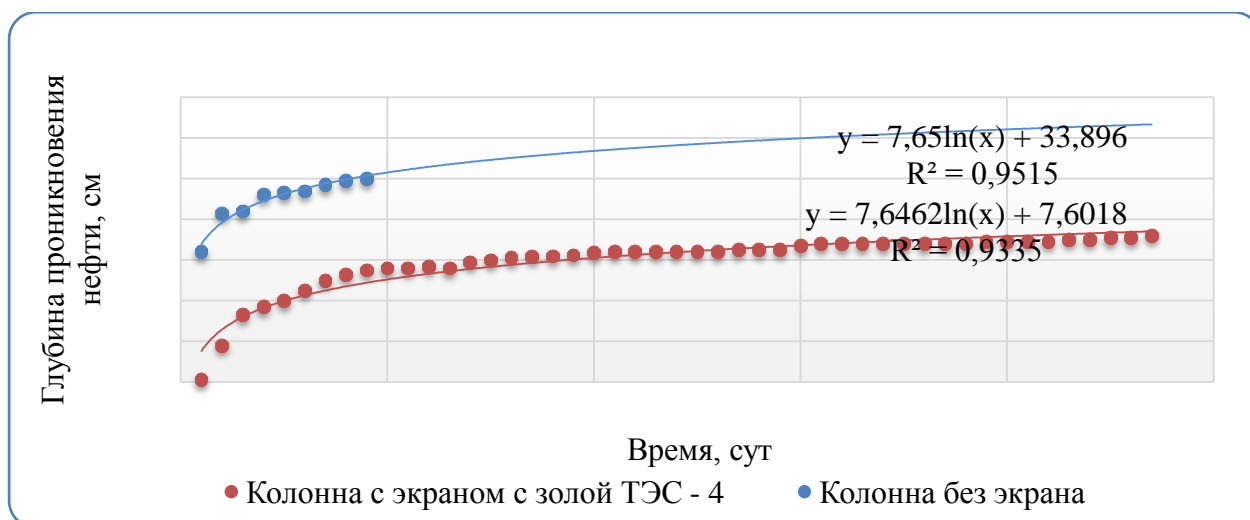


Рис. 2 – Изменение глубины проникновения легкой нефти в почву в течение 47 дней

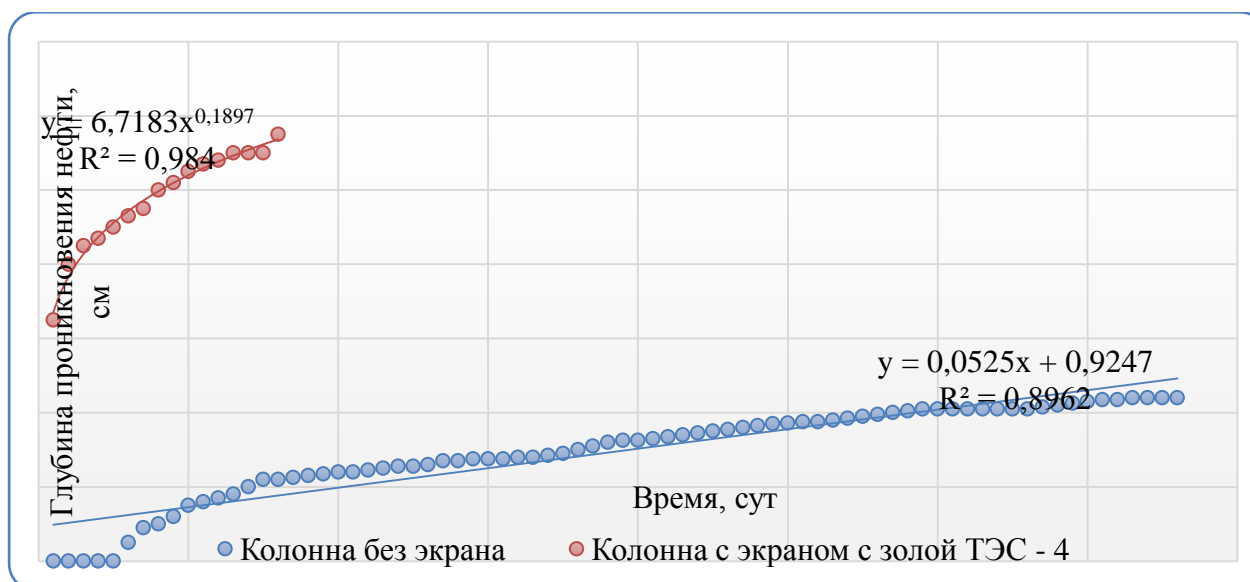


Рис. 3 – Изменение глубины проникновения нефти средней плотности в почву в течение 76 дней

По результатам эксперимента были рассчитаны скорости проникновения в почву нефтей разной плотности и углеводородного состава.

3. Результаты и их анализ

Из графика, представленного на рисунке 2, видно, что в колонну без экрана нефть проникала гораздо быстрее, чем в колонну с экраном. За первые 8 часов 250 мл нефти просочилось в почву на глубину 35 см. Тогда как защитный экран замедлил проникновение нефти. Она проникла в почву всего на 0,5 см. Это объясняется тем, что в легкой нефти достаточно много бензинов, которые легко проникают в почву. В защитном экране, благодаря присутствию бентонита и золы-уноса, нанесенных на поверхность древесных

опилок, углеводородные флюиды адсорбируются этими материалами и удерживаются в нем. Наблюдения показали, что в почву без экрана нефть просочилась за 9 дней на глубину 50 см, тогда как в почву, защищенную экраном, максимальная глубина проникновения нефти составила 37 см, а время проникновения нефти составило 47 дней.

Исследования с нефтью средней плотности (рис. 3) показали, что в почву без экрана нефть прошла на глубину 12 см за 16 дней, а в почву, защищенную экраном – на 4,5 см за 76 дней. Это объясняется тем, что в нефтях средней и особенно повышенной плотности содержится большое количество асфальто-смолистых компонентов, которые адсорбируются в слое защитного экрана, и дополнительно цементируют его. О этом свидетельствует слой нефти над экраном. Таким образом, экран значительно сокращает глубину и скорость проникновения нефти средней плотности в почву.

4. Выводы

В работе был разработан защитный экран, состоящий из двух слоев: нижнего высотой 4 см состоящего из смеси бентонита и низкокальциевой золы – уноса, в соотношении 1:1 (по массе), и верхнего – из золы – уноса, нанесенной на древесные опилки в соотношении 10:1.

На основании проведённых экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

- защитный экран снижает скорость проникновения в почву легкой нефти в 7 раз, а нефти средней плотности в 12,7 раза;
- разработанный экран способен не только впитывать флюиды, но и удерживать их внутри, создавая надежную преграду для дальнейшего просачивания нефти в почву.

Это позволяет значительно снизить загрязнение почвы в различных аварийных ситуациях, связанных с разливами нефти.

Библиографический список:

1. Доклады Гринпис по проблеме нефтеразливов. Гринпис России: <http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/oil-spills/>
2. Химический состав нефтей Западной Сибири / О.Ф. Бейко, А.К. Головкин, Л.В. Горбунова и др. - Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1988. - 288 с.
3. Другов Ю.С. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов – С.-Пб., Изд-во «Анатолия», 2000 – 250 с.
4. Сумина О.И. Техногенные воздействия на тундровые экосистемы и рекультивация нарушенных территорий /О.И Сумина - СПб.: СПб ГУ, 1992. - 43 с.
5. Исследование фильтрации тяжелой нефти через различные природные материалы / О.А. Гуреева, М.А. Козлов, Н.И. Ларичкина // Наука. Промышленность. Оборона : труды XIII Всероссийской науч.-техн. конф. – Новосибирск, Изд-во НГТУ, 2012. – С. 158-160.

USE OF TECHNOGENIC WASTE FOR CREATION OF SCREENS ON PROTECTION OF SOILS AGAINST OIL SPILLS

Kochegarova Ksenia Vladimirovna, student, e-mail: feuerfuchs@list.ru

Larichkin Vladimir Victorovich, Dr.Sci.Tech., professor,

e-mail: larichkin@corp.nstu.ru

Larichkina Natalya Illarionovna, Ph.D, associate professor

larichkina@corp.nstu.ru

Novosibirsk State Technical University, department of engineering
environmental problems

Karl Marx Ave., 20, Novosibirsk, 630073 Russia ph. +7 (383) 346-50-31

Abstract

At production and transportations of oil there is an oil spill on a surface that leads to pollution of soils and a surface water. For the purpose of prevention of hit of oil in natural geospheres in work on the basis of technogenic waste: ashes ablation, wood sawdust and natural material – bentonite, the effective and economic filter has been developed. On the one hand he allows to reduce the speed of penetration of light crude into soil by 7 times, and oil of average density by 13 times. On the other hand, use of technogenic waste considerably reduces technogenic load of an earth lithosphere, reduces the number of the fertile lands occupied under tailings dams of this waste and reduces risk of pollution of ground waters.

Keywords

Light and heavy crude, oil spills, environmental protection, ecology, soil, filter, technogenic waste, ashes ablation, wood sawdust, bentonite, oil penetration speed.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛЕНИЯ И КОРРОЗИИ
ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛАТИНЫ В O₂ И В ПРОЦЕССЕ
ОКИСЛЕНИЯ АММИАКА МЕТОДОМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ
МИКРОСКОПИИ**

Кочурова Наталья Михайловна^{1,2}, *магистрант,*
*Саланов Алексей Николаевич*², *с.н.с., к.х.н.,*
*Сутормина Елена Федоровна*², *к.х.н.*

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. Лаврентьева, 5

Кочурова Н. М., email nettiiil@gmail.com

Саланов А. Н., email salanov@catalysis.ru

Сутормина Е. Ф., email selena@catalysis.ru

Адрес для корреспонденции: Кочурова Наталья Михайловна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск,
пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(913)005-48-19

Аннотация

Для исследования механизма каталитической коррозии платиноидных каталитических сеток в процессе окисления аммиака провели детальное исследование микроструктуры поверхности платиновых катализаторов, обработанных в кислороде и в реакционной среде (NH₃+O₂). Методом растровой электронной микроскопии была изучена морфология поверхности поликристаллических образцов Pt. Обнаружена различная микроструктура поверхностного слоя этих металлов. В атмосфере кислорода поверхностная графитообразная плёнка разрушается и растут зёрна размером до 10-200 мкм. В реакционной среде аммиака с воздухом поверхностная графитообразная плёнка также быстро разрушается, кислород внедряется на межзёренных границах, дислокациях и других дефектах. Реакция аммиака с внедрённым кислородом приводит к локальному перегреву поверхности в области дефектов, что ведёт к интенсивному выделению атомов платины на поверхности с формированием межзёренных границ и неглубоких параллельных канавок.

Ключевые слова

Растровая электронная микроскопия; поликристаллические фольги платины; окисление аммиака; каталитическая коррозия.

1. Введение

Окисление аммиака воздухом широко применяется в химической промышленности для получения азотной кислоты [1]. Также платиновые металлы используются в экологии для защиты окружающей среды от вредных выбросов автотранспорта [2]. Катализатором окисления аммиака являются платиноидные сетки с преимущественным содержанием платины. Хорошо известно, что во время этого процесса происходит глубокая структурная перестройка поверхностного слоя сеток (каталитической коррозии), которая приводит к потерям платины и существенно снижает активность катализатора [3-5]. В основном рассматриваются два механизма каталитической коррозии, связанные с повышением подвижности поверхностных атомов металла под действием адсорбатов [3-4] и образованием летучих оксидов платины (PtO_2 и др.) [5]. Для выяснения механизма каталитической коррозии платиноидных сеток в процессе окисления аммиака, проводили детальное исследование микроструктуры поверхности и химического состава платиновых катализаторов, обработанных в кислороде и в реакционной среде (NH_3+O_2).

2. Методика экспериментального исследования

В качестве модельных катализаторов использовали поликристаллические образцы Pt с размером $10 \times 5 \times 0,04$ мм. Отжиг образцов в кислороде проводили в проточном кварцевом реакторе в потоке ($21,5\%O_2, 78,5\%He$) при давлении 1 атм, скорости потока 1,5 л/ч и $T = 1133$ и 1400 К в течение 3 часов. Каталитический процесс окисления NH_3 кислородом проводили в лабораторном кварцевом реакторе проточного типа с внутренним диаметром 11,2 мм при скорости подачи реакционной смеси ($\sim 10\%NH_3$ в воздухе) 880–890 л/ч, температуре катализатора 1133 К и общем давлении 3,6 атм. Микроструктурные превращения и морфологию поверхности исследовали с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) JSM-6460 LV (Jeol). Для определения химического состава применяли рентгеновский энергодисперсионный спектрометр (ЭДС) INCA Energy-350 (Oxford Instruments).

3. Результаты и обсуждение

На рисунке приведены микроскопические изображения поверхности Pt(poly), обработанной в O_2 в течение 3 часов при $T = 1133$ и 1400 К и в реакционной смеси $10\%NH_3$ в воздухе в течение 5 часов при $T = 1133$ К. После обработки в O_2 при $T = 1133$ К на поверхности наблюдаются зёрна различных форм и размеров и чёткие межзёренные границы (Рис. а, б). Кроме того, на микроснимке с увеличением в 3 000 крат хорошо видны тёмные включения с размером около 1 мкм, связанные, по-видимому, с фрагментами исходной поверхностной графитоподобной плёнки. На поверхности зёрен фасеток, кристаллических образований обнаружено не было. На образце Pt(poly), обработанном в кислороде при $T = 1400$ К более чётко выделяются межзёренные границы (Рис. в, г). Зёрна имеют различную интенсивность, что связано с микрофасетированием поверхности отдельных зёрен. После обработки Pt(poly) в реакционной среде ($10\%NH_3$ в воздухе) обнаружена

существенная реконструкция поверхности. Видны чёткие межзёренные границы и зёрна различного размера (Рис. д, е). Поверхность всех зёрен покрыта кристаллическими фасетками, располагающимися параллельными рядами. Форма фасеток и их расположение существенно различаются на соседних зёрнах. Структура поверхности зёрен, по-видимому, влияет на процесс фасетирования поверхности платины.

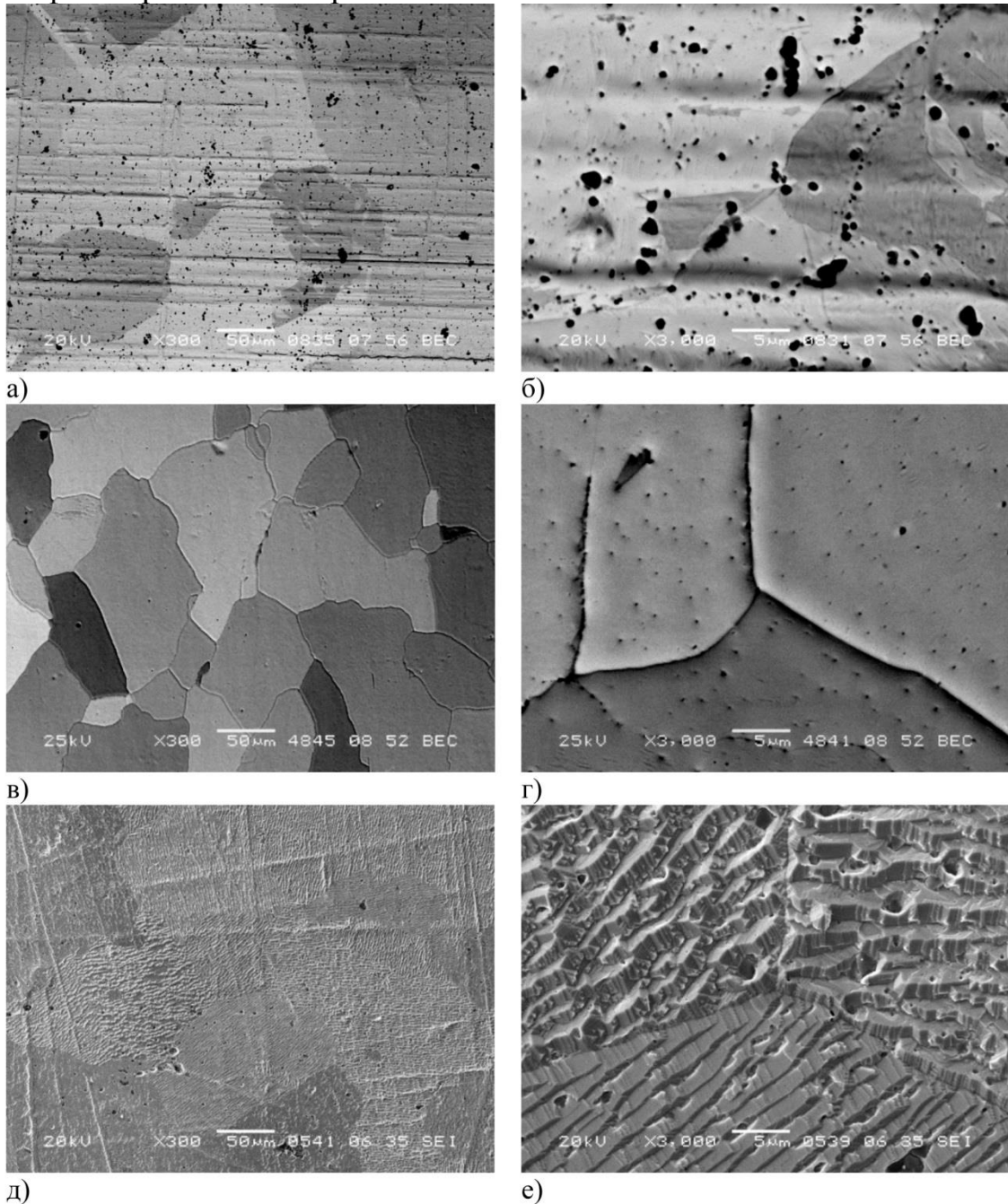


Рис. Микроскопические изображения фольги Pt(poly), обработанной в кислороде (21,5%O₂, 78,5%He) при T = 1133 K (а, б) и 1400 K (в, г) в течение 3 часов и микроснимки поликристаллической фольги Pt (poly), полученные после каталитической реакции окисления NH₃ (~10%NH₃ в воздухе) при T = 1133 K в течение 5 часов (д, е). Микроснимки получены в режиме обратно-отражённых (а, б, в, г) и вторичных электронов (д, е) при увеличениях x300 и x 3 000

4. Выводы

Взаимодействие молекул аммиака с атомами кислорода на дефектах и межзёренных границах приводит к локальному перегреву поверхности в области дефектов и атомы платины начинают выделяться на поверхность, мигрируя по ней и встраиваются в более энергетически выгодные места, формируя коррозионный слой. Полученные данные указывают на определяющую роль реакции каталитического окисления NH_3 в микроструктурной перестройке поверхности платины.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ИК СО РАН (проект №0303-2016-0002).

Библиографический список:

1. Lloyd L. Handbook of Industrial Catalysis, Fundamental and Applied Catalysis // Springer Science+Business Media. –2011. – P.119 – 167.
2. Home - Precious Metals Management: [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.platinum.matthey.com>
3. Lyubovsky M.R., Barelko V.V. Formation of “Metal Wool” Structures and Dynamics of Catalytic Etching of Platinum during Ammonia Oxidation// Journal of catalysis. – 1994. – V. 149. – P.23
4. McCabe R.W., Pignet T., Schmidt L.D. Catalytic Etching of Platinum in NH_3 Oxidation // Journal of catalysis. – 1974. – V. 32. – P.114.
5. McCabe R.W., Wong C., Woo H.S. The Mechanism of Reconstruction of Rhodium-Platinum Catalyst Gauzes // Platinum Metals Rev. – 1986. – V. 30. – P.54.

STUDY OF OXIDATION AND ETCHING OF POLYCRYSTALLINE PLATINUM IN O₂ AND DURING THE OXIDATION OF NH₃ BY SCANNING ELECTRON MICROSCOPY

Kochurova N.M. ^{1,2}, Master's Degree student, e-mail netttiil@gmail.com

Salanov A.N. ², senior researcher, Ph.D. (Chemical), e-mail salanov@catalysis.ru

Sutormina E.F. ², Ph.D. (Chemical), e-mail selena@catalysis.ru

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

² Boreskov Institute of Catalysis, SB RAS pr. Lavrentieva 5, Novosibirsk, 630090, Russia,

Abstract

To reveal the mechanism of the catalytic etching of platinum catalyst gauzes during the NH₃ oxidation, we carried out detailed investigation of the surface microstructure of platinum catalysts treated in oxygen, and in the reaction medium (NH₃+O₂). The method of scanning electron microscopy has been studied morphology of a surface of polycrystalline samples of Pt. We observe the different microstructure of the surface of these metals. In the O₂ atmosphere, the surface graphite-like film is destroyed and grow grains to 10–200 μm. In the reaction mixture NH₃ + air, the surface graphite-like film is quickly destroyed, and oxygen is penetrated at the grain boundaries, dislocations and other defects. The NH₃ reaction with the penetrated oxygen results in local overheating in the defect area leading to intense release of Pt atoms to the surface with formation of borders between grains and superficial parallel flutes.

Keywords

Scanning electron microscopy; platinum foils; ammonia oxidation; catalytic etching;

Acknowledgement

This work was conducted within the framework of budget project No. 0303-2016-0002 for Boreskov Institute of Catalysis SB RAS

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Кругликова Анастасия Валерьевна, аспирант;

Аганичева Екатерина Константиновна, магистрант;

Бальжанова Алина Евгеньевна, магистрант

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин), 630008, Россия, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113

Кругликова А.В., email nastikrug@mail.ru

Аганичева Е.К., e-mail aganicheva94@mail.ru

Бальжанова А.Е., e-mail balzanovab@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Кругликова Анастасия Валерьевна, 630008, Россия, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 101/2, кв. 65, тел. +7(913)004-04-72

Аннотация

Сегодня очистные сооружения канализации (ОСК) рассчитываются на среднегодовую температуру сточной жидкости. Однако температура, которая поступает на ОСК, имеет существенные отклонения от расчетной, как по сезонам года, так и по этапам очистки. Большие отклонения наблюдаются для сооружений малой производительности из-за меньшей теплоемкости содержимого сетей и очистных сооружений.

В данной работе анализируются существующие методики расчёта первичных, вторичных отстойников и аэротенков, которые на сегодняшний день применяются в РФ при проектировании сооружений по очистке сточной жидкости, а также приводится методика, эксперимента, который проводился на двух площадках функционирующих ОСК. Излагается суть и результаты, полученные в ходе исследований, которые были проверены с помощью формул теплотехнического расчета.

Ключевые слова: сточная жидкость; отстойники; аэротенки; температура наружного воздуха; эффект очистки; климат; потери тепла; качество очистки.

Введение

В мировой практике большинство проектируемых и функционирующих очистных сооружений канализации выполняются открытого типа (первичные и вторичные отстойники, аэротенки). Однако в России существуют исключения и к ним относятся городские очистные сооружения канализации таких населенных пунктов, как Заполярье, Крайний Север, и районы с вечной мерзлотой, где температура наружного воздуха в самую холодную пятидневку может снижаться до -60°C и даже -70°C . В этих населенных пунктах ОСК стоков размещают в крытых отапливаемых

помещениях.

А в населенных пунктах Восточной и Западной Сибири, где температура воздуха в период самой холодной пятидневки опускается до -40°C , сооружения механической и биологической очистки (первичные, вторичные отстойники, а также аэротенки) выполняются открытого типа.

На сегодняшний день, расчет канализационных очистных сооружений открытого типа производится на среднегодовую температуру сточной жидкости, поступающей в приемную камеру. Фактически температура поступающей на ОСК сточной жидкости имеет значительные отклонения, как по временам года, так и по этапам её очистки. Особенно большие отклонения наблюдаются для сооружений малой производительности из-за меньшей теплоёмкости содержимого канализационных сетей и очистных сооружений.

Известно, что снижение температуры сточной жидкости на некоторое количество градусов приводит к снижению скорости окисления органических веществ в сооружениях биологической очистки в несколько раз, во столько же раз увеличиваются объемы сооружений биологической очистки (аэротенков), следовательно, повышаются капитальные затраты на их строительство. Вместе с этим чрезмерное повышение температуры очищаемых стоков также негативно отражается на работе аэротенков, так как при более высокой температуре снижается растворимость кислорода воздуха в аэротенках. В связи с этим в летний период эксплуатационные затраты на осуществление биологических процессов в аэротенках всегда выше в сравнении с зимним периодом.

Материалы и методы

Так как температура наружного воздуха может оказывать существенное влияние на работу очистных сооружений канализации открытого типа, а именно на сооружения механической и биологической очистки, были проанализированы применяемые в настоящее время в Российской Федерации математические модели трёх сооружений: первичного отстойника, аэротенка и вторичного отстойника.

Был проведен анализ существующих математических моделей первичных отстойников. При проведении теоретических исследований были определены гидравлическая крупность задерживаемых частиц, которая является одной из основных характеристик при расчете первичных отстойников, а также гидравлическая нагрузка на отстойник [1,2]. А также от этих показателей зависит фактический эффект осветления в данном сооружении.

Для аэротенков были рассмотрены следующие математические модели: расчетное значение БПК после первичных отстойников, а также, продолжительность обработки сточной жидкости в аэротенках [1]. При расчете этого сооружения было установлено, что с учетом эффекта осветления, полученном в первичных отстойниках меняется и БПК на входе в аэротенк, а также при заданной разной температуре иловой смеси изменяется продолжительность обработки сточной жидкости в данном сооружении, что

также существенно сказывается на качестве очистки.

Для вторичных отстойников были рассмотрены формулы по определению гидравлической нагрузки на отстойник и определения фактического выноса взвешенных веществ из отстойника. Однако анализ формулы гидравлической нагрузки на отстойник был проведен с учетом коэффициента α . Так как, согласно [1], гидравлическая крупность в первичных и вторичных отстойниках практически одинакова. Данный коэффициент, к сожалению, в формуле, приведенной в СНиПе, отсутствует [3].

После теоретического анализа, с помощью таких приборов, как: термометр для измерения температуры сточной жидкости и температуры окружающего воздуха - TESTO 905-T1, гигрометр - KL 9826, анемометр - СЕМ DT 618, барометр TESTO 511, которые обеспечивают быстрый замер с довольно высокой степенью точности, проводился эксперимент на функционирующих очистных сооружениях канализации г. Новосибирска и г. Искитим.

Суть эксперимента заключалась в следующем, термометром определялась температура окружающего воздуха, затем он же, погружался в сточную жидкость первичных, вторичных отстойников и аэротенков.

Продолжительность экспозиции составляла 1 минуту, после отображения значения на дисплее, фиксировалось значение температуры и вместе с этим фиксировались и записывались остальные климатические параметры, а именно, атмосферное давление, относительная влажность и скорость ветра.

Результаты и обсуждение

Проведенные теоретические исследования по существующим математическим моделям показали, что температура существенно влияет на показатели очистки сточной жидкости, так например, в аэротенках при диапазоне температуры от 10⁰С до 20⁰С БПК на выходе из сооружения изменялся от 165 до 15 мг/л соответственно [4].

А в первичных отстойниках температура сточной жидкости существенно влияет на эффект осветления, и было установлено, что при повышении температуры эффект осветления увеличивался.

Результаты по определению фактического выноса из вторичных отстойников также показали, что при изменении температуры вынос изменялся, а именно при увеличении температуры, он уменьшался.

Эксперимент на очистных сооружениях канализации г. Искитим показал изменение температуры на 0,3-1,8⁰С (при температуре наружного воздуха от -33⁰С до +25⁰С и скорости ветра 1-8,1 м/с). Однако за время проведения серии замеров был зафиксирован спад температуры сточной жидкости на 6,9⁰С.

Эксперимент на очистных сооружениях канализации г. Новосибирска показал, что при следующих климатических условиях: температура наружного воздуха от -8,6⁰С до 30⁰С, скорость ветра 0-8 м/с, температура сточной жидкости изменялась от 0,3 до 2,5⁰С.

Результаты исследований были проверены с помощью формул теплотехнического расчёта. Для первичных отстойников определяются такие статьи потерь расхода и поступления тепла: поступление солнечной энергии, потери тепла за счет испарения и через ограждающие конструкции.

Для аэротенков определяются: поступление тепла солнца, тепла экзотермических реакций, поступление или унос тепла с воздухом, потери тепла через ограждающие конструкции, а также потери тепла за счет испарения.

Для вторичных отстойников определяются статьи расхода и поступления тепла, как и для первичных отстойников.

В зимний период тепло солнечной радиации незначительно, так же, как и тепло, которое выделяется в окружающую среду в результате окисления органических веществ. В летний период эти две статьи будут оказывать существенное значение на температуру из-за резкого повышения тепла солнечной энергии и более интенсивных процессов, протекающих в аэротенках. Кроме того, подогрев сточной жидкости в теплый период года происходит за счёт тепла теплого воздуха, нагнетаемого в аэротенки. В летний период в открытых сооружениях будет происходить охлаждение сточной жидкости за счёт тепла, расходуемого на её испарение.

Выводы

Данное исследование показало, что температура наружного воздуха и другие климатические факторы существенно влияют на эффективность работы очистных сооружений канализации. В связи с тем, что данный вопрос является актуальным, авторы данного исследования разрабатывают компьютерную модель в программном модуле ANSYS, с учетом теплотехнического расчета для возможного использования данной модели, как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации очистных сооружений канализации, что существенно облегчит наблюдения за качеством очищаемой жидкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев С. В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: АСВ, 2002. – 704 С.
2. Пономорёв В.Г. Оценка характеристики загрязнений при выборе методов очистки сточных вод//Водоснабжение и санитарная техника. – 2015, №5. – С. 50 – 56.
3. СП 32.13330.2012: Канализация. Наружные сети и сооружения: Взамен СНиП 2.04.03-85/Госстрой СССР. – М.:Стройиздат,2012. –85 С.
4. Кругликова А.В. Воздействие природно-климатических факторов на температуру сточной жидкости в открытых очистных сооружениях канализации// Научный потенциал студентов и молодых учёных Новосибирской области: сб. науч. тр. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – С. 101–103.

EFFICIENCY OF WORK WASTEWATER TREATMENT PLANTS OF INFLUENCE OF CLIMATE PARAMETERES

Kruglikova Anastasiia Valerevna, Post graduate student;

Aganicheva Ekaterina Konstantinovna, Master's Degree student;

Balzanova Alina Evgenevna, Master's Degree student

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), 113
Leningradskaya Street
Novosibirsk, 630008
Russian Federation

Kruglikova A.V., email nastikrug@mail.ru

Aganicheva E.K., e-mail aganicheva94@mail.ru

Balzhanova A.E., email balzanovab@gmail.com

Abstract

Today wastewater treatment plants (WWTPs) are calculated for the average annual temperature of the waste liquid. However, the temperature that enters the WWTPs has significant deviations from the calculated one, both for the seasons of the year and for the purification stages. Large deviations are observed for structures of low productivity due to the lower heat capacity of the contents of the networks and treatment facilities.

In this paper, we analyze the existing methods for calculating primary, secondary tanks and aerotanks, which are currently used in the Russian Federation for the design of wastewater treatment plants, as well as a methodology, an experiment that was conducted at two sites of functioning WWTPs. The essence and results obtained in the course of research, which have been verified by means of thermo-technical calculation formulas, are presented.

Keywords: Sewage liquor, tanks, aerotanks, the outdoor temperature, effect of purification, climate, heat losses, quality purification.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВЫХ
ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ГЛИН В
РЕАКЦИИ СИНТЕЗА 1,5-БЕНЗАДИАЗЕПИНА ИЗ АЦЕТОНА И
1,2-ФЕНИЛЕНДИАМИНА**

Макарова Кристина Николаевна, студент;

Тимофеева Мария Николаевна, доктор хим. наук., профессор

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8 (383)346-50-31

Макарова К.Н., e-mail kristina-kristi-makarova@mail.ru

Тимофеева М. Н., E-mail: timofeeva@catalysis.ru

*Адрес для корреспонденции: Макарова К.Н., Новосибирский государственный
технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса,
20, тел. (383)346-50-31*

Аннотация

В работе исследована возможность синтеза 1,5-бензодиазепина, обладающего биологической активностью и широко применяемого в медицине,. Из ацетона и 1,2-фенилендиамин с использованием в качестве катализаторов природной монтмориллонитовой глины (ММ) Даш-Сахалинского месторождения, модифицированной 0.25М кислотами (HCl, HNO₃, HOAc и H₂SO₄). Показано, что скорость реакции и выход 1,5-бензодиазепина зависят от поверхностной кислотности образца (рН_{ТНЗ} точка нулевого заряда поверхности) и снижаются в ряду HCl-ММ > HNO₃-ММ > H₂SO₄ > HOAc.

Ключевые слова

Монтмориллонит, кислотная активация, 1,5-Бензодиазепин, 1,2-фенилендиамин, ацетон

1. Введение

Азотсодержащие гетероциклические соединения находят широкое применение в современной медицинской химии [1]. Биологической активностью так же обладает и 1,5-бензодиазепин (2,3-дигидро-2,2,4-триметил-1Н-1,5-бензодиазепин, (III)) - продукт реакции конденсации 1,2-фенилендиамин (I) с ацетоном (рис. 1). В качестве катализаторов могут быть использованы как кислоты Льюиса, так и Бренстеда. В настоящее время гетерогенных катализаторов известно не много, поэтому поиск новых каталитических систем является важной задачей.

Целью данной работы является исследование возможности применения природной монтмориллонитовой глины (ММ) Даш-Сахалинского месторождения, модифицированной 0.25М кислотами (HCl, HNO₃, HOAc и H₂SO₄) в качестве катализатора синтеза (III) из (I) и ацетона. Основное внимание в работе посвящено установлению основных факторов, влияющих

на каталитические свойства кислотного-модифицированных ММ и выяснение связей между кислотными и каталитическими свойствами данных материалов

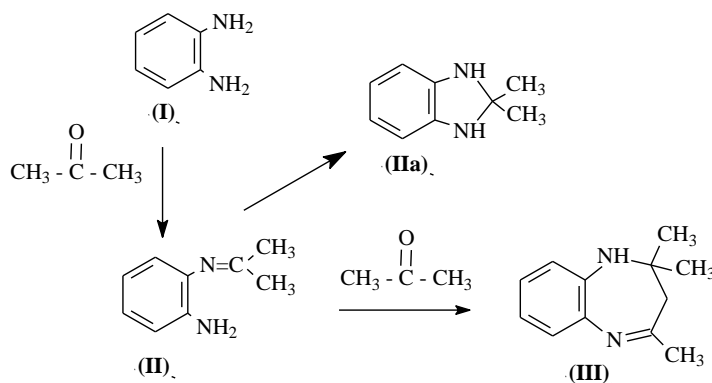


Рис. 1. Схема реакция конденсации 1,2-фенилендиамин с ацетоном

2. Экспериментальная часть

В работе использовали 1,2-фенилендиамин (99.0%, Sigma-Aldrich), ацетон (Sigma-Aldrich), метанол (Acros Organics). Модифицирование природной глины Даш-Салахлинского месторождения проводили кислотами с концентрацией 0.25М: азотной, серной, соляной и уксусной. Реакцию конденсации ацетона с (I) проводили в стеклянном термостатированном реакторе, снабженном мешалкой и обратным холодильником. Перед каждым экспериментом катализаторы прокаливали при 200 °С в течение 2 ч для удаления адсорбированной воды. В реактор загружали 0.100 г (I), 0.25 мл ацетона, 4.0 мл метанола в качестве растворителя и 0.010 г катализатора. Реакцию проводили при 25 °С. Через определенные интервалы отбирали пробы и анализировали методом ГЖХ.

3. Результаты и их обсуждение

3.1. Синтез и характеристика катализаторов

В результате была получена серия образцов глины, на химический состав которых влияла сила кислоты, взятая для модифицирования. Наибольшее вымывание ионов алюминия из глины наблюдается при использовании азотной кислоты. Химический состав полученных систем представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав модифицированных природных глин

	Химический состав (масс.%)		Si/Al (моль/моль)	pH _{ТНЗ}
	Al	Si		
Ca-ММ	7.25	28.5	3.78	
0.25М HCl	6.55	27.3	4.02	2.1
0.25М HNO ₃	6.36	26.9	4.08	2.3
0.25М H ₂ SO ₄	6.39	27.2	4.10	2.7
0.25М CH ₃ COOH	6.37	26.1	3.95	3.2

Сила кислоты влияет на поверхностную кислотность образцов. С увеличением силы кислоты кислотность глины растет. Так, наибольшую кислотность показал образец, модифицированный соляной кислотой, а самую маленькую – уксусной. На рисунке 2 показана зависимость изменения рН от массы образца в водном растворе.

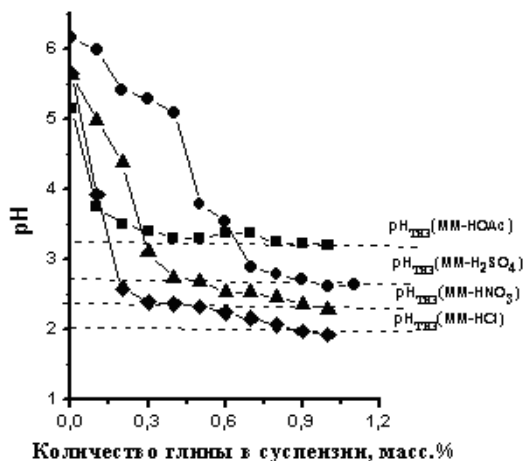


Рис. 2 Зависимость изменения рН суспензии от массы образца и определение $pH_{ТНЗ}$

3.2. Исследование каталитических свойств катализаторов

Каталитические свойства полученных материалов были изучены в реакции (I) с ацетоном (рис. 1). Было установлено, что реакция протекает гетерогенно. На это указывал тот факт, что после удаления катализатора реакция останавливается. Согласно полученным данным основными продуктами реакции были 1,5-бензодиазепин (III), диамин (II) и дигидробензимидазол (IIa) (рис. 1). Кинетические кривые накопления продуктов реакции (II), (IIa) и (III) и расходования (I) в ходе реакции приведены на рис. 3. Хорошо видно, что в начале реакции основным продуктом является (II), который затем, реагируя со второй молекулой ацетона, образует (III). Кроме этого в реакционной смеси наблюдается незначительное количество продукта (IIa), образующегося в результате побочной реакции циклизации (II).

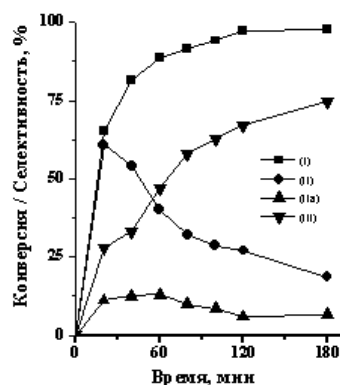


Рис. 3. Кинетика реакции конденсации (I) с ацетоном в присутствии **HCl-ММ**

В присутствии изучаемых катализаторов реакция эффективно протекает за 100 мин с 87.4-94.7% конверсией (I) и 26.2-62.7% селективностью по (III). Основные результаты представлены в таблице 2

Таблица 2

Реакция ацетона с о-фенилендиамином в присутствии глины, модифицированной кислотами^a

	pK _a	Конверсия (I) (%)	Селективность, (%)	
			(II)	(III)
0.25M HCl MM	-7	94.2	37.8	62.2
0.25 M HNO ₃ MM	-1,64 и 1.96	94.7	26.2	73.8
0.25M H ₂ SO ₃ MM	-3	93.1	58.6	41.4
0.25M CH ₃ COOH MM	4,75	87.4	62.2	37.8

^a Условия реакции: CH₃OH ацетон/(I) = 2.5 моль/моль, 25 °С, 100 мин

Экспериментальные данные указывают на то, что конверсия (I) и выход продуктов (II) и (III) зависят от силы кислоты, используемой для модификации глины кислоты. Хорошо видно (таблица 2), что выход продукта реакции (III) линейно возрастает с увеличением константы диссоциации кислот (pK_a). Как говорилось ранее (см. раздел 3.1) поверхностная кислотность глины зависит от силы кислоты (таблица 1). Согласно полученным данным (рис. 4), с увеличением поверхностной кислотности выход продукта также линейно возрастает. Наибольший выход (III) 74.2% за 180 мин наблюдается в присутствии глины, модифицированной HCl.

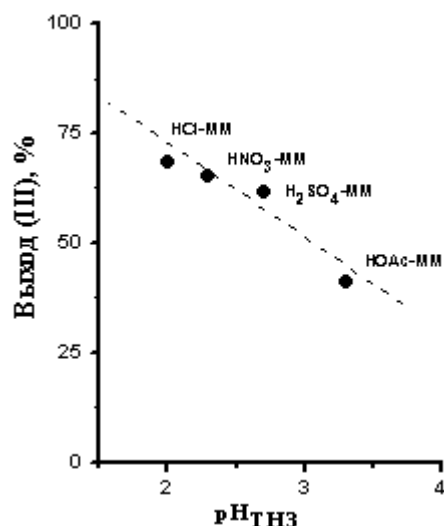


Рис. 4. Корреляция между выходом (III) за 120 мин и поверхностной кислотностью глины, модифицированной 0.25 М кислотами ($pH_{ТНЗ}$).

4. Выводы

В работе изучено влияние кислотной модификации природной глины Даш-Салахлинского месторождения, содержащей 95% монтмориллонита, 0.25М кислотами (HCl, HNO₃, HOAc и H₂SO₄) на ее каталитические свойства в реакции синтеза (III) из ацетона и (I). Согласно полученным данным реакция конденсации ацетона с (I) эффективно протекает в растворе метанола при 25°C. Выход (III) зависит от поверхностной кислотности образца и снижается в ряду HCl-MM > HNO₃-MM > H₂SO₄ > HOAc. Максимальный выход (III) 74,2% наблюдается в присутствии HCl-MM.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Schutz H., In benzodiazepines. Springer: Heidelberg, Germany, (1982). Landquist JK. In Comprehensive Heterocyclic Chemistry, Katritzky AR & Rees CW., Eds., Vol.1, Pergamon, Oxford, UK, 166, (1984)

EFFECT OF THE ACID ACTIVATION OF CLAYS ON THE SYNTHESIS OF 1,5-BENZODIAZEPINE FROM 1,2-PHENYLENEDIAMINE AND ACETONE

Kristina Nikolaevna Makarova, student,
Timofeeva Maria Nikolaevna, ScD, Professor

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karla Marksa avenue, 20.

Makarova K.N., E-mail kristina-kristi-makarova@mail.ru

Timofeeva M. N., E-mail: timofeeva@catalysis.ru

Correspondence address: *Kristina Nikolaevna Makarova*, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karla Marksa avenue, 20, telephone (383)346-50-31.

Abstract

In work the possibility of the synthesis 1,5-benzodiazepines having biological activity and widely applicable in medicine is investigated. From an acetone and 1,2-phenylenediamines with use as catalysts of the natural montmorillonitovy clay (MM) of the Dash-Sakhalinsky field modified 0.25M by acids (HCl, HNO₃, HOAc and H₂SO₄). It is shown that reaction rate and an exit 1,5-benzodiazepines depend on the surface acidity of an exemplar (pH_{PZC} a point of a zero charge of a surface) and decrease among HCl-MM > HNO₃-MM > H₂SO₄ > HOAc.

Keywords: 1,5-Benzodiazepine; 1,2-Phenylenediamine; Acetone; Montmorillonite; Acid activation

УДАЛЕНИЕ ФОСФАТОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ ФИЛЬТРОВАНИЯ

Матюшенко Евгений Николаевич, аспирант;

Гейсатдинов Табриз Ильяз оглы, магистрант

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин), 630008, Россия, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113,
тел. +7(960)794-29-48

Матюшенко Е. Н., email ematyushenko1991@mail.ru

Гейсатдинов Т.И., email mr.geysaddinov@mail.ru

*Адрес для корреспонденции: Матюшенко Евгений Николаевич, 630008,
Россия, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 100, кв.15, тел. +7(960)794-29-48*

Аннотация

Сброс недостаточно очищенной сточной жидкости создает реальную угрозу нормальному функционированию водных экосистем, в особенности при сбросе стоков с большим содержанием биогенных элементов, вызывающих эвтрофирование («цветение») водоёмов. При множестве способ очистки сточных вод от фосфатов (биологические, реагентные и комбинированные) достаточно мало изученным остается способ удаления фосфатов природными и синтетическими сорбентами на стадии доочистки городских сточных вод перед сбросом в водный объект. В данной работе отражены исследования извлечения из искусственных сточных вод соединений фосфора и азота путем фильтрования через природный цеолит и современный искусственный сорбент Alumac320. Изучена эффективность изъятия фосфора и азота природным и искусственным сорбентом при различных скоростях фильтрования.

Ключевые слова

Фосфор, азот, биогенные элементы, сточная жидкость, способ удаления

1. Введение

Сброс недостаточно очищенных сточных вод в водоёмы создает угрозу нормальному функционированию экосистем, в особенности при сбросе стоков с большим содержанием биогенных элементов, вызывающих эвтрофирование («цветение») водоёмов. Эвтрофикация характеризуется бурным ростом сине-зелёных водорослей, появление которых наблюдается в теплый период года. Основными источниками антропогенного загрязнения водоёмов является сброс в них неочищенных или недостаточно очищенных бытовых или производственных стоков, наличие рекреационных зон, а также смыв минеральных удобрений с сельскохозяйственных полей [1, 2]. В результате проведения многочисленных отечественных и зарубежных исследований было

установлено, что лимитирующее воздействия на эвтрофирование водоёмов оказывает фосфор. Цветение водоёма возможно даже при очень низких значениях фосфора (более 0,2 мг/л).

На сегодня в отечественной и зарубежной практике проектирования локальных и городских ОСК применяют физико-химические, биологические и комбинированные методы удаления фосфора. Из всех перечисленных физико-химических методов наиболее доступным и легко осуществимым для очистки больших объемов сточной жидкости считается реагентный способ, предусматривающий использование химических реагентов, вводимых на различных стадиях очистки, а также комбинированный, сочетающий реагентный метод с традиционной биологической очисткой в аэротенках.

Биологический метод неэффективен и нестабилен, так как фосфор может снижаться только за счёт его использования на синтез биомассы в сооружениях биологической очистки и зависит от концентрации поступающих органических загрязнений.

Поэтому необходимо развивать и исследовать альтернативные методы очистки или доочистки сточных вод. Как раз одним из малоизученных методов является фильтрование биологически очищенной сточной жидкости через слой фильтрующей загрузки. В качестве фильтрующего материала для удаления соединений азота и фосфора чаще всего используют природные или синтетические сорбенты, например, цеолиты.

2. Методика экспериментального исследования

Цель данных исследований заключается в изучении способности природными цеолитами и синтетическим сорбентом Alumac320 удалять фосфаты, находящиеся в сточной жидкости.

Исследования по изучению эффекта извлечения фосфатов при использовании сорбентов проводились на искусственно приготовленной сточной жидкости. Схема установки представлена на рисунке 1. Установка состояла из двух стеклянных колонок $D_{\text{внут}}=55$ мм, растворных баков. В каждый бак заливалась предварительно приготовленный искусственный раствор (водопроводная вода с добавлением азота аммония, фосфатов, сульфатов). Приготовленный раствор пропускать через фильтрующую загрузку в течение 8 часов в день на протяжении 2 дней для цеолита и 3 дней для Alumac320. После чего фильтр, загруженный цеолитовой загрузкой регенерировался щелочным раствором в течение 2 часов и после промывался чистой водой 5 часов.

В искусственно приготовленной сточной жидкости определялись рН, температура, фосфаты и азот аммония. Определение концентраций азота аммонийного осуществлялось на спектрофотометре DR3900 с применением экспресс-тестов Lange (LCK303). Значение активной реакции среды и температуры определялись портативным рН-метром «Нитрон». Для определения концентраций фосфатов применялся метод, описанный в [5]. Метод основан на гидролизе полифосфатов, переходящих в ортофосфаты, с

образованием фосфорно-молибденового комплекса, окрашенного в синий цвет, и последующем фотометрическом определении полученного окрашенного соединения при длине волны 690 – 720 нм.

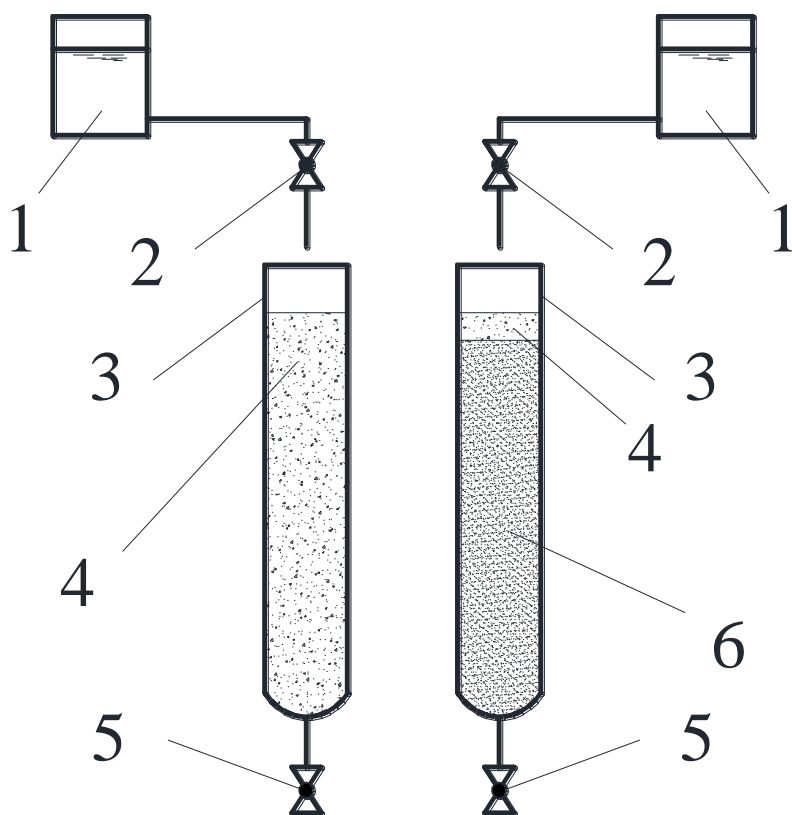


Рис. 1 Схема фильтровальной установки, загруженной цеолитом и Alumas320
1 – бак с приготовленным раствором; 2 – кран; 3 – стеклянная колонка; 4 – фильтрующая загрузка из природного цеолита; 5 – пробоотборник; 6 – фильтрующая загрузка Alumas320

3. Результаты и обсуждение

Изучая свойства цеолита и Alumas320, а также литературные источники по данной проблематике было решено изучить способной ужалить фосфаты и азот аммония из сточных вод при скорости фильтрования 2,8 – 3 м/ч (для цеолита) и 1,5 м/ч и 1,8-2 м/ч для Alumas320. Концентрацию фосфора определяли через каждый час фильтрации, азота аммония определяли 1-2 раза за 8 часов фильтрации. В таблице 1 приведены данные по удалению азота и фосфора из сточных вод.

Таблица 1 - Эффективность работы фильтра, загруженного природным цеолитом

День	Исходное значение фосфора/ азота, мг/л	Параметр	Часы фильтрации							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	15/12,3	Концентрация фосфора/ азота, мг/л	8,6/-	9/-	9,04/ 2,2	9,5/-	10,7/ -	10,7/ -	10,7/ 6,38	14,3/ -
		pH	5,38	5,27	5,25	5,40	5,94	6,65	6,50	6,69
		Температура, °С	17,78	17,82	17,85	18,31	18,5 0	18,7 8	18,6 5	18,5 7
		Эффект удаления фосфора/ азота, %	42,6/ -	40/ -	40/82, 1	34,6/ -	28,6/ -	28,6/ -	28,6/ 48,1	14,3/ -
2	10,3/12,3	Концентрация фосфора/ азота, мг/л	10,3 /-	10/-	10,3/ -	10,3/ -	10,3/ -	10,3/ -	10,3/ 7,67	9,85/ -
		pH	6,31	6,53	6,68	6,86	6,87	6,93	6,93	7,05
		Температура, °С	18,38	18,75	18,81	18,85	18,8 8	19,1 0	19,3 5	19,9 8
		Эффект удаления фосфора/ азота, %	0/ -	3/ -	0/ -	0/ -	0/ -	0/ -	0/ 37,6	4,3/ -
3	10,6/14,6	Концентрация фосфора/ азота, мг/л	10,6/ -	10,1/ -	9,7/ -	9,9/-	10,6/ -	9,85/ -	10,2/ 7,04	9,8/ -
		pH	6,85	6,91	6,95	6,98	5,94	6,65	6,50	6,69
		Температура, °С	17,65	17,05	17,32	17,56	17,8 6	18,7 0	18,8 6	18,6 1
		Эффект удаления фосфора/ азота, %	0/ -	4,7/ -	8,4/ -	6,6/ -	0/ -	7,1/ -	3,8/ 51,8	7,5/ -

Как видно из таблицы способность цеолита удалять соединения фосфора снижаются через несколько часов после начала фильтрации, а через 8 часов сводятся к нулю.

Опыты, проведенные с французским сорбентом Alumac320 проводились при скорости 1,5 м/ч и 1,8-2 м/ч на искусственно приготовленной сточной жидкости при концентрации фосфора 7,6–7,8 мг/л. Азот аммония не определялся, так как ранее было установлено, что данный сорбент не удаляет соединения азота. Приготовленный раствор фильтровался в течение 6 дней по 8 часов. В результате было установлено, что при данных скоростях концентрация фосфора в фильтрате составляла 0,01-0,05 мг/л по Р. При этом pH среды практически не менялась по сравнению с исходным значением.

4. Выводы

Проведенные лабораторные исследования по удалению фосфора с использованием природного цеолита и искусственного сорбента выявили, что использованием цеолита в качестве доочистки стоков не представляется возможным по экономическим соображениям, так как данный сорбент не способен практически удалять фосфор, а азот аммония снижается в среднем не более чем на 50%. Поэтому, при необходимости устройства узла доочистки от фосфора целесообразно использование Alumac320, позволяющего снижать концентрацию фосфора до норм ПДК и ниже в течение длительного периода времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойко Т.А. Интенсификация процессов дефосфатизации сточных вод с использованием летучих жирных кислот: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04. Новосибирск, 2006 – 169 с.
2. Дедков Ю.М., Коничев М.А., Кельина С. Ю. Методы доочистки сточных вод от фосфатов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2003, № 11. – С. 25 – 32.
3. Очистка производственных сточных вод завода по производству этилового спирта / Г.Т. Амбросова, А.А. Функ, Д.С. Хлебас, О.В. Ксенофонтова, Г. Шонхор // Водоснабжение и санитарная техника. – 2015. – № 2. – С. 37 – 45.
4. Сравнительная оценка применяемых методов удаления фосфора из сточной жидкости / Г.Т. Амбросова, А.А. Функ, С.Д. Иванова, Г. Шонхор // Водоснабжение и санитарная техника. – 2016. – № 2. – С. 25 – 36.
5. ГОСТ 18309-2014 Вода. Методы определения фосфорсодержащих веществ [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru>, свободный. (Дата обращения: 08.03.2017 г.). – Подробнее на docs.cntd.ru: <http://docs.cntd.ru/document/1200115799>
6. Айменова Г.К., Шакиров Б.С. Очистка фосфатсодержащих сточных вод местными сорбентами // Региональная экология. – 2003, № 1–2. – С. 68 – 71.

PHOSPHORUS REMOVAL FROM WASTEWATER BY FILTRATION

Matyushenko Evgeny Nikolaevich, Post-graduate Student;

Belozerova Elizaveta Sergeevna, Master's Degree student;

Nagornaya Tatyana Vyacheslavovna, Master's Degree student

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), 113

Leningradskaya Street, Novosibirsk, 630008, Russian Federation

Matyushenko E.N., email ematyushenko1991@mail.ru

Geysaddinov T.I., email mr.geysaddinov@mail.ru

Abstract

The discharge of insufficiently purified wastewater into a waterbody creates a serious threat to the normal functioning of the ecosystem, especially with the discharge of effluent with a high content of biogenous elements causing eutrophication («water bloom») of water bodies. Among many ways of wastewater treatment from phosphates (biological, reagent and combined) the method of phosphates removal by natural and synthetic sorbents at the after-purification of sewage water stage before discharge into a water body is poorly studied. The research of phosphorus and nitrogen extraction from artificial wastewater by filtration using natural zeolite and modern synthetic sorbent Alumac320 has been analyzed in this article. The efficiency of removal of phosphorus and nitrogen by natural and artificial sorbents at various speeds of filtration has been studied.

Keywords: phosphorus, phosphates, nutrients, wastewater, method of removal, reagents, wastewater treatment plants.

УДК 628.345.1

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД УДАЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И ФОСФОРА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Матюшенко Евгений Николаевич, аспирант;
Белозёрова Елизавета Сергеевна, магистрант;
Нагорная Татьяна Вячеславовна, магистрант

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин), 630008, Россия, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113,
тел. +7(960)794-29-48

Матюшенко Е. Н., email ematyushenko1991@mail.ru

Белозёрова Е.С., e-mail belozerovaliz@yandex.ru

Нагорная Т.В., e-mail Nagornaya_Tatyana@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Матюшенко Евгений Николаевич, 630008, Россия, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 100, кв.15, тел. +7(960)794-29-48

Аннотация

Рост городов и интенсивное развитие промышленности создают новые, а порой усугубляют уже существующие экологические проблемы. Сброс в водоёмы недостаточно очищенной сточной жидкости создаёт серьёзную угрозу функционирования экосистем. Проблема эта решается путём строительства ОСК, однако применяемые в настоящее время технологии не могут обеспечить требуемую степень очистки с доведением показателей загрязнений до ПДК. Вследствие этого одной из мировых проблем является эвтрофирование («цветение») водоёмов, вызванное избыточным содержанием в воде биогенных элементов (азота, фосфора и серы). Основные источники антропогенного поступления биогенных веществ в воду – неочищенные или недостаточно очищенные бытовые и промышленные сточные воды, рекреационные зоны и смыв с полей минеральных удобрений. В настоящей работе рассматриваются вопросы антропогенного воздействия на водоём. На сегодня одной из актуальных проблем, существующих в области очистки сточных вод, считается недостаточная эффективность известных методов удаления фосфора, в отличие от соединений азота. В работе приводится сравнительная характеристика известных и новых реагентов, применяемых для удаления фосфора, указываются их достоинства и недостатки. Приводятся результаты исследований осаждения фосфатов комплексом реагентов.

Ключевые слова

Фосфор, азот, биогенные элементы, сточная жидкость, способ удаления, очистные сооружения канализации.

1. Введение

Сброс недостаточно очищенных сточных вод в водоёмы создает угрозу нормальному функционированию экосистем, в особенности при сбросе стоков с большим содержанием биогенных элементов, вызывающих эвтрофирование («цветение») водоёмов. Эвтрофикация характеризуется бурным ростом сине-зелёных водорослей, появление которых наблюдается в теплый период года. Основными источниками антропогенного загрязнения водоёмов является сброс в них неочищенных или недостаточно очищенных бытовых или производственных стоков, наличие рекреационных зон, а также смыв минеральных удобрений с сельскохозяйственных полей [1, 2].

Первоначально решить проблему эвтрофирования водоёмов предполагалось путём удаления из сточной жидкости только одного биогенного элемента, а именно азота, применив нитрификацию и денитрификацию. Удаление только одного биогенного элемента на функционирующих очистных сооружениях канализации (ОСК) намного проще технически и экономически. Однако в результате проведения многочисленных отечественных и зарубежных исследований был установлен факт превалирующего воздействия на эвтрофирование водоёмов фосфора. Цветение водоема возможно даже при очень низких значениях фосфора (более 0,2 мг/л).

На сегодня в отечественной и зарубежной практике проектирования локальных и городских ОСК применяют физико-химические, биологические и комбинированные методы удаления фосфора. Из всех перечисленных физико-химических методов наиболее доступным и легко осуществимым для очистки больших объемов сточной жидкости считается реагентный способ, предусматривающий использование химических реагентов, вводимых на различных стадиях очистки, а также комбинированный, сочетающий реагентный метод с традиционной биологической очисткой в аэротенках. Суть реагентного метода состоит во взаимодействии вводимого реагента (ОХА, FeCl_3 , FeSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ или извести) со свободными ион-фосфатами, присутствующими в сточной жидкости, с образованием труднорастворимых солей ортофосфорной кислоты [3–12]. Ввод извести в количестве 150–400 мг/л позволяет добиться почти стопроцентного удаления фосфатов на любой стадии очистки, однако при этом образуются огромные объёмы химического осадка, так как для достижения высокого эффекта значение рН необходимо повышать известью до 10,5–11 [12]. Применение солей железа или алюминия делает органический осадок непригодным для использования в качестве органоминерального удобрения из-за появления в нём ионов тяжелых металлов.

Биологический метод малоэффективен и нестабилен, так как фосфор может снижаться только за счёт его использования на синтез биомассы в сооружениях биологической очистки и зависит от концентрации поступающих органических загрязнений. Как показали исследования по изучению дефосфотизации внутриплощадочных

сточных вод на Новосибирских ОСК на стадии биологической очистки концентрация фосфора в аэротенках возможна снижаться до 0,1 мг/л по Р при наличии большого количества питательного субстрата в биологической системе. Таким образом весь фосфор идет на синтез биомассы активного ила. Однако на стадии вторичного отстаивания, где происходит гравитационное разделение иловой смеси на избыточный неуплотненный активный ил и очищенную сточную жидкость, происходит высвобождение фосфора из клеток микроорганизмов активного ила. Таким образом концентрация фосфора увеличивается до 2 – 3 мг/л по Р.

2. Методика экспериментального исследования

Методы удаления фосфора из сточной жидкости являются не только сложными в реализации в сравнении с удалением азота, но и создают при эксплуатации массу нежелательных последствий, основным из которых является образование больших объёмов осадков с наличием в них ионов тяжелых металлов. В данной работе в качестве объекта исследования приняты химические реагенты, которые ранее не применялись для осаждения фосфатов (сульфат и хлорид магния), а также известь, однако в данной работе они изучены в новых комбинациях с другими химическими соединениями.

Исследования по изучению эффекта осаждения фосфатов при использовании разных реагентов проводились на натуральной сточной жидкости, отобранной на Новосибирских ОСК.

В натуральной сточной жидкости определялись рН, температура, азот аммония, фосфаты, азот нитритов и нитратов, ХПК. Определение концентрации фосфатов осуществлялось на спектрофотометре DR3900 и терморекторе HL200 с применением экспресс-тестов Lange. Значение активной реакции среды и температуры определялись портативным рН-метром «Нитрон».

3. Результаты и обсуждение

Самым эффективным и наиболее известным, а также экологически чистым реагентом для удаления фосфатов является известь (СаО). Этот элемент входит в состав минеральных удобрений. При введении в сточную жидкость извести ион Ca^{2+} взаимодействует с ион-фосфатом, присутствующим в сточной жидкости, и образуется труднорастворимая соль $\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3$ – гидроксид апатита, которую можно использовать в качестве низкосортного минерального удобрения. Исследования показали, что добиться высокого эффекта связывания фосфатов можно и при более малых дозах вводимой извести (менее 100 мг/л). Главным условием достижения высокого эффекта удаления фосфатов является повышение рН до значений 10,5–11. С целью резкого снижения химического осадка повышение рН до 10,5–11 производилось щелочным раствором. Причём доза вводимой извести зависит от концентрации фосфатов, её должно быть достаточно для связывания ион-фосфатов и ионов Ca^{2+} в трудно растворимую соль ортофосфорной кислоты $\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3$. Кроме этой соли, при высоком значении рН в растворе

натуральной сточной жидкости, содержащей азот аммония и ионы магния, образуется труднорастворимая двухосновная соль $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ – струвит. Такая соль также относится к низкосортному минеральному удобрению из-за низкого содержания фосфатов. Таким образом, известь в сочетании с щелочным реагентом не только резко сокращает объём химического осадка, но и обеспечивает высочайший эффект удаления фосфора (не менее 85% при дозах менее 100 мг/л).

К другим экологически чистым реагентам относятся сульфат $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ и хлорид магния $MgCl_2 \cdot 6H_2O$. При взаимодействии ионов Mg^{2+} с ион-фосфатами, присутствующими в сточной жидкости, также образуется труднорастворимая двухосновная соль $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$. Эффективность изъятия ион-фосфатов из сточной жидкости при использовании этих реагентов достигается также при высоких значениях pH (10–11), причём эффект может достигать 95–99%. Оптимальной дозой, обеспечивающей наибольший эффект, является соотношение $P:Mg^{2+} = 1:2$. С увеличением этого отношения в 2,5 и 5 раз, эффект снижается до 98,8% и 97%, соответственно.

4. Выводы

Проведенные лабораторные исследования реагентов (известки в сочетании со щелочным реагентом, а также хлорида и сульфата магния), позволяют сделать вывод о возможной замене известных реагентов (солей железа и алюминия) на современные экологически чистые, при использовании которых образуются осадки, которые можно применять в качестве низкосортного органоминерального удобрения. По результатам проведённых исследований [13, 14] разработана технологическая схема удаления соединений азота и фосфора из сточных вод, подана заявка на способ очистки сточной жидкости от фосфатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойко Т.А. Интенсификация процессов дефосфатизации сточных вод с использованием летучих жирных кислот: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04. Новосибирск, 2006 – 169 с.
2. Дедков Ю.М., Коничев М.А., Кельина С. Ю. Методы доочистки сточных вод от фосфатов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2003, № 11. – С. 25 – 32.
3. Очистка производственных сточных вод завода по производству этилового спирта / Г.Т. Амбросова, А.А. Функ, Д.С. Хлебас, О.В. Ксенофонтова, Г. Шонхор // Водоснабжение и санитарная техника. – 2015. – № 2. – С. 37 – 45.
4. Сравнительная оценка применяемых методов удаления фосфора из сточной жидкости / Г.Т. Амбросова, А.А. Функ, С.Д. Иванова, Г. Шонхор // Водоснабжение и санитарная техника. – 2016. – № 2. – С. 25 – 36.
5. Водоотведение: учеб. пособие / Ю.В. Воронов, Е.В. Алексеев, Е.А. Пугачёв, В.П. Саломеев – М.: АСВ, 2014. – 379 с.

6. Серпокрылов Н.С., Вильсон Н. С., Куделич Л. Ю. Дефосфотизация биологически очищенных сточных вод // Известия вузов. Строительство. – 2001, № 4. – С. 93–99.
7. Чернышев В.Н., Куликов В.Н., Ракульцев А.А. Очистка сточных вод от фосфора (в порядке обсуждения) // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001, № 1. – с. 18-20.
8. Васильев Б.В., Мишуков Б.Г., Соловьева Е.А. Реагентное удаление фосфора из городских сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – № 2. – С. 58–60.
9. Павкина О.М., Царёв А.В., Мельников К.В. Удаление азота и фосфора из сточной жидкости / Труды НГАСУ. – Новосибирск: Изд-во НГАСУ, 2001. – С. 168–174.
10. Сапон Е.Г., Пунько О.А., Марцуль В.Н. Очистка сточных вод от фосфатов // Хімія та сучасні технології: матеріали докладов Междун. науч.-техн. конф: I том. – Днепропетровск, 2013. – С. 154.
11. Коваленко А.Н., Шевченко Т.А. Усовершенствование методов удаления фосфора из бытовых сточных вод // Коммунальное хозяйство городов: науч.-тех. сб. – Харьков: Изд-во ХНУГХ им. А.Н. Бекетова, 2010. – С. 187–191.
12. Канализация населенных мест и промпредприятий: Справочник проектировщика / Под ред. В.Н. Самохина. – М.: Стройиздат, 1981. – 638 с.
13. Амбросова Г.Т., Бойко Т.А., Ксенофонтова О.В., Функ А.А. Изучение способа удаления фосфора из сточной жидкости // Стройпрофиль. – 2006. – № 8. – С. 103–104.
14. Амбросова Г.Т., Функ А.А., Матюшенко Е.Н. Фосфор в сточных водах – анализ методов удаления // Вода Magazine. – 2016. – № 7 (107). – С. 32–35.

COMBINED METHOD OF NITROGEN AND PHOSPHORUS REMOVAL FROM WASTEWATER

Matyushenko Evgeny Nikolaevich, Post-graduate Student;
Belozeroва Elizaveta Sergeevna, Master's Degree student;
Nagornaya Tatyana Vyacheslavovna, Master's Degree student

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin),
113 Leningradskaya Street, Novosibirsk, 630008, Russian Federation

Matyushenko E.N., email ematyushenko1991@mail.ru

Belozeroва E.S., e-mail belozeroва.liz@yandex.ru

Nagornaya T.V., e-mail Nagornaya_Tatyana@mail.ru

Abstract

The growth of cities and intensive development of industry create the new problems, and sometimes exacerbate existing environmental problems. The discharge of insufficiently purified wastewater into a waterbody makes a serious threat to the normal functioning of the ecosystem. This problem is solved by the construction of WWTPs, but currently used technologies cannot provide the required degree of purification with the reduction of pollutants to admissible concentration limit. Because of this, eutrophication («water bloom») of water bodies is one of the world's problems caused by excessive content of biogenous elements (nitrogen, phosphorus and sulfur) in water. Untreated or insufficiently purified domestic and industrial wastewater, recreational areas and flushing from fields of mineral fertilizers are the main sources of anthropogenic nutrient inputs to water. In this paper issues of anthropogenic impact to waterbodies are considered. Today one of actual problems existing in the field of wastewater treatment is the lack of effectiveness of known methods of phosphorus removal in comparison with nitrogen compounds. In this paper comparative characteristics of known and new reagents used for phosphorus removal are compared and their advantages and disadvantages indicate. Results of studies of phosphate precipitation by a complex of reagents are given.

Keywords: phosphorus, nitrogen, wastewater, method of removal, reagents, wastewater treatment plants.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЗАРЯДКИ ПОРИСТОГО ПОЛИМЕРНОГО ФИЛЬТРА

Мик Иван Александрович^{1,3}, аспирант;

Горев Василий Николаевич^{2,3}, к.ф.-м.н., доцент;

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(913)005-48-19

² Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, улица Пирогова, 2, тел. (383)330- 85-90

³ ООО "Тион Инжиниринг", 630090, Россия, г. Новосибирск, Инженерная улица, 20, тел. +7(495)215-56-64

Мик И. А., email mikluha.ia@gmail.com

Адрес для корреспонденции: *Мик Иван Александрович*, г. Новосибирск, ул. Пирогова 28, кв. 30, 630034, тел. +7(923)117-117-6

Аннотация

В представленной работе исследовался процесс зарядки аналога НЕРА (High Efficiency Particulate Air) фильтра. Создан стенд для изучения процессов зарядки и разрядки цилиндрического пористого диэлектрика. Разработана методика измерения потенциала поверхности фильтра. Был измерен электрический потенциал, который накапливается на фильтре во время его производства. На основе результатов экспериментов была разработана новая технологическая схема производства аналога НЕРА фильтра. Показано, что с помощью новой технологической схемы можно убрать с фильтра 100% статического заряда.

Ключевые слова

Электростатический заряд, электроспиннинг, технологии очистки, аэрозольные частицы, свойства фильтрации, пористая среда, перепад давления

Введение

В данной работе исследуется проблема получения толстослойного фильтрующего материала, в основе производства которого лежит два процесса: экструзия [1] полипропиленового волокна ($d_{\text{хар}} = 100$ мкм) и электроформование [2] нановолокон ($d_{\text{хар}} = 100 - 200$ нм), связанная с накоплением на нем заряда, который переносится во время процесса электроформования волокна.

Одна из проблем, возникающая в процессе электроформования толстослойного материала – это накопления заряда, большая часть которого переносится вместе с волокном, а меньшая часть заряда из-за ионизованного воздуха между капилляром и шпудлей [1]. Для изучения динамики зарядки

пористого диэлектрика, с помощью программного комплекса SolidWorks, был спроектирован и создан экспериментальный стенд (рис. 1).

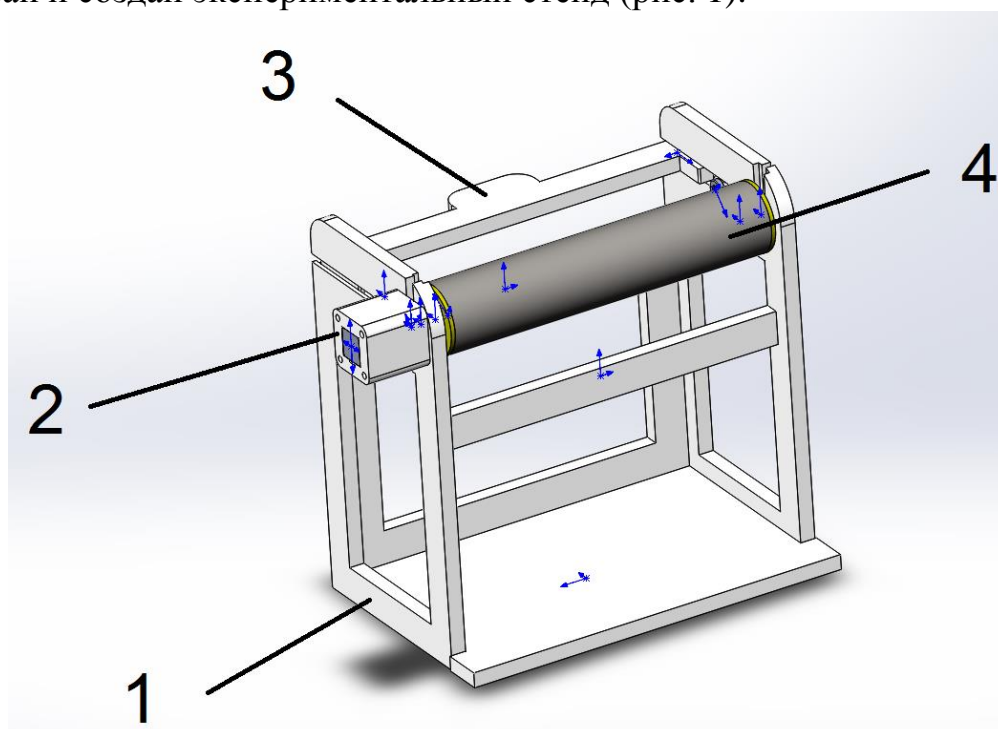


Рис. 1. Трехмерная модель экспериментального стенда: 1 – диэлектрический каркас, 2 – шаговый двигатель, 3 – штатив для электрода, 4 – фильтр, надетый на шпулю

Были разработаны методики измерения потенциала поверхности фильтра с помощью статического киловольтметра и поверхностного заряда с помощью АЦП. С помощью методик была исследована динамика стекания заряда с внешней поверхности волокнистого материала фильтра, представленная двумя физическими процессами – быстрым (порядка 1 минута), при котором внутри волокнистого материала происходит ионизация воздуха, и медленным (порядка 1 часа), который обуславливается проводимостью воздуха при нормальных условиях.

1. Результаты и выводы

Для разрядки использовались проволоки разных диаметров, лезвие и металлическая лента, толщиной 20 мк. В ходе эксперимента оказалось, что лента и лезвие для разрядки плохо подходят. Однако проволоки на максимально возможно близком расстоянии снимают полностью заряд, который накапливается на фильтре при его зарядке. Соответственно с расстоянием заземленная проволока снимает меньшее количество заряда. В ходе проведения экспериментов была обнаружена возможность снимать заряд с поверхности фильтра заземленным электродом. Величина снимаемого заряда зависит от расстояния между электродом и поверхностью фильтра. На минимальном расстоянии с фильтра можно снять долю заряда близкую 100%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Q. Wang, B. Mazea, H. V. Tafreshia and B. Pourdeyhimi. A case study of simulating submicron aerosol filtration via lightweight spun-bonded filter media. // *Chemical Engineering Science*. 2006. V. 61. P.4871–4883
2. Филатов ЮН. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс). // Под редакцией В.Н. Кириченко. - М.: ГНЦ РФ НИФХИ им.Л.Я. Карпова, 1997

RESEARCH OF THE DYNAMICS OF CHARGING THE POROUS POLYMER FILTER

*Mik Ivan Aleksandrovich*¹

¹ Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia, 20, Prospekt K. Marksa, 630073

² Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, 2, Pirogova St., 630090

³ Tion Co. Ltd, Novosibirsk, Russia, 20, Injenernaya St., 630073

Muk I. A., email mikluha.ia@gmail.com

Abstract

In the presented work, the charging of HEPA (High Efficiency Particulate Air) filter analogue was studied. An experimental stand was created for studying the processes of charging and discharging a cylindrical porous dielectric. A technique for measuring the potential of the filter surface has been developed. The electric potential that accumulates on the filter during its production is measured. Based on the results of the experiments, a new technological scheme for the production of an HEPA filter analogue was developed. It is shown that with the help of the new technological scheme it is possible to remove 100% static charge from the filter.

Keywords: Electrostatic charge, electrospinning, separation technology, aerosol particles, filtration performance, porous media, pressure drop

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ВОДОРОДА, КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТОПЛИВА, ИЗ
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

*Нефедова Дарья Васильевна^{1,2}, магистрант;
Матус Екатерина Владимировна¹, канд. хим. наук, н.с.;
Сухова Ольга Борисовна¹, ведущий инженер,
Кузнецов Вадим Владимирович¹, инженер;
Исмагилов Ильяс Зинферович¹, канд. хим. наук, н.с.,
Керженцев Михаил Анатольевич¹, канд. хим. наук, с.н.с.,
Исмагилов Зинфер Ришатович^{1,3}, чл.-корр., проф., директор*

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

³Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН,
пр. Советский, 18, Кемерово, 650000, Россия

Нефедова Д.В., e-mail nefedova.darya@gmail.com

Матус Е.В., e-mail matus@catalysis.ru

Сухова О.Б., e-mail sukhova@catalysis.ru

Кузнецов В.В., e-mail vadimk@catalysis.ru

Исмагилов И.З., e-mail iismagil@catalysis.ru

Керженцев М.А., e-mail ma_k@catalysis.ru

Исмагилов З.Р., e-mail zinfer1@mail.ru

*Адрес для корреспонденции: Нефедова Дарья Васильевна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск,
ул. Блюхера, 30/1, тел. (913) 384-97-33*

Аннотация

Синтезирована серия носителей $\text{Ce}_{1-x}\text{La}_x\text{O}_y$ ($x = 0-0.5$, $1.75 \leq y \leq 2.0$) и Ni-содержащих катализаторов на их основе для получения водорода из ископаемого и возобновляемого углеводородного сырья. Исследована каталитическая активность образцов в реакциях автотермического риформинга метана (АТР CH_4) и автотермического риформинга этанола (АТР $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Показано, что выход водорода увеличивается с уменьшением мольной доли La в составе носителя. Выявлен оптимальный состав катализатора Ni/Ce_{0.8}La_{0.2}O_{1.9}, в присутствии которого достигаются значения выхода водорода ~55% (АТР CH_4 , 850°C) и ~65% (АТР $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 600°C), близкие к соответствующим расчетным равновесным значениям.

Ключевые слова

Водород, автотермический риформинг метана, автотермический риформинг этанола, Ni катализаторы

1. Введение

В последние годы наблюдается резкий рост потребления водорода, являющегося основным сырьем химической и нефтехимической промышленности. Водород рассматривается как многообещающее топливо будущего, поскольку является самым легким топливом с наибольшей энергией на единицу массы, которое может быть превращено механическую или электрическую энергию без загрязнения окружающей среды [1]. В настоящее время более 85% водорода в России получают в процессе паровой конверсии метана, используя в качестве сырья природный газ. Однако перспективным является использование био-этанола, которое позволит снизить эмиссию вредных веществ и замедлить истощение ископаемых ресурсов [1, 2].

В данной работе с целью разработки эффективного катализатора для получения водорода, как экологически чистого топлива, из ископаемого и возобновляемого углеводородного сырья проведено исследование каталитических свойств $Ni/Ce_{1-x}La_xO_y$ образцов в реакциях автотермического риформинга метана (АТР CH_4) и автотермического риформинга этанола (АТР C_2H_5OH).

2. Методика экспериментального исследования

Носители $Ce_{1-x}La_xO_y$ ($x = 0-1$, $1.5 \leq y \leq 2.0$) синтезировали методом сложноэфирных полимерных предшественников [3, 4]. Катализаторы $Ni/Ce_{1-x}La_xO_y$ получали методом пропитки по влагоемкости носителя водным раствором нитрата никеля с последующей сушкой и прокаливанием при $500^\circ C$. Содержание Ni составляло 10 мас. %. Схема синтеза носителей и катализаторов представлена рис. 1.

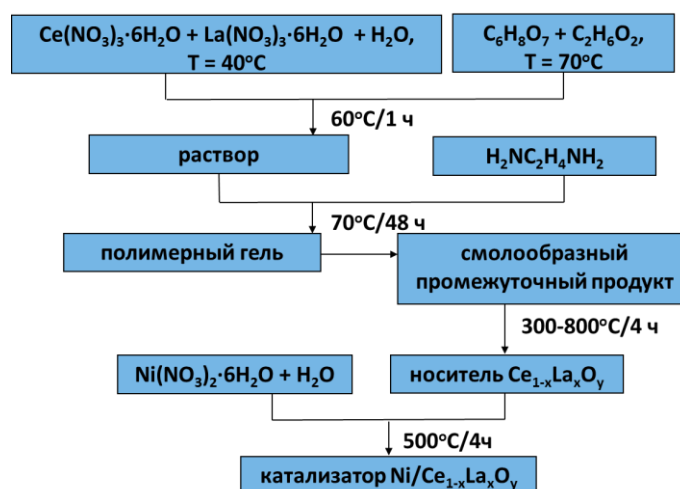


Рис. 1. Схема синтеза $Ce_{1-x}La_xO_y$ носителей и $Ni/Ce_{1-x}La_xO_y$ катализаторов.

Исследование активности катализаторов в реакциях АТР CH_4 и АТР $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ проводили в проточных кварцевых реакторах при атмосферном давлении. Условия АТР CH_4 : температура реакции 300-900°C, скорость газового потока 200 мл_N/мин, мольное соотношение реагентов $\text{CH}_4 : \text{H}_2\text{O} : \text{O}_2 : \text{He} = 1 : 1 : 0.75 : 2.5$, анализ реакционной смеси проводили с помощью масс-спектрометрического анализатора QMS 300 (Stanford Research Systems, USA). Условия АТР $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$: температура реакции 200-700°C, скорость газового потока 215 мл_N/мин, мольное соотношение реагентов $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} : \text{H}_2\text{O} : \text{O}_2 : \text{He} = 1 : 3 : 0.5 : 1$, состав реакционной смеси анализировали методом газохроматографического анализа.

3. Результаты и обсуждения

Исследование активности $\text{Ni}/\text{Ce}_{1-x}\text{La}_x\text{O}_y$ катализаторов в реакциях АТР CH_4 и АТР $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ показало, что с увеличением мольной доли лантана в составе $\text{Ce}_{1-x}\text{La}_x\text{O}_y$ носителя кривая температурной зависимости выхода водорода смещается в высокотемпературную область. Так, температура начала образования водорода (выход 5-10%) в реакции АТР CH_4 составляет 700°C и 550°C для $\text{Ni}/\text{Ce}_{1-x}\text{La}_x\text{O}_y$ катализаторов с $x = 0.8$ и 0.2 , соответственно. Выход водорода в обоих процессах увеличивается с увеличением мольной доли La в составе носителя с 0 до 0.2. При дальнейшем повышении содержания лантана наблюдается снижение выхода водорода (рис. 2а, 2б).

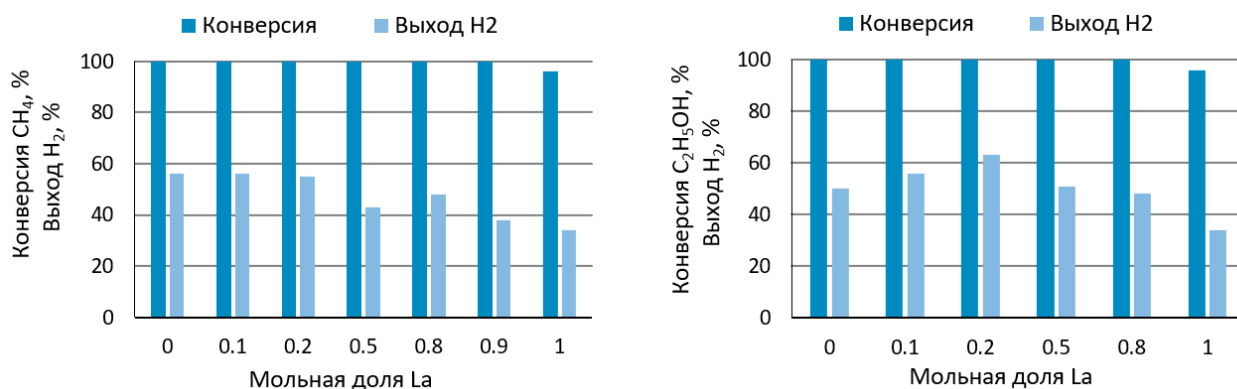


Рис. 2. Влияние содержания La на активность $\text{Ni}/\text{Ce}_{1-x}\text{La}_x\text{O}_y$ катализаторов: а – в реакции АТР CH_4 при 850°C, б – в реакции АТР $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ при 600°C.

В присутствии катализатора оптимального состава $\text{Ni}/\text{Ce}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{O}_{1.9}$ достигаются значения выхода водорода ~55% (АТР CH_4 , 850°C) и ~65% (АТР $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 600°C), близкие к соответствующим расчетным равновесным значениям.

4. Выводы

Показано, что в реакциях автотермического риформинга метана и автотермического риформинга этанола катализаторы $\text{Ni}/\text{Ce}_{1-x}\text{La}_x\text{O}_y$ обеспечивают высокую конверсию углеводородного сырья 96-100% и выход H_2 35-65%. Установлено, что выход водорода увеличивается с уменьшением мольной доли лантана в составе $\text{Ce}_{1-x}\text{La}_x\text{O}_y$ носителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулик О.П., Чернышев Л.И. Основные направления развития водородной энергетики. – Киев: Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, 2013. – 4 с.
2. Мокрушин А.С., Тюльпа В.В. Водород в энергетике: учеб. пособие. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014. – 24-25 с.
3. Ismagilov I.Z., Matus E.V., Kuznetsov V.V., Mota N., Navarro R.M., Kerzhentsev M.A., Ismagilov Z.R., Fierro J.L.G. Nanoscale control during synthesis of Me/La₂O₃, Me/Ce_xGd_{1-x}O_y and Me/Ce_xZr_{1-x}O_y (Me = Ni, Pt, Pd, Rh) catalysts for autothermal reforming of methane. - *Catalysis Today*. – 2013. – V. 210. – P. 10-18.
4. Керженцев М.А., Матус Е.В., Исмагилов И.З., Ушаков В.А., Стонкус О.А., Ларина Т.В., Козлова Г.С., BharaliP., Исмагилов З.Р. Структурные и морфологические свойства носителей Ce_{1-x}M_xO_y (M = Gd, La, Mg) для катализаторов автотермической конверсии этанола // *Журнал структурной химии*. –2017. – Т. 58. – №1. – С. 133-141.

SYNTHESIS AND RESEARCH OF CATALYSTS FOR THE PRODUCTION OF HYDROGEN AS AN ENVIRONMENTALLY PURE FUEL FROM HYDROCARBON RAW MATERIALS

Nefedova Darya Vasilevna^{1,2}, *Master's Degree student;*

*Matus Ekaterina Vladimirovna*¹, *ph.d. chemical, scientific associate;*

*Sukhova Olga Borisovna*¹, *principal engineer;*

Kuznetsov Vadim Vladimirovich, *engineer;*

*Ismagilov Ilyas Ziniferovich*¹, *ph.d. chemical, scientific associate;*

*Kerzhentsev Michael Anatolevich*¹, *ph.d. chemical, senior researcher,*

Ismagilov Zinifer Rishatovich^{1,3}, *corresponding member, Russian*

Academy of Sciences, Professor, director

¹Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, Pr. Akademika Lavrentieva 5, 630090
Novosibirsk, Russia

²Novosibirsk State Technical University, Pr. K. Marksa, 20, Novosibirsk,
630073, Russia

³Institute of Coal Chemistry and Material Science SB RAS, Pr. Sovetskiy 18,
650000 Kemerovo, Russia

Abstract

The Ce_{1-x}La_xO_y (x = 0-0.5, 1.75 ≤ y ≤ 2.0) series of supports and Ni-containing catalysts on these supports were synthesized to produce hydrogen from fossil and renewable hydrocarbon raw materials. The catalytic activity of the samples in autothermal reforming of methane (ATR CH₄) and ethanol (ATR C₂H₅OH) was studied. The hydrogen yield was shown to increase with a decrease of La molar fraction in the composition of the support. The catalyst with an optimum composition Ni/Ce_{0.8}La_{0.2}O_{1.9} provided hydrogen yields ~ 55% (ATR CH₄, 850 °C) and ~ 65% (ATR C₂H₅OH, 600 °C), which are close to the corresponding equilibrium values.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА СВОЙСТВА ПОЛИУРЕТАНА

¹ *Кадимова Анна Владимировна, аспирант,*

¹ *Никитин Савелий Константинович, студент,*

^{1,2} *Горбунов Фёдор Константинович, канд. техн. наук,*

^{1,2} *Полубояров Владимир Александрович, д-р хим. наук*

¹ Новосибирский государственный технический университет,
кафедра инженерных проблем экологии

630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7 (383) 346-50-31

² Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН,

Россия, 630128, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18

e-mail: f1123723@yandex.ru

e-mail: sav.nikitin2010@yandex.ru

Аннотация

В работе рассмотрено влияние высоких температур на эксплуатационные характеристики полиуретана (предел прочности при разрыве, относительное удлинение, плотность, твердость). Показано, что в процессе термообработки образцов литьевых полиуретанов при температуре 120°C в течение 15 часов происходит упрочнение полиуретана практически на 24%, а далее наблюдается незначительное снижение прочности до 19%.

Ключевые слова: полиуретан, полимер, высокие температуры, синтез полиуретановых образцов.

Введение

В настоящее время полиуретаны применяются в различных сферах промышленности, для изготовления самых разнообразных уплотнений, эластичных форм, герметиков, деталей маломощных машин и прочих изделий. Однако использование полиуретанов весьма ограничено диапазоном температурного применения (от -60 до +80 °C). В некоторых областях промышленности требуются полимерные материалы, которые способны эксплуатироваться при более высоких температурах. Вследствие этого исследование эксплуатационных характеристик полимеров при воздействии высоких температур является актуальной задачей.

Методика экспериментального исследования

Методом полимеризации литьевой полиуретан получали на основе форполимера СКУ ПФЛ-100 и отвердителя уретановых преполимеров УРЕЛИНК-107.

Технологическая схема получения (синтеза) полиуретановых образцов представлена на рисунке 1.

Исходные компоненты А (СКУ ПФЛ-100) и Б (УРЕЛИНК-107),

разогретые до рабочей температуры (60 °С и 25 °С соответственно), смешивали в определенном соотношении до гомогенного состояния с последующей дегазацией в вакуум-камере. Полученную смесь выливали в специальную форму открытого типа, в которой и происходила полимеризация полиуретана при температуре 100°С.

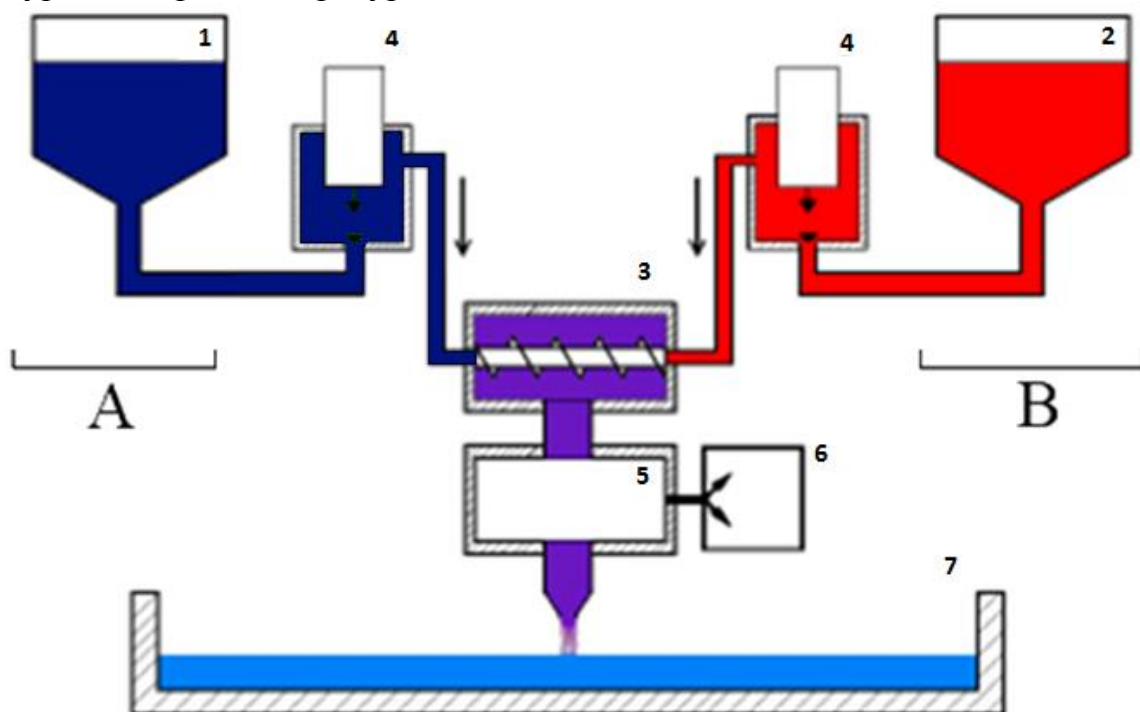


Рис. 1. Схема синтеза литьевого полиуретана:

*1 – преполимер уретановый СКУ ПФЛ-100; 2 – отвердитель Урелинк-107;
3 – смешительная камера; 4 – дозатор; 5 – вакуум камера; 6 – вакуумный насос;
7 – литьевая форма.*

Образец литьевого полиуретана в виде «лопатки», изготовленный в соответствии с ГОСТ приведен на рисунке 2, а технические характеристики в таблице 1.



Рис. 2. Образец литьевого полиуретана в виде лопатки

Таблица 1 - Технические характеристики полиуретана

Плотность, г/см ³	Твердость, Шор А	Предел прочности при разрыве, МПа	Относительное удлинение, %
1,09	94	28,1±1,2	625,1±16,3

* Площадь сечения рабочей зоны составило 25 мм², её длина – 35 мм.

Влияние высоких температур на свойства полиуретана исследовали путем прогревания образцов литьевого полиуретана в сушильном шкафу в течение 35 ч при температуре 120°С. Промежуточный отбор образцов проводили через каждые 5 ч термообработки.

На рис. 3 представлены образцы полиуретана после термообработки. Для сравнения на фотографиях в верхней части приведен контрольный образец, не подверженный термообработке.

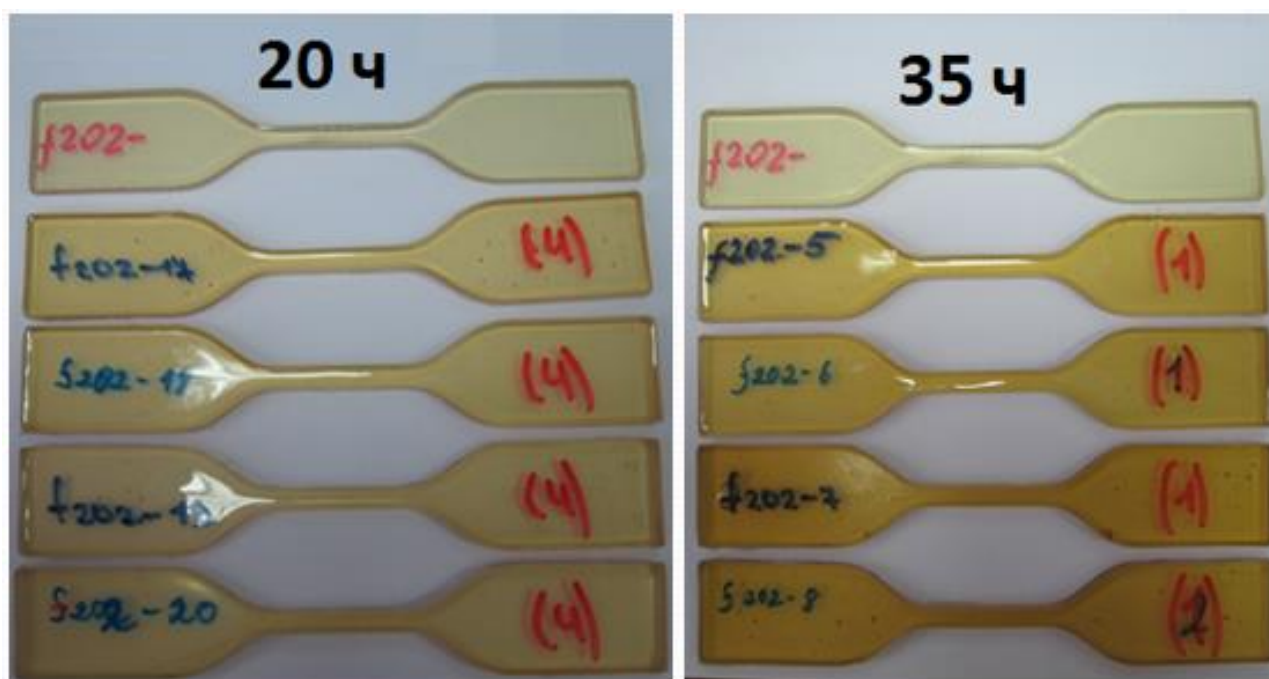


Рис. 3. Образцы полиуретана после термообработки:
верхний – контрольный; остальные – после термообработки

Из данных рисунка 3 видно, что с увеличением времени термообработки наблюдается изменение интенсивности окраски полимера, а именно, потемнение образцов полиуретана. Данный эффект связан с побочной реакцией (окислением) полиуретана с кислородом из воздуха при высоких температурах.

Физико-механические испытания полимеров проводили на разрывной машине Instron по следующей методике: образец полиуретана закреплялся в захватах, с последующим растягиванием до разрыва. В процессе испытания

разрывная машина фиксировала приложенную нагрузку и удлинение рабочей зоны образца.

Данные полученные в процессе испытания автоматически выводились в виде графика (рис. 4).

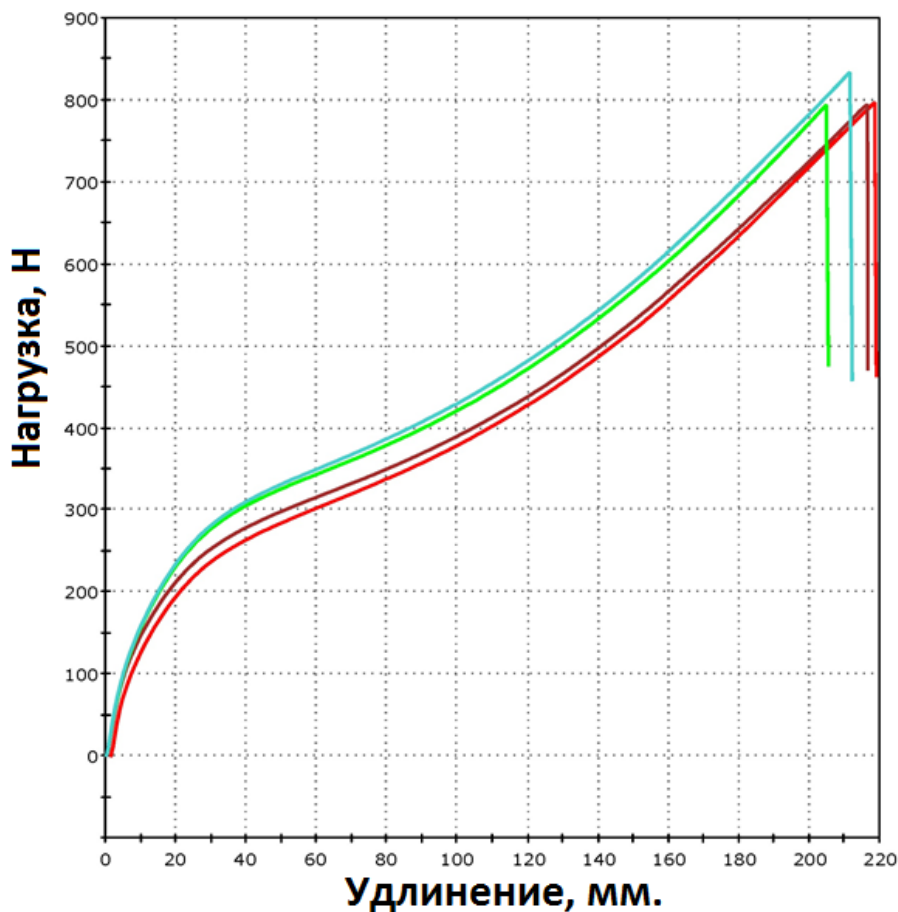


Рис. 4. График зависимости изменения нагрузки от удлинения в процессе испытания образцов полиуретана

Результаты и обсуждения

В ходе выполнения работы были исследованы эксплуатационные характеристики термообработанных и нетермообработанного образцов полиуретана. Данные по испытаниям приведены на рисунках 5 и 6.

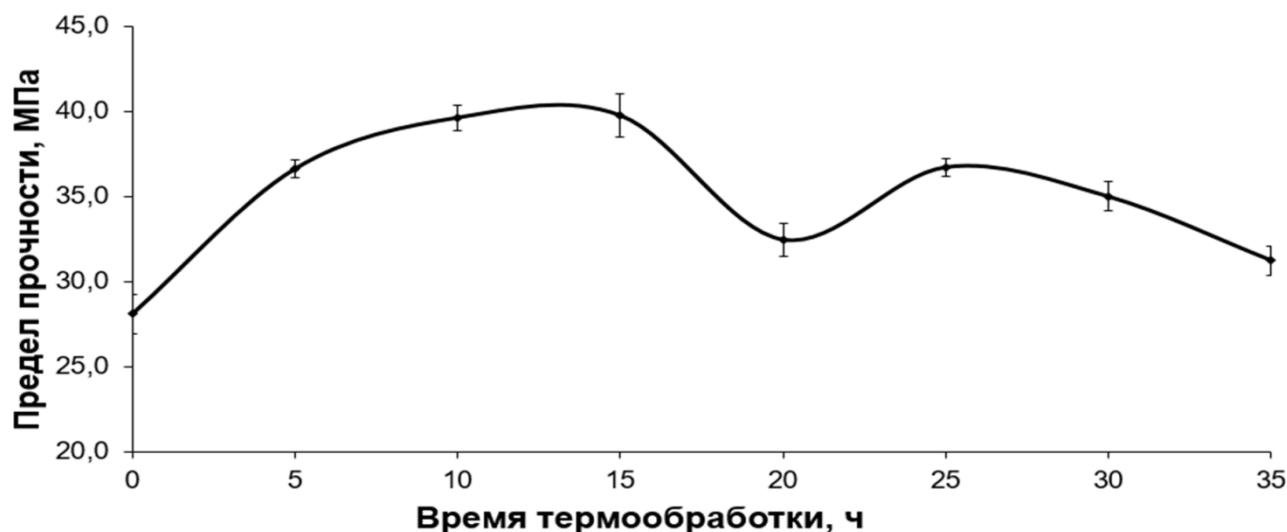


Рис. 5. График изменения предела прочности от времени термообработки

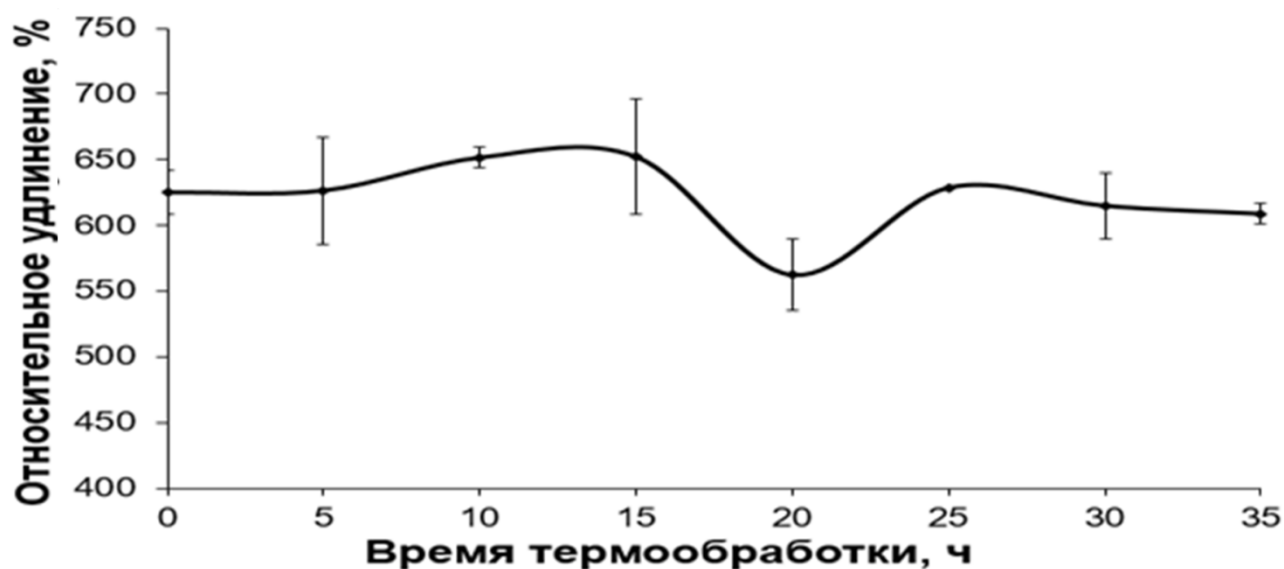


Рис. 6. График изменения удлинения от времени термообработки

Из рисунка 5 видно, что термообработка образцов полиуретана от 5 до 15 часов приводит к упрочнению образцов до 24% относительно нетермообработанного полиуретана. Дальнейшая термообработка приводит к снижению упрочнения полимера (минимум при времени термообработки 20 ч), а затем с увеличением времени обработки до 35 ч упрочнение образцов повышается, но незначительно и составляет не более 19% относительно нетермообработанного образца. Обнаруженный эффект упрочнения может быть связан с изменением надмолекулярной структуры полимера в процессе термообработки.

На рис. 6 видно, что в процессе термообработки относительное удлинение образцов полиуретана изменяется в пределах доверительного интервала.

Выводы

1. При проведении термообработки образцов полимерных материалов (полиуретана) на воздухе в течение от 5 до 35 ч. (5; 10; 15; 20; 25; 30; 35) при температуре 120 °С обнаружено, что в течение времени до 15 часов происходит упрочнение полиуретана на 24%, а при дальнейшем увеличении времени термообработки до 35 ч. наблюдается упрочнении образцов лишь до 19%. В то же время во всех случаях прочность термообработанных образцов полиуретана выше, чем прочность контрольных образцов.

2. Показано, что относительное удлинение образцов полиуретана при температуре 120°С практически не зависит от времени термообработки и его значения располагаются в зоне доверительного интервала.

5. Выявлено, что с увеличением продолжительности термообработки, происходит увеличение интенсивности окраски (цвета) литевых образцов полиуретана. Данный эффект наблюдается в связи с окислением полиуретана на воздухе при воздействии высоких температур.

THE EFFECT OF HIGH TEMPERATURES ON THE PROPERTIES OF POLYURETHANE

¹ *Nikitin Saveliy Konstantinovich, student,*

¹ *Kadimova Anna Vladimirovna, Ph.D. student,*

^{1,2} *Gorbunov Fedor Konstantinovich, Ph.D. (Engineering),*

^{1,2} *Poluboyarov Vladimir Aleksandrovich, D.Sc. (Chemical)*

¹ Novosibirsk State Technical University,

Russia, 630073, Novosibirsk, Karl Marx Avenue, 20

² Institute of solid state chemistry and mechanochemistry of the Siberian branch of the Russian academy of sciences,

Russia, 630128, Novosibirsk, Kutateladze str, 18

e-mail: f1123723@yandex.ru

e-mail: sav.nikitin2010@yandex.ru

Abstract

In this work the influence of high temperatures on the operating characteristics of polyurethane (the maximum tensile strength at break, elongation at break, density, hardness). It is shown that during heat treatment the samples polyurethanes at a temperature of 120C for 15 hours, the polyurethane strength up to 24%, and then there was a slight decrease in strength up to 19%.

Keywords: high temperature, polymer, the polyurethane, synthesis.

**Fe,Si-СОДЕРЖАЩИЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ
МОНТМОРИЛЛОНИТА КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ
СИНТЕЗА 1,5-БЕНЗОДИАЗЕПИНА**

Петрова Екатерина Андреевна^{1}, студент., Панченко Валентина Николаевна^{1,2}, канд. хим. наук., доцент, Приходько Сергей Александрович² канд. хим. наук., доцент, с.н.с., Тимофеева Мария Николаевна^{1,2} д. хим. наук., профессор*

^{1*} Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-50-31

² Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5.

Петрова Е.А., E-mail: katya_p_94@mail.ru

Приходько С. А. E-mail: spri@catalysis.ru.

Панченко В. Н., E-mail: panchenko@catalysis.ru.

Тимофеева М. Н., E-mail: timofeeva@catalysis.ru

Адрес для корреспонденции: Петрова Екатерина Андреевна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-50-31

Аннотация

Изучены каталитические свойства Fe,Si-содержащих композитов на основе природной глины (Чето месторождение, Аризона, США) (Fe,Si-ММ) в реакции конденсации 1,2-фенилендиамина с ацетоном в 1,5-бензодиазепин. Показано, что в присутствии Fe,Si-ММ реакция эффективно протекает при 50 °С с максимальным выходом 1,5-бензодиазепина 70.3%. Установлено, что скорость реакции и выход 1,5-бензодиазепина возрастают с увеличением количества железа в структуре Fe,Si-ММ материала.

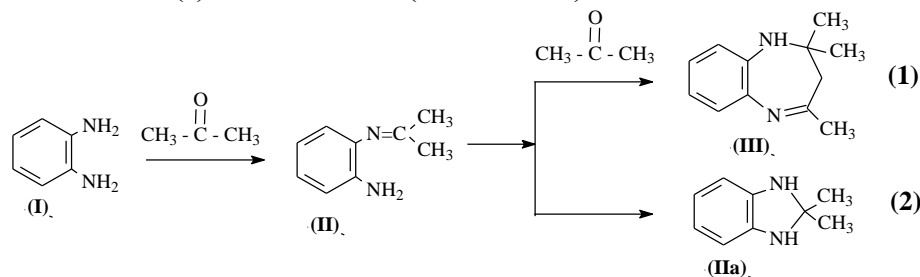
Ключевые слова

Fe-содержащие материалы, Монтмориллонит, 1,5-Бензодиазепин, 1,2-Фенилендиамин, Ацетон

1. Введение

Бензодиазепины и их производные являются одним из важных классов азотсодержащих гетероциклических систем, обладающих биологической активностью и широко применяемые в медицине в качестве успокаивающих и гипнотически действующих средств, а также для снятия мышечных спазмов [1]. Биологической активностью так же обладает и 2,3-дигидро-2,2,4-триметил-1Н-1,5-бензодиазепин (1,5-бензодиазепин (III)) - продукт реакции

1,2-фенилендиамин (I) с ацетоном (Реакция 1).



В настоящее время для данного процесса известно не так много гетерогенных катализаторов, поэтому поиск новых гетерогенных каталитических систем и исследование возможности регулирования выхода (III) в их присутствии является очень важной задачей.

В работе представлены результаты исследования каталитических свойств Fe,Si-содержащих композитов на основе природной глины (MM) (Чето месторождение, Аризона, США).

2. Экспериментальная часть

Fe,Si-содержащие композиты (Fe,Si-MM) с содержанием железа 1.88-3.84 масс.% были получены с использованием 3-аминопропилтриэтоксисила и FeCl₃, в качестве источников кремния и железа (атомное соотношение Fe/Si было 6:94, 18:82 и 30:70). Образцы были прокалены на воздухе при 500 °С в течение 4 ч. Обозначения образцов, химический состав и текстурные характеристики приведены в табл. 1-2. Реакцию конденсации (I) с ацетоном проводили в стеклянном термостатированном реакторе, снабженном мешалкой и обратным холодильником. Катализаторы перед каждым экспериментом активировались прокаливанием при 200 °С в течение 2 ч на воздухе для удаления адсорбированной воды. В реактор загружали 0.1 ммоль (I), 0.25 ммоль ацетона, 4 мл метанола и смесь нагревали до 50 °С. При перемешивании в реактор добавляли 0.015 г катализатора. Момент прибавления катализатора считали за начало реакции. Через определенные интервалы времени отбирали пробы и анализировали методом ГЖХ. Хроматографический анализ проводили на хроматографе Agilent 7820 с пламенно-ионизационным детектором (капиллярная колонка HP-5 25 м).

Таблица 1.

Химический состав и текстурные характеристики Fe,Si-MM материалов

	Химический состав, (масс.%)			Текстурные характеристики			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	d ₀₀₁ (Å)	S _{БЭТ} (м ² /г)	V _Σ (см ³ /г)	V _μ (см ³ /г)
MM	69.08	19.71	1.75	9.57	80	0.103	0.0091
1.88%Fe,Si-MM	79.91	19.71	2.68	13.89	138	0.103	0.049
2.95%Fe,Si-MM	79.90	19.71	4.22	13.69	152	0.117	0.054
3.84%Fe,Si-MM	81.78	19.71	5.49	13.69	171	0.129	0.063

3. Результаты и обсуждение

Согласно полученным данным Fe,Si-MM являются эффективными катализаторами реакции конденсации (I) с ацетоном. Реакция протекает с

высокой скоростью в растворе метанола при 50 °С и мольном соотношении ацетон/(I) 2.5 (таблица 2).

Визуально отмечено, что катализатор представляет собой отдельную фазу. Реакция не идет в отфильтрованной от катализатора реакционной массе. На основании этих наблюдений был сделан вывод о том, что реакция протекает гетерогенно. Согласно данным МС-ГЖХ основными продуктами реакции были 1,5-бензодиазепин (III), диимин (II) и дигидробензимидазол (IIa). На рис. 1 приведены кинетические кривые накопления продуктов реакции (II), (IIa) и (III) и расходования (I) в ходе реакции. Видно, что присоединение одной молекулы ацетона к (I) приводит к образованию продукта (II), который реагируя со второй молекулой ацетона, образует (III). Стоит обратить внимание, что в результате побочной реакции циклизации (II) также образуется незначительное количество побочного продукта (IIa).

Таблица 2

Реакция конденсации (I) с ацетоном в присутствии Fe,Si-ММ материалов¹

	Время, (мин)	Конверсия (I) (%)	Селективность, (%)		
			(II)	(IIa)	(III)
1.88%Fe,Si-ММ	10	18.3	94.9	0.5	5.0
	90	75.1	53.2	5.3	41.5
2.95%Fe,Si-ММ	10	30.9	93.0	4.5	2.5
	90	89.1	32.2	7.1	60.7
3.84%Fe,Si-ММ	10	40.0	84.8	6.2	3.0
	90	90.2	33.7	4.7	61.6
	120	100	25.2	4.5	70.3

¹ Условия реакции: 0.1 ммоль (I), 2.5 ммоль ацетона, 0.015 г катализатора, 4 мл MeOH, 50 °С.

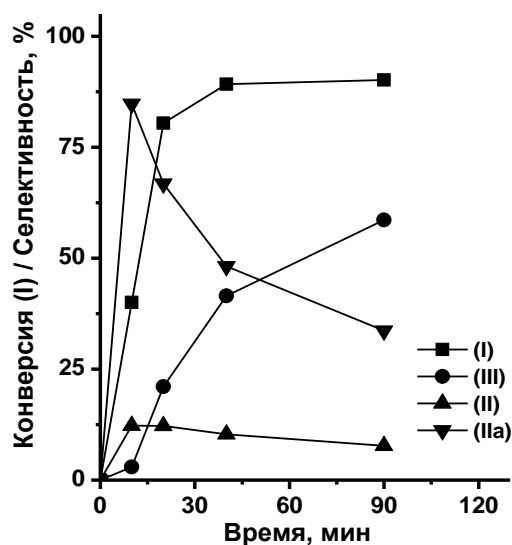


Рис. 1 Кинетика реакции конденсации (I) с ацетоном в присутствии 3.84%Fe,Si-MM (Условия реакции: 0.1 ммоль (I), 0.25 ммоль ацетона, 0.015 г 3.84%Fe,Si-MM, 4 мл MeOH, 50 °C)

Экспериментальные данные указывают на то, что конверсия (I) и выход продуктов (II) и (III) зависят от количества введенного железа в структуру Fe,Si-MM (рис. 2). Хорошо видно, что с увеличением количества железа в Fe,Si-MM скорость реакции и выход продуктов (II) и (III) линейно возрастают, что можно объяснить увеличением количества кислотных центров.

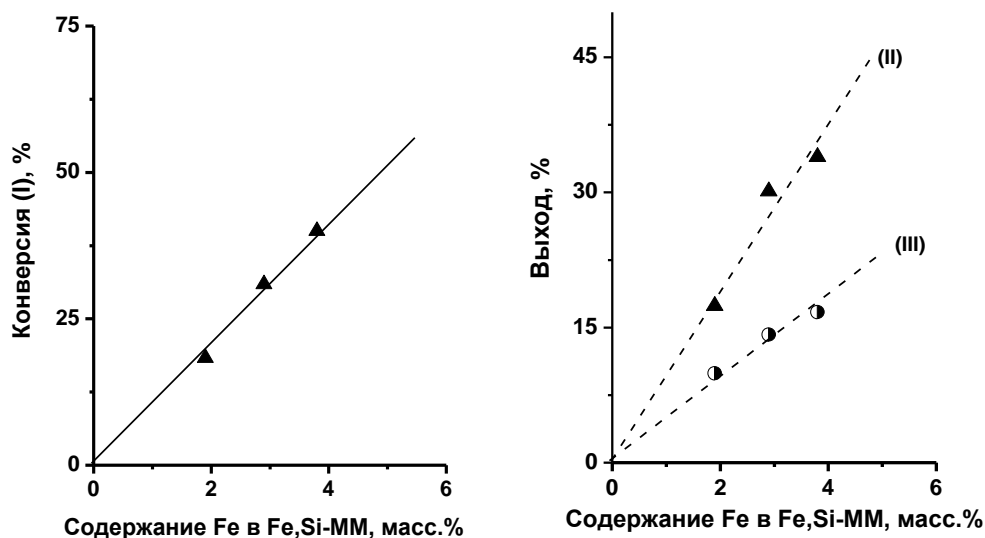


Рис. 2 Корреляции между содержанием железа в Fe,Si-MM, конверсией (I) за 10 мин, выходом (II) за 10 мин и (III) за 20 мин (Условия реакции: 0.1 ммоль (I), 0.25 ммоль ацетона, 0.015 г катализатора, 4 мл MeOH, 50 °C)

4. Выводы

Показана возможность применения железосодержащих композитов на основе природной глины (Fe,Si-ММ) в качестве катализаторов реакции конденсации 1,2-фенилендиамина с ацетоном в 1,5-бензодиазепин. Полученные данные показывают, что скорость реакции и выход продукта можно целенаправленно регулировать, изменяя количество встроенного в структуру композита ионов железа. С увеличением количества железа с 1.88 до 3.84 масс.% выход 1,5-бензодиазепина за 90 мин реакции возрастает с 31.2 до 55.6%. Максимальный выход продукта 70.3% наблюдался в присутствии 3.84% Fe,Si-ММ за 120 мин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. H. Schutz, In benzodiazepines. Springer: Heidelberg, Germany, 1982

Fe,Si-CONTAINING MATERIALS AS EFFECTIVE CATALYSTS FOR SYNTHESIS OF 1,5-BENZODIAZEPINE

Petrova Ekaterina Andreevna¹, student, Prikhod'ko Sergey Aleksandrovich², PhD, Senior Researcher, Panchenko Valentina Nikolaevna^{1,2}, PhD, Associate professor, Timofeeva Maria Nikolaevna^{1,2}, ScD, Professor

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

² Borekov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Prospekt Akad. Lavrentieva, 5.

Petrova E. A., E-mail katya_p_94@mail.ru

Prikhod'ko S. A., E-mail: spri@catalysis.ru

Panchenko V. N., E-mail: panchenko@catalysis.ru.

Timofeeva M. N., E-mail: timofeeva@catalysis.ru

Correspondence address: *Petrova Ekaterina Andreevna*, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karla Marksa avenue, 20, telephone (383)346-50-31.

Abstract

Here we demonstrated synthesis of 1,5-benzodiazepine from 1,2-phenylenediamine with acetone in the presence of Fe-containing materials (Si,Fe-Mt). These materials were prepared by sol-gel polymerization technique using montmorillonite Cheto (Arizona, USA) Mt as starting material, 3-aminopropyltriethoxysilane and FeCl₃ as sources of Si and Fe. Fe/Si atomic ratios in Si,Fe_x-Mt samples were 6:94, 18:82 and 30:70. Si,Fe-Mt materials were calcined at 500 °C in air. It was found that the reaction rate and yield of 1,5-benzodiazepine depended on the Fe content. The larger Fe content, the higher reaction rate and yield of 1,5-benzodiazepine.

Keywords: Fe,Si-montmorillonite composites; 1,5-Benzodiazepine; 1,2-Phenylenediamine; Cyclocondensation reaction.

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА $Ce_{1-x}M_xO_y$ ($M = Gd, La, Mg$)
НОСИТЕЛЕЙ И Ni КАТАЛИЗАТОРОВ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ
ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

Попкова Виктория Сергеевна^{1,2}, магистрант; Матус Екатерина Владимировна¹, к.х.н., н.с.; Ушаков Владимир Александрович¹, к.х.н., н.с.; Исмагилов Ильяс Зинферович¹, к.х.н., н.с.; Керженцев Михаил Анатольевич¹, к.х.н., с.н.с.; Исмагилов Зинфер Ришатович^{1,3}, чл.-корр., проф., директор

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

³Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН, пр. Советский, 18, Кемерово, 650000, Россия

Попкова В.С., e-mail sopova.2012@yandex.ru

Матус Е.В., e-mail matus@catalysis.ru

Ушаков В.А., e-mail ushskov@catalysis.ru

Исмагилов И. З., e-mail iismagil@catalysis.ru

Керженцев М. А., e-mail ma_k@catalysis.ru

Исмагилов З.Р., e-mail zinfer1@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Попкова Виктория Сергеевна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913) 921-34-76

Аннотация

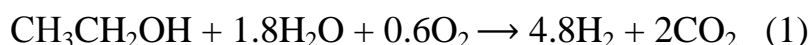
Методом Пекини синтезированы $Ce_{1-x}M_xO_y$ носители и исследовано влияние типа ($M = Gd, La, Mg$) и мольной доли ($x = 0; 0.1; 0.2; 0.5$) допирующего катиона (M) на генезис и физико-химические свойства материалов. Показано, что температура выгорания органической матрицы увеличивается с увеличением содержания M и в ряду $Gd < La < Mg$. Установлено, что допирование диоксида церия приводит к формированию мезопористых материалов со структурой типа флюорита, с меньшим размером кристаллитов и более высокой удельной поверхностью. Выявлена взаимосвязь между составом $Ce_{1-x}M_xO_y$ носителя и характеристиками Ni катализаторов: увеличение дисперсности нанесенных частиц NiO происходит с увеличением мольной доли допирующего катиона и в следующем ряду допирующих катионов $Mg - Gd - La$.

Ключевые слова: наноматериалы, диоксид церия, Ni катализаторы, автотермический риформинг биоэтанола, водород.

1. Введение

С каждым годом мировое потребление энергоресурсов неуклонно растет [1]. В частности, с 1995 по 2014 год мировое потребление нефтепродуктов увеличилось в 1.3 раза, твердого ископаемого топлива - в 1.8 раз, природного газа - в 1.6 раз. Из-за истощения крупных месторождений полезных ископаемых усложняются процессы их добычи, а также требуются серьезные трудовые и финансовые затраты. Сжигание углеводородного сырья приводит к выбросам парниковых газов в атмосферу, что оказывает необратимое воздействие на климат планеты. В этой связи важным вопросом является замена ископаемого топлива на альтернативные и возобновляемые источники энергии, такие как биологическое топливо. Из ряда возобновляемых источников сырья - биоэтанол считается более привлекательным из-за доступности, отсутствия токсичности, простоты хранения и высокого содержания водорода [2].

Автотермический риформинг биоэтанола (1) в водородсодержащий газ (АТР C_2H_5OH) представляет собой комбинацию парового риформинга этанола и парциального окисления этанола:



При стехиометрическом соотношении реагентов ($C_2H_5OH/H_2O/O_2 = 1/1.8/0.6$) $\Delta H^\circ_{298} = + 4.4$ кДж/моль. Благодаря энергонеутральности, реакцию АТР C_2H_5OH относят к энергосберегающим процессам. В качестве катализаторов для АТР C_2H_5OH используют благородные (Pt, Pd, Rh, Re) и переходные (Ni, Co) металлы, нанесенные на различные оксидные носители [3].

Целью настоящей работы являлось исследование влияния типа ($M = Gd, La, Mg$) и мольной доли ($x = 0- 0.5$) допирующего катиона (M) на генезис и физико-химические свойства $Ce_{1-x}M_xO_y$ носителей и $Ni/Ce_{1-x}M_xO_y$ катализаторов.

2. Методика экспериментального исследования

Синтез $Ce_{1-x}M_xO_y$ носителей ($M = Gd, La, Mg; x = 0; 0.1; 0.2; 0.5; 1.5 < y < 2.0$) осуществляли методом Пекини [4]. Для этого лимонную кислоту (ЛК) растворяли в этиленгликоле (ЭГ) и перемешивали на магнитной мешалке при температуре $70^\circ C$. К полученному раствору добавляли водный раствор смеси нитратов металлов ($Me = Ce + M$) заданной концентрации. Затем при интенсивном перемешивании по каплям добавляли этилендиамин (ЭД). Мольное соотношение $Me:ЛК:ЭГ:ЭД$ было фиксировано и составляло 1:4:12:4. После удаления избытка растворителя полученное смолообразное вещество прокаливали в муфельной печи при температуре $500^\circ C$ в течение 4 ч. Для синтеза $Ni/Ce_{1-x}M_xO_y$ катализаторов $Ce_{1-x}M_xO_y$ носитель пропитывали по влагоемкости водным раствором нитрата никеля заданной концентрации, затем образец сушили и прокаливали при температуре $500^\circ C$.

Физико-химические свойства носителей и катализаторов исследовали с помощью комплекса методов (термический анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, низкотемпературная адсорбция азота, рентгенофазовый анализ,

просвечивающая и сканирующая микроскопия).

3. Результаты и обсуждение

При синтезе $Ce_{1-x}M_xO_y$ носителей методом Пекини происходит формирование твердого смолообразного промежуточного продукта. Окисление и пиролиз полимерной матрицы при повышенной температуре приводит к образованию кристаллической фазы сложного оксида. Состав полимерного предшественника может оказывать влияние на размер кристаллитов, морфологию частиц и текстурные характеристики оксида [5]. На основании исследований термического разложения предшественников сложных оксидов установлено, что характеристики термического генезиса $Ce_{1-x}M_xO_y$ материалов определяются химическим составом образца. Температура выгорания органической матрицы увеличивается с увеличением мольной доли допирующего катиона, а также в следующем ряду допирующих добавок $Gd < La < Mg$. Показано [4], что полученные $Ce_{1-x}M_xO_y$ ($M = Gd, La, Mg$) материалы являются однофазными кристаллическими системами, представляющими собой флюоритоподобные твердые растворы на основе диоксида церия. Средний размер кристаллитов $Ce_{1-x}M_xO_y$ составляет 5.0-12.5 нм и уменьшается в ряду металлов $Gd - La - Mg$. По данным адсорбции N_2 , введение допирующего катиона Gd или La ($x = 0.1-0.2$) приводит к увеличению удельной поверхности ($S_{БЭТ}$) на 15-30%. Однако дальнейшее увеличение мольной доли допирующего катиона до 0.5 приводит к сокращению $S_{БЭТ}$.

Установлено, что Ni катализаторы на основе $Ce_{1-x}M_xO_y$ носителей являются мезопористыми материалами и характеризуются $S_{БЭТ} \approx 40-75 \text{ м}^2/\text{г}$ и $V_{\text{пор}} \approx 0.1-0.2 \text{ см}^3/\text{г}$. Показано, что при допировании диоксида церия процесс разложения соли-предшественника Ni смещается в высокотемпературную область, а также увеличивается доля трудновосстанавливаемых катионов активного металла Ni^{2+} , что указывает на увеличение степени взаимодействия металл-носитель в образцах на основе $Ce_{1-x}M_xO_y$. Допирование CeO_2 позволяет уменьшить размер частиц нанесенного активного компонента катализатора: увеличение дисперсности нанесенных частиц NiO происходит с увеличением мольной доли допирующего катиона и в следующем ряду допирующих катионов $Mg - Gd - La$.

4. Выводы

Проведен синтез $Ce_{1-x}M_xO_y$ носителей ($M = Gd, La, Mg; x = 0; 0.1; 0.2; 0.5; 1.5 < y < 2.0$) и Ni катализаторов на их основе для получения водорода методом автотермического риформинга биоэтанола. Выявлена взаимосвязь между составом и характеристиками полученных наноматериалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Россия: стратегия перехода к водородной энергетике / Б.Н. Кузык, Ю.В. Яковец; Авт. предисл. С.М. Миронов – М.: Институт экономических стратегий, 2007. – 400 стр.
2. Barroso M.N., Gomez M.F., Arrúa L.A., Abello M.C. Co catalysts modified by rare earths (La, Ce or Pr) for hydrogen production from ethanol. // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2014. – V. 39. – P. 8712–8719.
3. Baruah R., Dixit M., Basarkar P., Parikh D., Bhargav A. Advances in ethanol autothermal reforming // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2015. – V. 51. – P. 1345-1353.
4. Керженцев М.А., Матус Е.В., Исмагилов И.З., Ушаков В.А., Стонкус О.А., Ларина Т.В., Козлова Г.С., Bharali P., Исмагилов З.Р. Структурные и морфологические свойства носителей $Ce_{1-x}M_xO_y$ ($M = Gd, La, Mg$) для катализаторов автотермической конверсии этанола // *Журнал структурной химии*. – 2017. – Т. 58. – №1. – С. 133-141.
5. A.L. Quinelato, E. Longo, E.R. Leite, M.I.B. Bernardi, J.A. Varela, Synthesis and sintering of ZrO_2 - CeO_2 powder by use of polymeric precursor based on Pechini process // *Journal of Materials Science*. – 2001. – V.36. – P. 3825 – 3830.

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF $Ce_{1-x}M_xO_y$ (M = Gd, La, Mg) SUPPORTS AND Ni-BASED CATALYSTS FOR HYDROGEN POWER ENGINEERING

Popkova Victoria Andreevna^{1,2}, graduate students; Matus Ekaterina Vladimirovna¹, ph.d. chemical, scientific associate; Ushakov Vladimir Aleksandrovich¹, ph.d. chemical, scientific associate; Ismagilov Ilyas Ziniferovich¹, ph.d. chemical, scientific associate; Kerzhentsev Michael Anatolevich¹, ph.d. chemical, senior researcher, Ismagilov Zinifer Rishatovich^{1,3}, corresponding member, Russian Academy of Sciences, Professor, director

¹Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, Pr. Akademika Lavrentieva 5, 630090
Novosibirsk, Russia

²Novosibirsk State Technical University, Pr. K. Marksa, 20, Novosibirsk, 630073,
Russia

³Institute of Coal Chemistry and Material Science SB RAS, Pr. Sovetskiy 18,
650000 Kemerovo, Russia

Abstract

Catalyst supports $Ce_{1-x}M_xO_y$ were prepared by Pechini method. The effects of the type (M = Gd, La, Mg) and molar fraction ($x = 0; 0.1; 0.2; 0.5$) of the doping cation on genesis and physicochemical properties of materials were studied. It is shown that temperature of organic matrix burn-out increases with an increase of the M content and in the following row of dopants: $Gd < La < Mg$. It is established that doping of ceria leads to formation of mesoporous materials with the fluorite-type structure having a smaller crystallite size and higher specific surface area. The relationship between composition of $Ce_{1-x}M_xO_y$ supports and characteristics of supported Ni catalysts were revealed. The dispersion of supported NiO particles increases with a growth of the molar fraction of the doping cation and in the following sequence of the dopants: $Mg - Gd - La$.

**БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ Ni-M/CeZrO₂/Al₂O₃ (M = Pd, Pt, Re, Mo, Sn)
КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ КОНВЕРСИИ
МЕТАНА В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЙ ГАЗ**

Рундау Ирина Андреевна^{1,2}, студент; Матус Екатерина Владимировна¹, к.х.н., н.с; Кузнецов Вадим Владимирович¹, инженер; Яшник Светлана Анатольевна¹, к.х.н., н.с; Исмагилов Ильяс Зинферович¹, к.х.н., н.с; Керженцев Михаил Анатольевич¹, к.х.н., с.н.с, Исмагилов Зинфер Ришатович^{1,3}, чл.-корр., проф., директор

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

³Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН, пр. Советский, 18, Кемерово, 650000, Россия

Рундау И. А., e-mail irina_rundau@mail.ru

Матус Е. В., e-mail matus@catalysis.ru

Кузнецов В. В., e-mail vadimk@catalysis.ru

Яшник С.А., e-mail yashnik@catalysis.ru

Исмагилов И. З., e-mail iismagil@catalysis.ru

Керженцев М. А., e-mail ma_k@catalysis.ru

Исмагилов З. Р., e-mail zinfer1@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Рундау Ирина Андреевна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913) 480-78-40

Аннотация

Биметаллические Ni-M/CeZrO₂/Al₂O₃ катализаторы, полученные методом последовательной пропитки по влагоемкости, исследованы в реакции автотермического риформинга метана (АТР CH₄). Установлено, что показатели процесса АТР CH₄ зависят от типа (M = Pd, Pt, Re, Mo, Sn) и содержания (мольное соотношение M/Ni = 0,03-0,003) промотирующей добавки. Выявлена взаимосвязь между каталитическими свойствами образцов и их физико-химическими характеристиками. Оптимизирован состав Ni-M/CeZrO₂/Al₂O₃ биметаллического катализатора. При M/Ni = 0,003 максимальный выход водорода (70% при 850°C) наблюдается в случае использования Pd в качестве промотирующей добавки.

Ключевые слова

Биметаллические катализаторы; промотирование; автотермический риформинг метана; водород; природный газ.

1. Введение

Газовая промышленность является одной из наиболее динамично развивающихся и перспективных отраслей экономики [1, 2]. Различают природный газ (ПГ), добываемый из газовых месторождений; попутный нефтяной газ (ПНГ), добываемый попутно с нефтью; и шахтный газ, извлекаемый при разработке угольных месторождений. Основным компонентом ПГ, ПНГ и шахтного газа является метан. Метан применяется в качестве топлива в промышленности и в быту, а также как сырье для химической промышленности. Однако не весь добываемый *природный газ* используется в экономике страны: значительная часть ПНГ сжигается на факелах; в атмосферу выбрасывается до 95% метана, выделившегося при эксплуатации шахты. В настоящее время пересматривается концепция переработки легких углеводородов, требуется разработка энергоэффективных методов конверсии природного газа в продукты и полупродукты химической промышленности [3, 4]. Для ресурсосберегающей комплексной переработки ПГ и ПНГ предлагается использовать автотермический риформинг (АТР) углеводородного сырья в водородсодержащий газ [5]. В качестве катализаторов АТР широко используются Ni-содержащие катализаторы, нанесенные на различные оксидные носители. Для достижения высокой активности и устойчивости к образованию углеродистых отложений катализаторы модифицируют небольшим количеством благородных металлов. Целью настоящей работы являлась разработка биметаллических Ni-M/CeZrO₂/Al₂O₃ (M = Pd, Pt, Re, Mo, Sn) катализаторов для энергоэффективной переработки природного газа в водородсодержащий газ.

2. Методика экспериментального исследования

Для синтеза биметаллических катализаторов Ni-M/CeZrO₂/Al₂O₃ (M = Pd, Pt, Re, Mo, Sn) носитель CeZrO₂/Al₂O₃ пропитывали по влагоемкости водным раствором соли Ni (нитрат никеля Ni(NO₃)₂·6H₂O), затем сушили под ИК-лампой и прокаливали в муфельной печи при 500 °С в течение 4 ч. После чего полученные Ni/CeZrO₂/Al₂O₃ образцы пропитывали по влагоемкости водным раствором соединения-предшественника второго металла. В качестве предшественников использовали: нитрат палладия (II) Pd(NO₃)₂, водорода гексахлорплатинат (IV) гексагидрат H₂PtCl₆·6H₂O, перренат аммония NH₄ReO₄, аммония гептамолибдат (IV) тетрагидрат (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O, хлорид олова (II) SnCl₂·2H₂O. После пропитки Ni/CeZrO₂/Al₂O₃ образцы сушили под ИК-лампой и прокаливали в муфельной печи при 500 °С в течение 4 ч. Содержание Ni составляло 10 мас. %, а содержание промотора (M) варьировали (мольное соотношение M/Ni = 0,03; 0,01; 0,003). Физико-химические свойства катализаторов исследовали комплексом методов (термический анализ, низкотемпературная адсорбция азота, рентгенофазовый анализ, просвечивающая электронная микроскопия и температурно-программируемое восстановление водородом). Для изучения каталитической активности Ni-M/CeZrO₂/Al₂O₃ (M = Pd, Pt, Re, Mo, Sn) образцов в реакции АТР CH₄ использовали проточный кварцевый реактор. Условия реакции АТР

CH₄: атмосферное давление, температура 300 - 900 °С, скорость газового потока 200 мл_N/мин и мольное соотношении реагентов CH₄ : H₂O : O₂ : He = 1 : 1 : 0,75 : 2,5. Испытания образцов в реакции АТР CH₄ проводили без предварительной активации катализаторов в водороде. Анализ реакционной смеси проводили с помощью масс-спектрометрического анализатора QMS 300 (Stanford Research Systems, USA).

3. Результаты и обсуждение

Исследование температурной зависимости конверсии метана (X_{CH₄}) и выхода водорода (Y_{H₂}) в реакции АТР CH₄ в присутствии Ni-M/CeZrO₂/Al₂O₃ показало, что температура начала X_{CH₄} и образования H₂ определяется химическим составом образца. Так, для немодифицированного образца X_{CH₄} начинается при T = 500°С и в температурном диапазоне 550-850°С составляет ~40%. Основными продуктами реакции в данной области являются CO₂ и H₂O. Образование H₂ и CO начинается при температуре реакции 850°С, затем их выход увеличивается с повышением температуры реакции, и равен, соответственно, 40% и 35% при 900°С. В присутствии катализаторов, модифицированных Pd или Pt, как температура начала X_{CH₄}, так и Y_{H₂} смещены в низкотемпературную область. Температурная область, где основной реакцией является реакция полного окисления метана, более узкая: 450-650°С. Рост X_{CH₄} и выхода CO и H₂, обусловленный протеканием реакций риформинга метана, начинается уже при температуре 650°С. Показано, что катализатор Ni_{0.05}Pd/CeZrO₂/Al₂O₃ проявляет стабильную работу в условиях реакции АТР CH₄, и обеспечивает высокий выход водорода ~ 70% при конверсии метана 100% и температуре реакции 850°С. Установлена взаимосвязь между каталитическими и физико-химическими свойствами Ni-M/CeZrO₂/Al₂O₃ образцов. Показано, что варьирование типа и содержания промотирующей добавки практически не влияет на текстурные и структурные характеристики катализаторов, но позволяет регулировать восстанавливаемость катионов никеля. Из данных температурно-программируемого восстановления водородом следует, что восстановление Ni²⁺ смещается в низкотемпературную область в следующем ряду промоторов Mo < Sn < Re ≤ Pd < Pt. Определено, что увеличение Y_{H₂} наблюдается при уменьшении доли трудновосстанавливаемых катионов никеля Ni²⁺, достигаемом путем введения промотора в состав катализатора.

4. Выводы

Разработаны эффективные биметаллические Ni-M/CeZrO₂/Al₂O₃ (M = Pd, Pt, Re, Mo, Sn) катализаторы для конверсии метана в водородсодержащий газ. Показатели процесса автотермического риформинга метана зависят от типа и содержания промотирующей добавки (M) в составе катализатора, регулирующей восстанавливаемость активного компонента. Катализаторы обеспечивают выход водорода 45-70%, при конверсии метана ~ 100 % и температуре реакции 850°С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арутюнов В.С., Савченко В.И., Седов И.В., Макарян И.А., Шмелев В.М., Алдошин С.М. Новые концепции развития малотоннажной газохимии // НефтеГазоХимия. – 2014. – Т.4. – Р. 19-23.
2. Парфирьева Е.Н., Пантелеева Ю.В. Перспективы развития мирового нефтегазохимического комплекса // Вестник казанского технологического университета. – 2012. – Т.15. – Р. 177-181.
3. Фейгин В.И., Брагинский О.Б., Заболотский С.А. Исследование состояния и перспектив направлений переработки нефти и газа, нефте- и газохимии в РФ. // Доклад ИНСОП. - М: Эконинформ, 2011. – С.60.
4. Важенин Ю.И. Ставка на переработку. // Нефтегазовая вертикаль. – 2013. – Т. 6. – С. 29.
5. Исмагилов И.З., Матус Е.В., Кузнецов В.В., Керженцев М.А., Mota N., Navarro R.M., Fierro G.J., Koeckoeck A., Gerritsen G., Abbenhuis H.C., Захаров Ю.А., Исмагилов З.Р. Дизайн высокоэффективного катализатора для каталитического мембранного реактора для производства водорода // Альтернативная энергетика и экология. – 2016. – Т. 13-14. – С. 13-30.

**BIMETALLIC NI-M/CEZRO₂/AL₂O₃ (M = PD, PT, RE, MO, SN)
CATALYSTS FOR ENERGY EFFECTIVE CONVERSION OF METHANE
INTO HYDROGEN-CONTAINING GAS**

Rundau Irina Andreevna^{1,2}, student; Matus Ekaterina Vladimirovna¹, ph.d. chemical, scientific associate; Kuznetsov Vadim Vladimirovich¹, engineer; Yashnik Svetlana Anatolievna¹, ph.d. chemical, scientific associate; Ismagilov Ilyas Zinferovich¹, ph.d. chemical, scientific associate; Kerzhentsev Michael Anatolevich¹, ph.d. chemical, senior researcher, Ismagilov Zinfer Rishatovich^{1,3}, corresponding member, Russian Academy of Sciences, Professor, director

¹Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, Pr. Akademika Lavrentieva 5, 630090
Novosibirsk, Russia

²Novosibirsk State Technical University, Pr. K. Marksa, 20, Novosibirsk, 630073,
Russia

³Institute of Coal Chemistry and Material Science SB RAS, Pr. Sovetskiy 18,
650000 Kemerovo, Russia

Abstract

Bimetallic Ni-M/CeZrO₂/Al₂O₃ catalysts were prepared by sequential impregnation method and studied in the autothermal reforming of methane (ATR of CH₄). It is found that the parameters of the ATR of CH₄ depend on the catalyst type (M = Pd, Pt, Re, Mo, Sn) and the promoter content (molar ratio M/Ni = 0,03-0,003). The correlation between catalytic properties of samples and their physicochemical characteristics was established. The optimization of the composition of bimetallic Ni-M/CeZrO₂/Al₂O₃ catalysts was carried out. At M/Ni = 0.003 the maximum yield of hydrogen (70 % at 850 °C) is observed when Pd is used as a promoting additive.

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ УГОЛЬНЫХ ТЭС

*Садыкова Алена Анатольевна, магистрант; Александров Виктор
Юрьевич, с.н.с., к.х.н.*

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

Садыкова А.А., email sadykovsa92@gmail.com

Александров В.Ю., email viktoral48@yandex.ru

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

Аннотация

Золошлаки угольных ТЭЦ складированы на золоотвалах, что создает экологические проблемы загрязнением вод и отчуждением земель. Вовлечение золошлаковых отходов (ЗШО) во вторичное обращение ограничивается применением их незначительной доли в строительных материалах и использованием в качестве инерта при планировках территории. В настоящей работе сделана попытка разработки методов целевых продуктов из этих отходов. Решение задачи осложняется стадией растворения ЗШО, которые представляют собой окристаллизованные, термодинамически устойчивые оксиды с низкой удельной поверхностью.

Ключевые слова

Золошлаковых отходов (ЗШО), целевых продуктов, полигонах – золоотвалах, зола – уноса (ЗУ), механохимической активации.

1. Введение

Ежегодно от сжигания кузнецких и канско-ачинских углей на ТЭЦ ОАО «Новосибирскэнерго», образуется около 800 тыс. тонн ЗШО [1]. Размещение отходов осуществляется на специально подготовленных для этого полигонах - золоотвалах, расположенных на удалении до 10 км от производственной площадки электростанции [2-3]. Площадь территорий, занятых под золоотвалы ОАО «Новосибирскэнерго», составляет более 1000 га. К настоящему времени на этих полигонах накоплено 27,6 млн. тонн золы и шлаков. Отчуждаются значительные территории пригородных и городских земель, растворимая часть отходов загрязняет поверхностные воды и подземные водоносные горизонты.

2. Методика экспериментального исследования

Исходным материалом является зола - уноса (ЗУ) Новосибирской ТЭЦ-5, шифр образец «0».

Данные по химическому составу представлены в таблице 1.

Таблица 1

Данные по химическому составу зол: усредненные показатели для ЗУ ТЭЦ-5
и для
образца «0».

Оксид элемента	Содержание в ЗУ ТЭЦ-5, % - вес	
	Данные АО «СИБЭКО» (усредненные показатели для ЗУ ТЭЦ-5)	Образец «0» данные ЦЛАТИ по СФО (пересчет на оксидную форму из элементного содержания)
Al ₂ O ₃	20,7	19,5
Fe ₂ O ₃ /FeO	6,32	31,4/28
CaO	5,10	59,4
Mn ₃ O ₄	0,07	1,33
TiO ₂	0,86	0,89
SiO ₂	59,76	-
MgO	2,17	-
K ₂ O	2,56	-
Na ₂ O	1,16	-

Сравнение усредненных показателей и состава исследованной ЗУ показывает близость значений для алюминия (табл.1). При этом содержание кальция и железа, в выбранном для исследования материале, многократно превышает усредненные показатели.

Рентгенофазовым анализом установлено наличие в образце «0» фаз: CaO; CaCO₃; SiO₂; SiC, величина удельной поверхности составляет 0,06 м²/г (исследования проведены в институте химии твердого тела и механохимии СО РАН). Наличие в ЗУ окристаллизованных, термодинамически устойчивых оксидов с низкой удельной поверхностью определили выбор жестких условий обработки материалов для извлечения растворимых форм алюминия.

Для извлечения из образца «0» растворимых форм проводилась предварительная обработка:

- 1) Смешение образца «0» (40 г) с карбонатом натрия (безводный) (60 г), сумма 100 г;
- 2) Мехактивация в лабораторной мельнице «Fritsch» 300 об/мин, 5 мин;
- 3) Прокалка 900 °С, 1 час – получен «плав» зеленого цвета (70 г), потеря суммарного веса происходит за счет термического разложения карбонатов;
- 4) Растворение отдельных навесок «Плава» путем обработки жидкими компонентами – Н₂О - дистиллированная вода (образцы серии С1), 10%-я серная кислота (образцы серии С2), царская водка – ЦВ (HCl + HNO₃ 3:1)

(образцы серии СЗ).

Перешедший в раствор материал выпаривали до сухих кристаллов под ИК-лампой (индекс «ж»). Не растворившийся в жидкости материал прокаливали 500 °С, 1 час (индекс «т»).

Полученные твердые материалы анализировали для определения химического состава.

Образцам присвоены шифры:

Таблица 2

Шифры образцов		
Исходный материал	Жидкость обработки материала	Шифры образцов
«плав» 40 г. ЗУ + 60 г. Na ₂ CO ₃ Мехактивация 900 °С, 1 час.	H ₂ O	С1ж; С1т
	H ₂ SO ₄	С2ж; С2т
	(ЗНСl + HNO ₃)	С3ж; С3т

В жидких пробах (до ИК-сушки), индикаторной бумагой, определяли рН растворов, величины составили: для С1ж – 14, для С2ж – 5, для С3ж - 6.

3. Результаты и обсуждение

Сравнение эффективности растворителей

Для выявления наиболее эффективного растворителя, рассчитывали весовое отношение части навески, перешедшую в жидкую фазу (Рж), к части оставшейся нерастворенной (Рт)

Таблица 3

Весовой баланс растворения ЗУ ТЭЦ-5 в растворителях различной химической природы

Химический состав растворителя	H ₂ O	H ₂ SO ₄	(ЗНСl + HNO ₃) «царская водка»		
Р исх. (г)	10,0	10,0	11,0	11,0	10,0
Рж (г)	2,6	7,7	10,9	10,6	8,7
Рт(г)	7,6	6,7	4,5	3,1	2,6
Рж/Рт	0,4	1,1	2,4	3,4	3,3
Среднее	-	-	3,0		

Сравнение величин Рж/Рт для разных растворителей показывает, что самым эффективным является «царская водка».

Сравнение эффективности извлечения целевых продуктов

Сравнение эффективности извлечения названных металлов из ЗУ в жидкую фазу представлено в таблице 4.

Таблица 4

Эффективность извлечения алюминия и железа металлов из ЗУ

Образец (растворитель)	Содержание элемента (% вес)	
	Алюминий	Железо
С1ж (H ₂ O)	0,5	0,02
С2ж (H ₂ SO ₄)	1,0	2,1
С3ж (3HCl + HNO ₃)	1,2	1,2

Анализ перехода химических элементов из исходного образца в твердую и жидкую фазы проведен для растворителя «царская водка» (табл.5).

Таблица 5

Химический состав образцов: «0»; С3т; С3ж (данные ЦЛАТИ по СФО)

Определяемый показатель	Ед. измер	Обр. «0»	С3т	С3ж	НД на МИ, средства измерения
Алюминий	%	10,35	6,056	1,207	ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98, Спектрометр эмиссионный с индуктивно связанной плазмой Optima 2100 DV
Железо	%	22,00	21,59	1,154	
Марганец	%	0,951	0,781	0,061	
Титан	%	0,558	0,702	0,016	
Калий	%	0,463	0,133	0,163	
Магний	%	4,869	2,022	0,612	
Кальций	%	42,42	17,03	4,877	

Рассмотрение количественных величин показывает, что, несмотря на большое различие в химической активности растворителей в ряду: вода – серная кислота - ЦВ, извлечение целевых продуктов (алюминий) в раствор из «плава» не превышает 1 - 2%, при этом, основная масса металлов остается в не растворившемся осадке.

4. Выводы

Вероятной причиной является недостаточная механохимическая активация исходного материала, что не создало достаточных условий для разрушения термодинамически устойчивых соединений, сформированных при высоких температурах процесса сжигания угля.

Библиографический список:

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2008 году», Новосибирск 2009. – 49 с.
2. Использование золошлаковых отходов при производстве строительных материалов и изделий / Бернацкий А.Ф. // Наука на службе экологической безопасности человека и природы. Новосибирск 2008. - 60-65 с.
3. Перспективы использования золошлаковых отходов / Бернацкий А.Ф. Новосибирск 2003. - 205-215с.

DEVELOPMENT OF METHODS OF EXTRACTION OF TARGET PRODUCTS FROM SULFUR WASTES OF COAL THERMAL POWER STATION

Sadykova A.A., Master's Degree student, e-mail sadykova92@gmail.com

Aleksandrov V.Y., senior researcher, Ph.D. (Chemical), e-mail

viktoral148@yandex.ru

Novosibirsk State Technical University, pr. Karl Marx Str. 20, Novosibirsk, 630073
Russia

Abstract

The ash and slag of coal thermal power station is stored on ash dumps, which creates environmental problems water pollution and alienation of land. The involvement of ash waste in the secondary treatment limited to the use of their small share in construction materials and use as inert in the planning area. In the present work we attempt to develop methods of targeted products from these wastes. The solution of the problem is complicated by the stage of dissolution of ash waste, which represent crystallized, thermodynamically stable oxides with a low specific surface.

Keywords

Ash waste, target products, landfills – ash ponds, fly ash, mechanochemical activation.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БЕЗРЕАГЕНТНЫХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Солдышев Руслан Владимирович, аспирант

Ларичкин Владимир Викторович, д.т.н., профессор

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

Солдышев Р. В., e-mail: darete.red@gmail.com

Ларичкин В.В., e-mail: larichkin@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Ларичкин Владимир Викторович

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

Аннотация

В работе проведена сравнительная характеристика безреагентных методов очистки сточных вод, действие которых направлено на разрыв внутримолекулярных химических связей загрязняющих веществ. Показано, что уменьшение финансовых вложений в системы повышения эффективности очистки сточных вод целесообразно осуществлять за счет встраивания в уже существующие на предприятиях технологические циклы установок безреагентной очистки.

Ключевые слова

Промышленные предприятия, сточные воды, безреагентная очистка, загрязнение гидросферы

Введение

В связи с ужесточением российского экологического законодательства для промышленных предприятий сегодня важно повышение эффективности очистки сточных вод с минимальными экономическими затратами.

Очистка сточных вод подразумевает устранение из них взвешенных и растворенных веществ, а также организмов, могущих оказать вредное воздействие на природу и человека.

Выбор метода очистки и аппаратное оформление процесса зависит от таких факторов, как:

- количество сточных вод;
- санитарных и технологических требований;
- наличия у предприятия энергетических и материальных ресурсов;
- эффективности процесса обезвреживания.

В настоящее время основные методы очистки производственных сточных вод разделяют на рекуперационные и деструктивные. Результатом рекуперационных методов очистки является извлечение из сточных вод

ценных веществ и их дальнейшая переработка. В результате применения деструктивных методов, основанных на введении реагентов, загрязняющие вещества разрушаются за счет процессов окисления или восстановления.

Это влечет за собой вторичное загрязнение очищаемой воды, а также экономические затраты на реагенты и дополнительную очистку.

В работе рассмотрены достоинства и недостатки безреагентных методов и даны рекомендации по их применению.

2. Сравнительный анализ деструктивных безреагентных методов очистки сточных вод

2.1 Кавитационный метод

Одним из безреагентных методов очистки сточных вод, действующим на внутримолекулярные химические связи, является метод кавитационной обработки.

Кавитация – это возникновение в движущейся жидкости областей (пузырьков), заполненных газом, возникающих в результате падения давления в жидкости до величин, меньших насыщения при данной температуре. Дальнейшее повышение давления, приводит к схлопыванию (конденсация) пузырьков газа с выделением энергии, в виде сферической ударной волны и кумулятивных струек [1]. Под действием выделившейся энергии происходит диссоциация веществ и жидкости, с образованием высокореакционных частиц, в том числе гидроксильных OH^\cdot радикалов, которые далее рекомбинируют с образованием пероксида водорода [2]. Кавитация возникает также в случае обтекания водой твердых поверхностей с большой скоростью, когда струя воды ударяется с большой силой о преграду. В обычных условиях движения воды по трубам кавитация является вредным явлением, увеличивающим гидравлическое сопротивление.

В основе кавитационной очистки сточных вод лежат два процесса:

1. объемное окисление мелких и частично окисленных веществ;
2. дробление и сопутствующее ему поверхностное или точечное окисление.

При кавитационном воздействии разрушаются коллоиды и частицы, внутри которых могут содержаться бактерии. Бактерицидное действие кавитации зависит от интенсивности, скорости потока и числа ступеней возбудителей кавитации. Этот метод наиболее эффективен для обеззараживания воды. Кроме этого кавитация способна дробить крупные органические молекулы, в частности, тяжелых нефтепродуктов. Тем самым ее можно применять для очистки от органических примесей. При сравнении экономических затрат различных методов обеззараживания условной единицы объема питьевой воды кавитация составляет – 162, УФ-обработка – 261, хлорирование – 482, озонирование – 1600 условных единиц. Таким образом, кавитационный метод дешевле самого распространённого в нашей стране метода хлорирования почти в 3 раза.

Исходя из данных представленных в [2...4], кавитационная обработка воды обладает следующими достоинствами:

1. простота конструкции оборудования;
2. очистка происходит без внесения дополнительных реагентов;
3. высокая экономическая эффективность;
4. при использовании в комбинации с другими методами, значительно повышается эффективность очистки.

К недостаткам технологии следует отнести:

- медленный процесс очистки;
- необходимость замкнутого циркуляционного контура очистки;
- недостаточная степень очистки, поэтому невозможность использования, как основного метода очистки.

2.2 Электрогидроимпульсный метод

Этот метод основан на высоковольтном разряде в гидросреде, на так называемом эффекте Юткина [5]. Суть эффекта состоит в том, что внутри объёма жидкости, находящейся в открытой или закрытой емкости, осуществляется импульсный электрический разряд. При этом вокруг зоны его образования возникают сверхвысокие гидравлические давления, способные вызывать в воде сложные физико-химические процессы, в том числе по-видимому, разрывать внутримолекулярные химические связи загрязняющих веществ. В работе [6] разработан технологический комплекс по очистке сточных вод электрогидроимпульсным методом, в состав которого входят: генератор импульсных токов с максимальной энергией 0,8 кДж, частотой повторения 1 гц, напряжением разряда 20 кВ; реактор со встроенной системой электродов. В экспериментах со сточной водой авторы подавали 21 разряд в течение 14 с, При этом энергоёмкость одного разряда составляла 0,273 кДж. Проведённые авторами через сутки после обработки сточной воды химические анализы показали существенное уменьшение остаточной концентрации многих загрязняющих веществ, в частности, взвешенных веществ – в 5 раз, нитрит-иона – в 16,2 раза, нитрат-иона – в 5,3 раза, железа общего – 3,8 раза, марганца – в 8,5 раза, цинка – в 10 раз, нефтепродуктов – в 2,8 раза. Очевидно, что рассматриваемый способ имеет существенные преимущества перед традиционными технологиями, т.к. даже при мощности одного модуля 1-2 кВт·ч и средней производительности 1 м³/ч можно путем регулирования числа последовательно соединённых реакторов (модулей) можно очищать любые объёмы сточных вод промышленного предприятия. Судя по результатам экспериментальных исследований этот метод наиболее эффективно применять для сточных вод содержащих нитрит-ионы, нитрат-ионы, цинк. Более высокую эффективность очистки сточных вод предприятия можно достичь путем использования на предварительной стадии недорогих механических методов очистки, а затем применять электрогидродинамический метод.

2.3 Метод взаимодействующих закрученных потоков

Авторами патента [7] предложен безреагентный способ очистки сточных вод, основанный на взаимодействии встречных организованных закрученных потоков жидкости (сточной воды) с эжектированием атмосферного кислорода

(воздуха). По мнению авторов, организовывая специальным образом в конверторах закручивание струй сточной воды и обеспечивая их встречное взаимодействие можно ускорить процессы ионообмена и диссоциации молекул.

Присутствующие в органических примесях азот, фосфор, хлор, сера и другие минеральные элементы под действием специальных режимов обработки выводятся, либо связанными в нерастворимые вещества (зольность), либо в свободном состоянии как азот и водород.

В работе [8] приведены результаты испытаний экспериментальной установки (турбоконвертора), работающей по методу взаимодействующих закрученных потоков, при очистке производственных сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами. На основе измерения инфракрасных спектров, установлено, что при исходной концентрации нефтепродуктов в сточной воде 0,48 мг/л после обработки воды турбоконвертором в течение 20 мин концентрация снижается до 0,16 мг/л.

3. Выводы

Сравнительный анализ рассмотренных безреагентных методов очистки сточных вод показывает их высокую эффективность и экономичность. Поэтому их необходимо внедрять на предприятиях, в зависимости от вида загрязнений и их количества, либо как самостоятельную очистную систему, либо как дополнительный модуль к уже существующей системе очистки сточных вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маргулис М.А. Основы звукохимии (химические реакции в акустических полях): Учеб. пособие для хим. и хим.-технол. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1984. – 272 с.
2. Бобкова Е.С. Гриневич В.И, Исакина А.А, Рыбкин В.В. Разложение органических соединений в водных растворах под действием электрических разрядов атмосферного давления // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. – 2011. - №6. - С. 3-17.
3. Цыбикова Бэлэгма Амоголоновна, Будаев Саян Львович, Батоева Агния Александровна - Каталитическая деструкция серосодержащих соединений в условиях гидродинамической кавитации // Вода: химия и экология. – 2012. - №6. – С. 86-91.
4. Батоева Агния Александровна, Асеев Денис Геннадьевич, Сизых Марина Романовна, Хандархаева Марина Сергеевна - Перспективы применения низконапорной гидродинамической кавитации в процессах очистки сточных вод // Вода: химия и экология. - 2011. - №9. – С. 27-31.
5. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. – Л. Машиностроение. – 1986. - 256 с.

6. Электрогидроимпульсный способ очистки сточных вод / Е.С. Ильин, А.И. Орленко, В.С. Ратушняк, Т.А. Сергиенко, А.В. Юрьев // Экология производства. – 2017. – №2. – С. 57-59.

7. Способ очистки воды от примесей и устройство для его осуществления: пат. WO / 2009/131480 Рос. Федерация: МПК C02F 1/74 / Ю.Ф. Воробьев, Л.Ю. Воробьев; заявитель и патентообладатель Воробьев Леонид Юрьевич – № РСТ / RU2008 / 000241; заявл. 21.04.08; опубл. 29.10.09

8. Измерение концентрации ионов водорода в процессе очистки сточных вод безреагентным аэрогидродинамическим методом / В.В. Ларичкин, Ю.Ф. Воробьев, Л.Ю. Воробьев, В.Ю. Червяков, В.И. Лобов // Наука Промышленность Оборона: труды XVII Всероссийской научно-технической конференции. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – Т. 4. – С. 202-206.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE REAGENTLESS METHODS OF SEWAGE TREATMENT

Soldyshev R.V., Graduate student, e-mail: darete.red@gmail.com

Larichkin V.V., Professor, e-mail: larichkin@corp.nstu.ru

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

Abstract

In work the comparative characteristic the reagentless methods of sewage treatment which action is directed to a rupture of intramolecular chemical bonds of pollutants is carried out. It is shown that it is expedient to carry out reduction of financial investments in systems of increase in efficiency of sewage treatment due to embedding in the production cycles of installations of reagentless methods cleaning which are already existing at the enterprises

Keywords:

Industrial enterprises, waste water, reagentless cleaning, pollution of the hydrosphere

ЗОЛОБЕТОНЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОВОЛОКОН

Строганов Дмитрий Алексеевич^{1,2}, аспирант, *Мишаков Илья Владимирович*², с.н.с., к.х.н., *Ведягин Алексей Анатольевич*², к.х.н.

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. Лаврентьева, 5

Строганов Д. А., email distrog@gmail.com

Мишаков И. В., email mishakov@catalysis.ru

Ведягин А.А., email vedyagin@catalysis.ru

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

Аннотация

Представлены результаты исследования образцов золобетона, в котором часть вяжущего вещества и заполнителя были замещены золошлаковыми отходами (ЗШО) Павлодарской ТЭЦ-1. В качестве упрочняющей добавки в составе золобетона были использованы углеродные нановолокна (УНВ) различной структуры (коаксиально-конические и стопчатые). Образцы золобетонов, модифицированные УНВ, были подвергнуты физико-механическим испытаниям на истираемость, плотность и прочность (на сжатие). В результате испытаний было установлено, что введение УНВ в состав золобетонов практически не влияет на истираемость и плотность образцов, в то время как показатель прочности на сжатие в среднем увеличился на 31%.

Ключевые слова

Золошлаковые отходы; углеродные нановолокна; золобетон; прочность на сжатие, модифицирование.

1. Введение

В настоящее время проблема утилизации золошлаковых отходов (ЗШО) является очень актуальной, так как золоотвалы тепловых электростанций занимают огромные территории. В среднем на ТЭЦ ежегодно вырабатывается порядка 1,6 млн. тонн золы в год, которая складывается на золоотвалах. Одним из методов утилизации ЗШО является вовлечение ЗШО в процесс изготовления строительных материалов, например, бетонов (золобетонов) [1]. В последнее время особое внимание привлекает использование углеродных нановолокон (УНВ) [2] и углеродных нанотрубок (УНТ) [3], синтезируемых путем каталитического разложения углеводородов и их смесей, в качестве

добавки, улучшающей физико-механические характеристики золобетонов.

2. Методика экспериментального исследования

В работе были проведены следующие физико-механические испытания:

1) *Истираемость*. Испытания проводили в соответствии с ГОСТ 13087-81 [4]. В качестве аппаратуры для испытаний образцов на истирание были применены весы электронные лабораторные, круг истирания ЛКИ-3 и штангенциркуль. В качестве материала использовался песок фракции 0,5 мм.

2) *Прочность на сжатие*. Испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 10180-90 [5]. Для испытаний прочности образцов бетонов в качестве аппаратуры использовались гидравлический пресс П-10. Для испытаний из серий образцов выбирались образцы наиболее правильной формы. Далее грани образцов зачищались на шлифовальном диске до достижения ровности их граней. После образцы поочередно закреплялись в гидравлическом прессе и подвергались воздействию до появления деформации в виде разлома.

3) *Плотность*. Испытания проводятся в соответствии с ГОСТ-12730.1-78 [6]. В качестве аппаратуры для определения плотности образцов были применены весы электронные лабораторные и штангенциркуль. С помощью штангенциркуля определялись высота, ширина и длина образцов, из полученных данных вычислялся объем образца, после этого образец взвешивался.

3. Результаты и обсуждение

На первом этапе была изучена способность образцов УНВ различной структуры (коаксиально-конические, К-К, и стопчатые, С) образовывать водные суспензии (УНВ/Н₂О). В таблице 1 приведены параметры приготовления суспензий и результаты расчёта суспендируемости различных типов УНВ, а также концентраций полученных суспензий УНВ/Н₂О.

Таблица 1

Характеристики полученных суспензий УНВ/Н₂О. Мощность УЗ-диспергатора 400 Вт, время обработки 24 мин, объем приготовленных суспензий 500 мл.

Тип УНВ	$\Delta T, ^\circ C$	$m_{\text{осадка}}, \text{ мг}$	$\Delta m, \text{ мг}$	Суспендируемость, %	$C^*, \text{ мг/мл}$
Коаксиально-конические (К-К)	42	290	210	42	1,11
Стопчатые (С)	52	52	448	90	2,33

* C – концентрация УНВ в суспензии

Далее были изготовлены образцы золобетонов с добавлением УНВ в качестве армирующей добавки. Оптимальный процент добавления ЗШО в бетоны, по результатам ранее проведенных испытаний, составляет 20% от массы сухих компонентов. Образцы золобетонов включали в себя следующие компоненты: 30% цемента марки ЦЕМ II/В-Ш32,5 Б ГОСТ 31108-2003; 50% песка сеянного и просушенного, «Искитимцемент»; 20% золошлаковых

отходов Павлодарской ТЭЦ-1. Образцы золобетонov изготавливались в форме кубов объемом 343 см³ (7×7×7). В качестве воды затворения использовались приготовленные водные суспензии УНВ/Н₂О с одинаковой концентрацией 0,91 г/л. Содержание УНВ во всех образцах составляло 0,015 мас. %.

Приготовленные образцы золобетонov, модифицированных углеродными нановолокнами, были испытаны на следующие характеристики: 1) плотность (ГОСТ-12730.1-78); 2) прочность на сжатие (ГОСТ 10180-90); 3) истираемость (ГОСТ 13087-81). Результаты физико-механических испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты исследования физико-механических характеристик образцов золобетонov, модифицированных углеродными нановолокнами

Марка образца	Плотность, г/см ³	Истираемость, г/см ²	Прочность, кгс/см ² (МПа)
Обр. сравнения	1,66	0,28	107(10)
+ 0.15% К-К	1,64	0,22	151(15)
+ 0.15% С	1,67	0,24	144(14)

4. Выводы

Было установлено, что модифицирование золобетона углеродными нановолокнами приводит к возрастанию предела прочности на сжатие в среднем на 31%. При этом введение УНВ в состав золобетона практически не оказывает влияния на плотность материала (1,67±0,02 г/см³) и не изменяет показатель истираемости (0,26±0,05 г/см²). Таким образом, показано, что вовлечение золы уноса в производство золобетонov может успешно применяться в качестве способа утилизации золошлаковых отходов совместно с введением УНВ в качестве упрочняющей добавки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Способ изготовления золобетонov: пат. РФ N 2107052,С04В40/00/ Игнатова О.А., Хрулев В.М., Балахнин М.В., Заявитель и патентообладатель: Новосибирская государственная академия строительства - №94000519/03, заявл. 05.01.1994, опубл. 20.03.1998– 1 с.
- 2) Yakovlev, G., Keriene, J., Gailius, A., Girniene, I. Cement based foam concrete reinforced by carbon nanotubes // Materials science. – 2006. – N 2. – P. 147-151.
- 3) Al-Rub, R.K.A., Tyson, B.M., Yazdanbakhsh, A., Grasley, Z. Mechanical properties of nanocomposite cement incorporating surface-treated and untreated carbon nanotubes and carbon nanofibers // Journal of Nanomechanics and Micromechanics. – 2012. – Vol. 2. – N 1. – P. 1-6.
- 4)ГОСТ 13087-81. Бетоны. Методы определения истираемости. [Текст]. — Взамен ГОСТ 13087-67; введ. 1982—01—01. — М. : Изд-во стандартов, 1990.,

6 с. 29 см.

5)ГОСТ 10180—90. Методы определения прочности по контрольным образцам. [Текст]. — Взамен ГОСТ 10180-78; введ. 1991—01—01. — М. : Изд-во стандартов, 1991., 27 с. : ил. ; 29 см.

6)ГОСТ 12730.1—78. Бетоны. Методы определения плотности. [Текст]. — Взамен ГОСТ 12730-67, ГОСТ 11050-64, ГОСТ 12852.2-77, ГОСТ 4800-59; введ. 1980—01—01. — М. : Изд-во стандартов, 2004., 4 с. 29 см.

THE ASH CONCRETE WITH ADDITION CARBON NANOFIBERS

Stroganov D.A. ^{1,2}, Postgraduate student, e-mail distrog@gmail.com

Mishakov I.V. ², senior researcher, Ph.D. (Chemical),

e-mail mishakov@catalysis.ru,

Vedyagin A.A. ², Ph.D. (Chemical), e-mail vedyagin@catalysis.ru

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

²Borekov Institute of Catalysis, SB RAS pr. Lavrentieva 5, Novosibirsk, 630090,
Russia,

Abstract

Samples of ash concrete produced from the fly ash of Pavlodar thermal power station-1 substituted the part of binder and fine aggregate have been studied. Carbon nanofibers (CNF) of different structures (coaxially conical filaments and pile-of-books filaments) were used as a reinforcing additive (0.015 wt.%). As the mixing water, we used an aqueous suspension of CNF/H₂O prepared by ultrasonic treatment. Fabricated samples of ash concrete modified with CNF were tested for the following physical-mechanical characteristics: 1) density; 2) compressive strength; 3) abrasion. It was established that the introduction of CNF leads to increasing the limit of compressive strength by 31% in average. In addition, modification of ash concrete with CNF had no effect on density of the material (1,67±0,02 g/cm³) and did not change the index of abrasion (0.26±0.05 g/cm²).

Keywords

Fly ash; Carbon nanofibers; ash concrete; compressive strength, modification.

**ИЗМЕНЕНИЕ ГРУППОВОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО
ВЕЩЕСТВА ТОРФА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С КИСЛЫМИ
ДРЕНАЖНЫМИ ВОДАМИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА**

Сурков Олег Николаевич¹²³, студент магистратуры НГТУ; Сарыг-оол Багай-оол Юрьевич³, аспирант; Таран Оксана Павловна¹² д-р хим. наук; Лазарева Елена Владимировна³ канд. геол.-минерал. наук; Мягкая Ирина Николаевна³ канд. геол.-минерал. наук;

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. академика Лаврентьева, 5

³ Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. академика Коптюга, 3

Сурков О. Н., e-mail xsonx@yandex.ru

Сарыг-оол Б. Ю., e-mail sarygool@igm.nsc.ru

Таран О.П., e-mail oxanap@catalisys.ru

Лазарева Е. В., e-mail lazareva@igm.nsc.ru

Мягкая И. Н., e-mail i_myagkaya@igm.nsc.ru

Адрес для корреспонденции: *Таран Оксана Павловна*, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630090 Россия, Новосибирск, пр. Лаврентьева 5, тел 32-69-716

Аннотация

Изучено изменение группового состава органического вещества (ОВ) торфа после взаимодействия его с кислыми дренажными растворами хвостохранилища (Кемеровская область, п. Урск). Исследование проводилось методом последовательной экстракции с последующим анализом состава фракций методами высокоэффективной жидкостной хроматографии и газожидкостной хроматографии. Изучены два образца торфа: 1- контактирующий с отходами руд зоны окисления; 2- контактирующий с отходами первичных руд. Установлено, что торф ореола рассеяния Урского хвостохранилища содержит больше водорастворимых веществ и на порядок ниже легкогидролизруемых веществ по сравнению с природными торфами, что свидетельствует об их гидролизе под действием кислых дренажных вод. Намного выше содержание минералов и неорганических соединений. Доля гуминовых и фульфовых кислот, на уровне природных торфов.

Ключевые слова

Органическое вещество торфа; отходы добычи руд; гумусовые кислоты; гумин; последовательная экстракция

1. Введение

Отходы добычи полезных ископаемых обычно представляют экологическую опасность. В качестве сорбента в системах очистки кислых дренажных растворов часто используют торфа. Целью данной работы было изучение воздействия кислых дренажных растворов на состав органического вещества торфа.

В качестве объектов исследования выбраны два образца торфа, после его взаимодействия с кислыми дренажными растворами хвостохранилища в п. Урск Кемеровской области. В хранилище складировались отходы цианирования колчеданных руд и руд зоны окисления с Ново-Урского золоторудного месторождения. Отходы складировали отдельно, в виде двух отвалов высотой 10-12 м. Ручей, дренирующий отвалы имеет Fe-Al-SO₄ состав и рН 2. Отходы не были закреплены и сносились в заболоченный лог. В ореоле рассеяния отобраны 2 образца торфа: (1) контактирующий с отходами руд зоны окисления (ТЗО) и (2) с отходами первичных руд (ТОПР).

2. Методика экспериментального исследования

Анализ группового состава ОВ проводился по методике последовательной экстракции адаптированной из работ [1, 2] и позволяющей выделить: водорастворимые соединения, битумы, фульвовые и гуминовые кислоты, легко- и трудногидролизуемые вещества, негидролизуемый остаток. Фракции исследованы на содержание неорганических элементов и Au методами атомно-эмиссионной и атомно-адсорбционной спектроскопии, соответственно. Проведен анализ элементного (CHNSO) состава ОВ. Содержания сахаров, урсонных кислот и белков во фракциях анализировали методами высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) и газожидкостной хроматографии (ГЖХ).

3. Результаты и обсуждение

Исследуемые образцы торфа относятся к осоковому типу, поэтому результаты исследования группового состава ОВ торфа методом последовательной экстракции были сопоставлены с данными литературных источников [3] (рис. 1). Фракция водорастворимых соединений (ВВ) составляют 20 вес.%, а в природных образцах торфа их содержание не превышает 5 вес.%. Содержание битумов находится в пределах 3,2-4,8 вес.%, что соответствует природным образцам. Осоковый торф характеризуется достаточно высоким содержанием гуминовых кислот (ГК), которое в нашем случае не отличается от природных образцов и составляет 30-36 вес.%. Содержание ГК преобладает над содержанием фульвовых кислот (ФК) в 3-4 раза. Наблюдалось снижение содержания ФК (7,6-10,8 вес.%) в исследуемых образцах, по сравнению с природными (15-16 вес.%). Содержание легкогидролизуемых веществ (ЛГВ) 3-6 вес.% на порядок ниже чем в природных образцах (35 – 45 вес.%). Трудногидролизуемые вещества (ТГВ) 13 вес.% и негидролизуемый остаток (НГО) 16 вес.% двукратно превышают

естественные значения.

Анализ элементного (CHNSO) состава ОБ показал, что структурно исследуемые образцы торфа находятся между лигнинами и целлюлозой, что согласуется с осоковой природой торфа.

Кроме того, определены содержания макро и микроэлементов во фракциях. Которые показали, что макро и микроэлементы находятся в основном во фракциях ВВ и НГО, но часть элементов Ва, Р, Fe тяготеют в фракциям ГК, а К содержится, в основном, в ЛГВ. Au выщелачивается вместе с гуминовыми кислотами (67 вес.%), а также уходит в остаточную фракцию (НГО 20 вес.%).

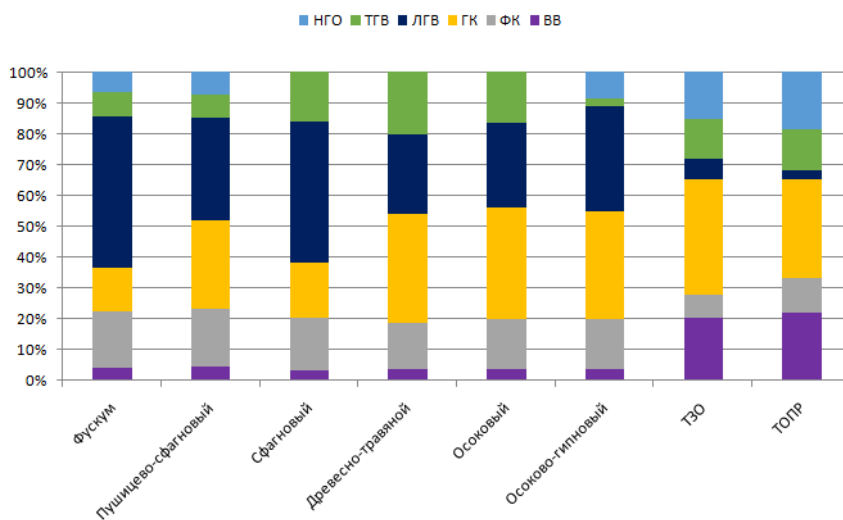


Рис. 1. Сравнение группового состава исследуемых образцов и основных типов торфов, представленных на территории России

4. Выводы

Исследования показали, что образцы торфа длительное время находившиеся в контакте с кислыми дренажными стоками хвостохранилища характеризуются низким содержанием легкогидролизуемых веществ по причине их растворения и перехода во фракцию водорастворимых веществ. Вымывание макро и микроэлементов из отходов руды и их накопление в торфе приводит к увеличению фракции негидролизуемого остатка. Золото тяготеет к фракциям гуминовых кислот и негидролизуемого остатка.

Работа выполнена при поддержке РФФИ 15-05-05362.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривонос О.И. Разработка нового подхода к комплексной переработке сапропелей: диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук: № 05.17.07/ Кривонос Оксана Ивановна. - Омск, 2012. – 157 с.
2. Юдина Н.В. Параметры оценки биологической активности органического вещества сапропелей / С.И. Писарева, В.И. Панченков, Ю.В. Лоскутова. // Химия растительного сырья. – 1998. – № 4. – С. 33–38.
3. Архипов, В.С. Состав и свойства типичных видов торфа Центральной

CHANGES OF GROUP COMPOSITION OF ORGANIC MATTER OF PEAT WHILE INTERACTION WITH ACID DRAIN WATERS OF TAILING DEPOSIT

*Surkov Oleg Nikolaevich*¹, MSc (Engineering), xsonx@yandex.ru

*Saryg-ool Bagai-ool Yurievich*³, Ph.D. student, (Geochemistry),

sarygool@igm.nsc.ru

*Taran Oxana Pavlovna*¹² Professor RAS, PhD (Chemistry); leading researcher, oxanap@catalisys.ru

*Lazareva Elena Vladimirovna*³ PhD (Geochemistry); senior researcher,

lazareva@igm.nsc.ru

*Myagkaya Irina Nikolaevna*³ PhD (Geochemistry); researcher,

i_myagkaya@igm.nsc.ru

¹Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, 20 K. Marksa,

²Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 5 Lavrentieva

³V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyga

Abstract

The change in the group composition of the organic matter of peat after its interaction with acid drainage solutions of the tailing dump (Kemerovo Region, Ursk) was studied. The study was carried out by the method of sequential extraction with following analysis of the composition of the fractions by the methods of high-performance liquid chromatography and gas liquid chromatography. Two samples of peat were studied: 1- contacting with the waste of the ores of the oxidation zone: 2-contacting with the waste of primary ores. It is revealed that the peat of the Ursk tailing dump contains more water-soluble substances and an order of magnitude lower than simply hydrolysable substances compared to natural peat, which indicates their hydrolysis under the influence of acid drainage waters. The content of minerals and inorganic compounds is much higher. The proportion of humic and fulvic acids, at the level of natural peat.

Keywords: organic matter of peat; mining wastes; humic acids; humin; sequential extraction;

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СОРБИТОЛА ПУТЕМ ГИДРОЛИЗА- ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРИСУТСТВИИ ТВЕРДЫХ Ru- И ГПК-СОДЕРЖАЩИХ БИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

*Толстихина Дарья Владимировна*¹², магистрант; *Медведева Татьяна Борисовна*¹, инженер; *Громов Николай Владимирович*¹², канд. хим. наук, млад. науч. сотр.; *Таран Оксана Павловна*¹², д-р. хим. наук, профессор

¹Институт катализа им. Борескова СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5

²Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Толстихина Д.В. e-mail daradasha@mail.ru

Медведева Т.Б. e-mail tanmedvedeva@catalysis.ru

Громов Н.В. e-mail gromov@catalysis.ru

Таран О.П. e-mail oxanap@catalysis.ru

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

Аннотация:

Работа посвящена одностадийному «one-pot» гидролизу-восстановлению микрокристаллической целлюлозы в ценное соединение сорбитол, широко используемый в пищевой и фармацевтической промышленности. Для превращения полисахарида созданы новые твердые бифункциональные катализаторы наночастиц металлического рутения, нанесенного на прокаленные при 450-650°C кислые носители: 3%Ru-ГПК/ZrO₂ и 3%Ru-ГПК/Nb₂O₅. Катализаторы исследованы методами адсорбции N₂, ПЭМ, ИК, АЭС и испытаны в превращении целлюлозы в гидротермальных условиях (180°C, давление H₂ 50 атм). Каталитические системы продемонстрировали высокую стабильность и активность. Максимальный выход сорбитола составил 49% (селективность образования 87%) в присутствии 3%Ru-ГПК/ZrO₂ (550°C).

Ключевые слова: зеленая химия, гидролиз-восстановление, one-pot процесс, биомасса, целлюлоза, сорбитол, рутений, гетерополикислота, оксид циркония, оксид ниобия

1. Введение

Многоатомный спирт сорбитол – продукт многотоннажного производства. Он применяется в качестве сахарозаменителя (пищевая добавка E420) в пищевой и фармацевтической промышленности, а так же является перспективной для промышленности молекулой-платформой (platform molecule) для получения ряда ценных химических соединений (изосорбит,

сорбитан, пропилен- и этиленгликоли, глицерол, молочная кислота). Одним из наиболее эффективных и перспективных способов получения сорбитола, расширяющих сырьевую базу его производства, является так называемый "one-pot" (одностадийный) метод получения сорбитола из целлюлозы в присутствии твердых бифункциональных катализаторов, несущих кислотные (для гидролиза целлюлозы в глюкозу) и восстановительные (для восстановления глюкозы до сорбитола) центры. В настоящий момент считается общепринятым, что для процесса гидролиза наилучшими являются кислотные катализаторы, а для восстановления – наночастицы металлического Ru.

Цель данного исследования – разработка твердого бифункционального катализатора для процесса гидролиза-восстановления целлюлозы в сорбитол на основе высокодисперсного Ru, нанесенного на твердые кислые оксидные носители, несущие гетерополиоксометаллаты: Ru-ГПК/ZrO₂ и Ru-ГПК/Nb₂O₅.

2. Методика экспериментального исследования

Носители катализаторов были приготовлены путем пропитки оксидов циркония и ниобия гетерополикислотой H₃PW₁₂O₄₀·xH₂O (носители состава ГПК/ZrO₂ и ГПК/Nb₂O₅) с последующей прокалкой при 450°C, 550°C и 650°C в течении 3 ч. Далее Ru в количестве 3% наносили осаждением из водного раствора RuCl₃, после чего восстанавливали при 250°C.

Полученные катализаторы исследовали рядом физико-химических методов анализа (ИК, адсорбция N₂, ПЭМ, АЭС).

Процесс переработки целлюлозы в сорбитол проводили в автоклаве в гидротермальных условиях (180°C), в присутствии H₂ (50 атм) в течение 7 часов. По ходу реакции отбирались аликвоты, для анализа реакционных смесей методом ВЭЖХ и на содержание общего органического углерода (ООУ).

3. Результаты и обсуждения

По результатам анализа методом низкотемпературной адсорбции азота определены текстурные характеристики кислотных носителей ГПК/Nb₂O₅, ГПК/ZrO₂ и катализаторов 3%Ru-ГПК/Nb₂O₅ и 3%Ru-ГПК/ZrO₂. Установлено, что после нанесения ГПК и рутения на носитель (ZrO₂, Nb₂O₅) удельная поверхность и объем микропор уменьшаются, а средний диаметр пор возрастает. По данным ИК, в спектрах обоих носителей на основе оксидов ниобия и циркония, прокаленных при трех разных температурах, исчезают полосы, относящиеся к Кеггинской структуре ГПК. Данный результат говорит о превращении ГПК в полиоксометаллаты. Анализ ПЭМ подтверждает высокодисперсное (0.7-1.4 нм) состояние частиц Ru на поверхности катализатора. Атомно-эмиссионная спектроскопия водных растворов после испытания свидетельствует о высокой стабильности катализаторов в данных реакционных условиях.

Аликвоты, отобранные в процессе гидролиза-восстановления, были проанализированы методом ВЭЖХ, который выявил, что в присутствии 3%Ru-ГПК/Nb₂O₅ (3%Ru-ГПК/ZrO₂) основным продуктом реакции с высоким

выходом и селективностью образования является сорбитол. Зафиксированы побочные продукты реакции, многоатомный спирт – маннитол, сахараиды целлобиоза и глюкоза. Согласно таблице 1, выходы сорбитола в присутствии 3%Ru/ГПК-ZrO₂, прокаленного при 450°C, 550°C и 650°C, составляют 41, 49 и 46%, соответственно. Селективность образования сорбитола в присутствии 3%Ru-ГПК/ZrO₂ находится в диапазоне 79 – 84%, и увеличивается с повышением температуры прокалывания носителя от 450°C до 650°C. Значения выходов сорбитола в присутствии катализаторов 3%Ru-ГПК/Nb₂O₅ прокаленных при тех же трех температурах, ниже на 16, 13, и 28% соответственно (Таблица 1). Одновременно наблюдалось снижение селективности образования целевого продукта сорбитола.

Таблица 1

Текстурные характеристики образцов катализаторов, размер наночастиц Ru, выходы продуктов реакции и селективность их образования в процессе гидролиза-восстановления целлюлозы

Катализатор	S _Σ , м ² /г	V _Σ , см ³ /г	D _{по} ^{p,н} _м	D _{Ru} , нм	Сорбитол		Маннитол		Глюкоза	
					S, %	Y, %	S, %	Y, %	S, %	Y, %
ZrO ₂	204	0.146	32	–	–	–	–	–	16	1
3%Ru-ГПК/ZrO ₂ (450°C)	55	0.051	37	0.7	79	41	15	8	3	2
3%Ru-ГПК/ZrO ₂ (550°C)	36	0.051	58	0.9	83	49	13	8	2	1
3%Ru-ГПК/ZrO ₂ (650°C)	39	0.069	70	0.9	84	46	11	6	2	1
Nb ₂ O ₅	226	0.195	31	–	–	–	–	–	33	4
3%Ru-ГПК/Nb ₂ O ₅ (450°C)	65	0,065	39	0.9	66	25	23	9	5	<1
3%Ru-ГПК/Nb ₂ O ₅ (550°C)	41	0.061	60	1.2	85	36	11	5	1	<1
3%Ru-ГПК/Nb ₂ O ₅ (650°C)	27	0.055	81	1.4	75	18	18	4	1	<1

S_Σ – удельная поверхность катализатора; V_Σ – суммарный объем пор; D_{пор} – диаметр пор; D_{Ru} – размер частиц Ru; S – селективность образования продукта; Y – выход продукта.

Конверсия целлюлозы, рассчитанная по концентрации общего органического углерода (ООУ) в растворе, уменьшается с увеличением температуры прокалывания носителя, как для катализаторов на оксиде ниобия, так и для катализаторов на оксиде циркония.

Полученные результаты указывают на преимущество именно катализаторов, нанесенных на оксид циркония, по сравнению с системами на

основе оксида ниобия. Наиболее перспективным катализатором представляется катализатор состава 3%Ru-ГПК/ZrO₂ (550°C), в присутствии которого удалось добиться 49% выходов сорбитола.

4. Выводы

В ходе данной работы приготовлены, исследованы рядом физико-химических методов (адсорбция азота, ПЭМ, ИК, АЭС) и испытаны в процессе гидролиза-восстановления целлюлозы в сорбитол катализаторы состава 3%Ru-ГПК/ZrO₂ и 3%Ru-ГПК/Nb₂O₅. Все катализаторы обладают высокой стабильностью в реакционной среде. Наилучшими каталитическими характеристиками среди изученных систем обладает 3%Ru-ГПК/ZrO₂, прокаленный при 550°C. В присутствии такого катализатора удается достигать 49% выхода сорбитола (селективность образования 83%).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 17-03-01142) и Программы фундаментальных исследований Сибирского отделения РАН (V.46.4.4).

CATALYTIC OBTAINING OF SORBITOL BY HYDROLYSIS-RECOVERY METHOD OF CELLULOSE IN THE PRESENCE OF Ru-CONTAINING SOLID BIFUNCTIONAL CATALYSTS

*Tolstikhina Daria Vladimirovna*¹² *graduate student*, e-mail daradasha@mail.ru
*Medvedeva Tatyana Borisovna*¹ *engineer*, e-mail tanmedvedeva@catalysis.ru,
*Gromov Nikolay Vladimirovich*¹² *PhD (Chemical), junior researcher* e-mail
gromov@catalysis.ru,

*Taran Oxana Pavlovna*¹² *D.Sc. (Chemical), Professor* oxanap@catalysis.ru

¹Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia,
Novosibirsk, Ac. Lavrentiev av., 5

² Novosibirsk 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:

Processing of agricultural waste containing cellulose in its composition is one of the most pressing environmental problems. This work devoted to the "one-pot" hydrolysis-reduction of cellulose into a valuable chemical compound sorbitol, widely used in the food and pharmaceutical industries. For the polysaccharide convert the solid bifunctional catalyst based on Ru nanoparticles (centers of reduction) deposited on acid carriers of HPA/ZrO₂ and HPA/Nb₂O₅ was produced. Samples of 3%Ru-HPA/ZrO₂ catalysts and 3%Ru-HPA/Nb₂O₅ catalysts, whose carriers were calcined at 450°C, 550°C and 650°C prior to ruthenium deposition, were prepared. The catalysts were studied by methods: the adsorption of N₂, TEM, IR, AES and tested in the hydrolysis-reduction of mechanically activated microcrystalline cellulose under hydrothermal conditions at 180°C and under the pressure of H₂ 50 atm. Under the reaction conditions these catalytic systems demonstrate high stability. The maximum yield of the desired product was 49% (87% selectivity) in the presence of 3% Ru-HPA/ZrO₂(550°C).

Keywords: green chemistry, hydrolysis-reduction, one-pot process, biomass, cellulose, sorbitol, ruthenium, heteropolyacid, zirconium oxide, niobium oxide

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ СТРУЕ, ИСТЕКАЮЩЕЙ ИЗ ДВИГАТЕЛЯ САМОЛЕТА

*Кортаева Татьяна Александровна^{1,2}, д.ф.-м.н, доцент, с.н.с., профессор;
Турчинович Анна Олеговна², к.т.н, доцент*

¹ Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО
РАН, ул. Институтская, 4/1, г. Новосибирск, 630090, Россия

² Новосибирский государственный технический университет, пр. Карла
Маркса, 20, г. Новосибирск, 630073, Россия

Кортаева Т.А., e-mail korta@itam.nsc.ru

Турчинович А.О., e-mail golubevaa@ngs.ru

*Адрес для корреспонденции: Турчинович Анна Олеговна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск,
пр. Карла Маркса, 20, тел.+7 (923) 221-93-23*

Аннотация

В работе представлены результаты верификации нового для задач авиационной экологии подхода к определению уровня концентраций загрязняющих веществ, полученных от воздушных судов. Подход основан на численном моделировании физико-химических процессов в высокоскоростных и высокотемпературных струях выхлопных газов в рамках уравнений Навье-Стокса. Рассматриваются струи, как с дозвуковой скоростью истечения из сопла, так и сверхзвуковой. Моделирование истечения дозвуковой струи проводится с учетом возможных реакций продуктов сгорания авиатоплива с кислородом воздуха. При моделировании истечения сверхзвуковой струи полагается, что примесь химически пассивна. Приведены результаты расчета и верификация предлагаемой численной технологии для определения уровня загрязнения по данным, полученным при использовании других методов.

Ключевые слова

численное моделирование; осесимметричная струя, реакция окисления; физико-химические процессы, уравнения Навье-Стокса.

1. Введение

Современные темпы развития авиатранспорта в области пассажирских и грузовых перевозок приводят к увеличению негативного воздействия авиации на окружающую среду. Основными антропогенными факторами являются шум и выброс в атмосферу выхлопных газов. Шум непосредственно влияет на здоровье персонала аэропортов и население, проживающее поблизости. Выброс продуктов сгорания авиадвигателей имеет две области воздействия: нижний и верхний слои атмосферы. Для нижнего слоя атмосферы характерно

прямое воздействие на население в результате эмиссии ядовитых оксидов азота, несгоревших углеводородов (бензол, пропан, этан, ацетилен, метан и др.), сульфатных частиц и сажи; углекислого газа, водяного пара. В верхних слоях атмосферы воздействие на окружающую среду выражается косвенным путем – образование озона в результате цепи химических реакций.

Настоящее исследование рассматривает проблемы эмиссии загрязняющих веществ в приземном атмосферном слое атмосферы.

Для оценки уровня загрязнения разрабатываются технологии, которые условно можно разделить на три группы: приближенная численная [1, 2, 3], экспериментальная [4], моделирование физико-химических процессов. Трудоемкость процесса измерения загрязнения при экспериментальной методике и не достаточная точность приближенных методик, способствуют развитию численному моделированию физико-химических процессов в высокоскоростных и высокотемпературных струях выхлопных газов и их рассеивание. Понимание этих процессов является очень важным для корректной оценки уровня загрязнения, полученного как непосредственно от сгорания авиатоплива, так и от окисления его продуктов в воздухе. Исследование возможных химических реакций приведено в работах [5], [6]. Информация о газодинамических параметрах струи дозвукового самолета и атмосферы представлены в работах [7], [8].

Целью настоящего исследования является численное моделирование в рамках уравнений Навье-Стокса осесимметричных струй, как при дозвуковой, так и сверхзвуковой скорости истечения и верификация предлагаемой численной технологии для определения уровня загрязнения по данным, полученным при использовании других подходов. В дальнейшем разработанный подход будет применен для решения более сложной задачи – исследования уровня и характера распространения загрязняющих веществ, полученных на этапе «гонка двигателей».

2. Постановка задачи

Предлагаемый подход основан на численном решении осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, с использованием $k-\omega$ SST модели турбулентности, дополненных уравнениями переноса химических компонент для определения концентраций компонент выхлопных газов и продуктов их окисления. Задача решается с помощью академической версии программного продукта ANSYS 17.1. Для построения структурированной расчетной сетки используется ANSYS ICEM CFD, для расчета течений – ANSYS Fluent.

Схема задания граничных условий приведена на рисунке 1.

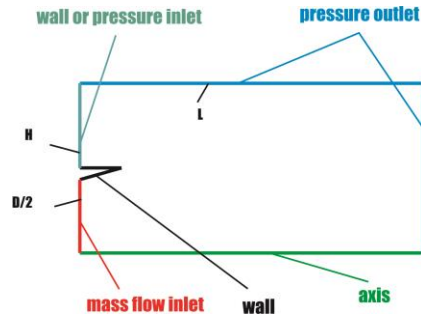


Рис.1. Схема задания граничных условий

Характерные размеры L , H , $D/2$ для сверхзвуковой и дозвуковой струй определялись по данным работ [9], [10], соответственно. Тип используемых граничных условий можно видеть из рисунка.

На входной границе над струей тип задаваемых условий определялся как 'wall' или 'pressure-inlet', в зависимости от скорости истечения ($Ma < 1$ и $Ma > 1$ соответственно).

Значения газодинамических параметров и мольные доли веществ на срезе сопла и в спутном потоке также взяты из работ, указанных выше. Использовался 'density-based' решатель ANSYS FLUENT.

2.1 Дозвуковая струя

Учет химических реакций продуктов сгорания авиатоплива с кислородом воздуха рассматривался для дозвуковой струи. На срезе сопла задавалась смесь газов при температуре 537 °С и давлении 89 770 Па из веществ, уровень которых контролирует Международная организация гражданской авиации (NO_x , CO, C_nH_m , сажа). Активными веществами являются монооксиды азота и углерода. При выходе из сопел двигателей данные вещества способны окисляться на воздухе, при этом возможны следующие реакции:



С помощью опции 'volumetric' в разделе видов моделей ('speciestransport') подключалась кинетическая схема. Использовалась модель конечной скорости химической реакции. Скорость реакции определяется константой скорости k химической реакции, которая определяется с помощью уравнения Аррениуса:

$$k = A e^{-E_a/RT} \quad (3)$$

где k – константа скорости реакции, A – предэкспоненциальный множитель, E – энергия активации, R – универсальная газовая постоянная, T – температура.

В дальнейшем рассматривалось распространение примеси за счет диффузии. Параметры в области решения: атмосферное давление 101325 Па, температура окружающей среды 17°С, скорость ветра 5 м/с.

Стационарное решение получено по явной схеме Роэ второго порядка точности аппроксимации.

2.2 Сверхзвуковая струя

Для сверхзвуковой струи рассматривалось распространение пассивной примеси. Газодинамические параметры струи и внешней атмосферы соответствуют условиям полета перспективного российского сверхзвукового пассажирского самолета, проект которого рассмотрен в [11]: радиус сопла $r_a=0.87\text{ м}$, скорости и температуры $u_a=10^3\text{ м/с}$, $u_\infty = 600\text{ м/с}$; $T_a=417\text{ К}$, $T_\infty=216.7\text{ К}$; плотности $\rho_a=\rho_\infty T_\infty/T_a$ (расчетная струя), $\rho_\infty=0.12\text{ кг/м}^3$.

Нестационарное решение получено по явной схеме Роэ второго порядка точности аппроксимации.

3. Результаты и обсуждение

Проведенные расчеты с помощью программного продукта ANSYS FLUENT позволили получить данные по распределению продуктов сгорания авиатоплива в осесимметричных спутных струях.

3.1 Дозвуковая струя

На рисунке 2 приведены результаты, полученные для дозвуковой струи. На рисунке 2, а показано распределение числа Маха на начальном участке струи.

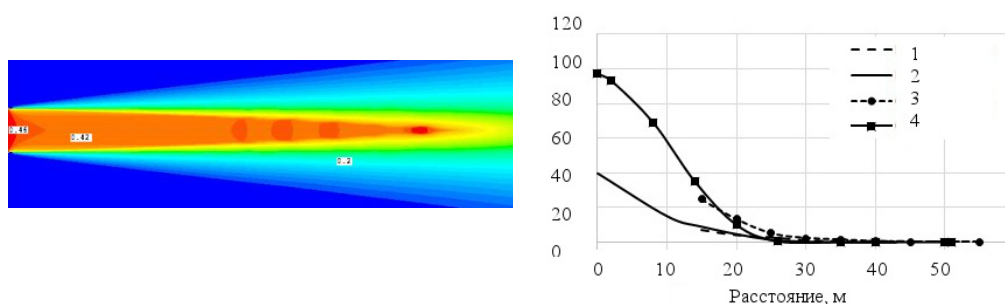


Рис. 2. Распределение загрязняющих веществ на начальном участке осесимметричной выхлопной струи: а – распределение числа Маха; б – сравнение значений долей ПДК вдоль оси струи (1) экспериментальных для NO_x ; (2) расчетных NO_x ; (3) экспериментальных для CO ; (4) расчетных для CO

Характер изменения концентрации CO вдоль оси струи при удалении от среза сопла, также как и NO_x , можно видеть на рисунке 2, б. Концентрации веществ даны в долях ПДК. Штриховыми линиями обозначены экспериментальные данные [10], сплошными – результаты проведенного моделирования. Как видно из рисунка, расчетные значения хорошо согласуются с экспериментальными данными.

3.2. Сверхзвуковая струя

На рисунке 3 приведены результаты, полученные для струи, истекающей со сверхзвуковой скоростью. На рисунке 3, а можно видеть распределение числа Маха, показывающее ударно-волновую структуру потока, реализующуюся при истечении сверхзвуковой струи. Рисунок 3, б демонстрирует распределение примеси нейтрального вещества без влияния

химических реакций в радиальном направлении струи, согласно результатам расчета, представленным в работе [9], и результаты, полученные при моделировании аналогичного процесса с помощью программного продукта ANSYSFLUENT в виде зависимости

$$\xi_j(x,r) = \frac{\gamma_j(x,r) - \gamma_j^\infty}{\gamma_j^a - \gamma_j^\infty}, \quad (4)$$

где γ^∞ – мольные доли в атмосфере, γ^a – мольные доли на срезе сопла.

Расчет проводился на интервале от $x=0$ до $x=20$. Стоит отметить, что на начальном этапе характер распределения химически неактивной примеси повторяет характер распределений загрязняющих веществ, представленный в работе [9] и показанный на рис.3,б красной линией.

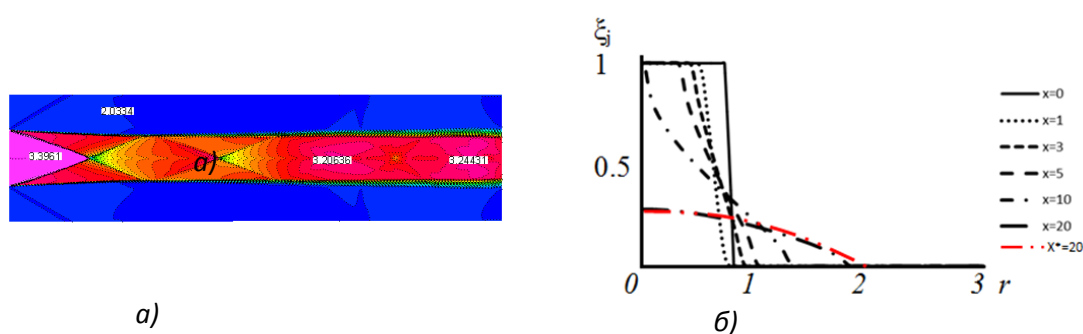


Рис. 3. Распределение пассивной примеси в осесимметричной турбулентной струе: а – распределение числа Маха; б – радиальные распределения в поперечных сечениях от $x=0$ до $x=20$

4. Вывод

Таким образом, верификация данных моделирования осесимметричных выхлопных спутных до и сверхзвуковых струй, представленная в настоящей работе, показала удовлетворительное согласование с данными, полученными другими авторами по другим методикам. Распределения газодинамических параметров, концентраций компонент выхлопных газов позволяют провести детальный анализ структуры спутной струи и происходящих в ней физико-химических процессов. Разработанная методика может быть использована для решения более сложных задач, в частности для моделирования этапа эксплуатации самолета «гонка двигателей».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика расчета выбросов загрязняющих веществ двигателями воздушных судов гражданской авиации / ФГУП ГосНИИ ГА, ЗАО ЦЭБ ГА. – Москва, 2007. – 21 с.
2. Картышев, О. А. Расчет концентраций загрязняющих веществ от передвижных и стационарных источников аэропортового комплекса [Текст] / О. А. Картышев, Ю. В. Медведев // Авиационный экологический вестник. – Москва, 2009. – С. 71–76

3. А. О. Голубева, В. В. Ларичкин, Т. А. Коротаева «Численный расчёт рассеивания загрязняющих веществ от эксплуатации самолётов на прилегающих к аэропортам и аэродромам территориях» Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. 2014. № 1(22). С. 52–61.
4. ГОСТ 17.2.2.04–86. Охрана природы. Атмосфера. Двигатели газотурбинные самолетов гражданской авиации. Нормы и методы определения выбросов загрязняющих веществ [Текст]. – Введ. 1987–01–01 ; изм. 2013–22–05. – Москва : Изд-во стандартов, 1986. – 32 с.
5. Луховицкий Б.И., Титова Н.С., Старик А.М., Шарипов А.С. Термически неравновесные процессы при воспламенении и горении углеводородных и синтетических топлив в воздухе за ударной волной // Труды ЦИАМ. – Москва : Торус Пресс, 2011. – №1348. – С. 284-302.
6. Кашеваров А.В., Стасенко А.Л. Химическая кинетика экологически опасных компонентов конденсирующейся струи высотного самолета // Ученые записки ЦАГИ. – Т. XXVI. – №3-4. – 1995г. – С.35-44.
7. Сорокин А.А., Лебедев А.Б. Моделирование эмиссии водного аэрозоля в выхлопной струе дозвукового самолета и оценки влияния авиации на баланс аэрозоля в нижней стратосфере // Препринт ЦИАМ. – 1994, №18.
8. Дубовкин К.Ф., Зайцев В.П., Фаворский О.Н. Экологические аспекты использования авиационного топлива и нефтяного газа // Науч.тех. конф. «Физико-химические проблемы экологии и энергоустановок на углеводородных топливах». – М.: ЦИАМ. – 1995. Тезисы докладов, 1.4
9. Кашеваров А.В., Потапов Ю.Ф., Стасенко А.Л. Осесимметричная струя с физико-химическими процессами // Ученые записки ЦАГИ. – Т. XXIX. – №3-4. – 1998г. – С.123-133.
10. Родюков, И. С. Геоэкологическая оценка приземного слоя атмосферы на территории аэродромного комплекса [Текст] : дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36 / И. С. Родюков. – Воронеж, 2005. – 117 с.
11. Васильев Л. Е., Попов С. И., Свищев Г. П. Сверхзвуковой гражданский самолет второго поколения // ТВФ.- 1994. N 1-2.

SIMULATION OF CHEMICAL PROCESSES IN AN AXISIMETRIC JET
RELEASED FROM AN AIRCRAFT ENGINE

Korotaeva Tatiana Alexandrovna Doctor of Science (Phys.&Math), associate professor, senior researcher, professor, e-mail korta@itam.nsc.ru

Turchinovich Anna Olegovna Ph.D. (Engineering) Associate Professor, e-mail golubevaa@ngs.ru

¹Siberian Branch of Russian Academy of Science Christianovich institute of Theoretical and Applied Mechanics, 4/1, Institutskaya St., Novosibirsk, 630090, Russia

²Novosibirsk state technical university, 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia

Abstract

The paper presents the results of the verification of an approach that is new for aviation-related ecology. The approach allows defining the distribution of pollutant concentrations ejected by an aircraft engine. The approach is based on numerical modeling of chemical processes in high-speed and high-temperature gas exhausts in the framework of the Navier-Stokes equations. Jets are considered both with the sub- and supersonic velocity at the nozzle exit. Possible reactions of fuel combustion products with air oxygen have been taken into account at simulation of a subsonic jet ejection. The chemically passive emission has been considered in the case of a supersonic exhaust. The paper contains the pollutant calculation results obtained by the numerical technique developed in comparison with data obtained using other methods.

Keywords

Numerical simulation, axisymmetric jet, oxidation reactions, chemical processes, Navier-Stokes equation

АНАЛИЗ КАЧЕСТВЕННОГО И КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

*Цыба Анна Александровна, аспирант; Сколубович Юрий Леонидович,
профессор, доктор техн. наук*

Новосибирский государственный архитектурно-строительный
университет (Сибстрин), 630008, Россия, г.Новосибирск, ул.Ленинградская,
113

Цыба А.А., e-mail anyuta.tsyba@yandex.ru

Сколубович Ю.Л., e-mail sjl1964@mail.ru

*Адрес для корреспонденции: Цыба Анна Александровна, 630099, Россия,
г. Новосибирск, ул. Депутатская, 58, кв.263, тел. +7(952)917-76-79*

Аннотация

Несмотря на улучшения качества очистки бытовых и производственных сточных вод, загрязненность водоемов продолжает возрастать. Это происходит вследствие организованного и неорганизованного поступления в водоем неочищенных поверхностных сточных вод. В работе проведен анализ качественного состава поверхностных сточных вод некоторых городов. На основании выполненного литературного обзора, были выделены следующие характерные загрязнения, присутствующие в поверхностных сточных водах: взвешенные вещества, нефтепродукты, органические и биогенные вещества, а так же химические соединения различной степени вредности. Наиболее неблагоприятное влияние на экосистему водоемов оказывают взвешенные вещества и нефтепродукты, способствующие заиливанию водоема, нарушению кислородного баланса водоема, гибели микроорганизмов и нарушению самоочищающей способности водоемов. Для улучшения экологического состояния водоемов необходимо предусматривать очистку поверхностных сточных вод и их организованный отвод.

Ключевые слова

поверхностные сточные воды, взвешенные вещества, нефтепродукты, БПК, экосистема водоема

Введение

На основании проведённого литературного обзора [4-8], выявлено, что одним из важнейших факторов загрязнения гидросферы являются поверхностные сточные воды, состав которых, в последнее время, все более зависит от результатов деятельности человека. До недавнего времени поверхностные сточные воды считались условно чистыми и не представляющими опасность для водных объектов. Однако, в настоящее время, установлено, что поверхностные сточные воды, отводимые с территорий городов и промышленных предприятий, значительно загрязнены и

не могут сбрасываться в водные объекты без предварительной очистки [8]. Поэтому организованный отвод с дальнейшей очисткой поверхностных сточных вод, является важной задачей для улучшения экологического состояния водных объектов. С целью определения качественных характеристик загрязнений, присутствующих в поверхностных сточных водах, был проведен теоретический анализ поверхностных сточных вод некоторых городов.

Характер и степень загрязнений поверхностных сточных вод, с территорий городов и промышленных предприятий, различен. Их качественные и количественные характеристики зависят от уровня благоустройства города, санитарного состояния бассейна водосбора, приземной атмосферы, а так же от гидрометеологических параметров выпадающих осадков: интенсивности и продолжительности дождей, периода сухой погоды, интенсивность процесса снеготаяния. Количество загрязняющих веществ, присутствующих в поверхностных стоках, зависит от плотности населения, уровня благоустройства территорий, видом поверхностного покрова, частоты уборки улиц, интенсивностью движения транспорта, наличием промышленных предприятий и количеством выбросов в атмосферу и т.д [2].

В рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий показано, что основными источниками загрязнения поверхностного стока, формирующегося на городской территории и промышленных площадках, являются продукты эрозии почвы, пыли, строительные материалы, сырье, продукты и полуфабрикаты, хранящиеся на открытых складских площадках, выбросы в атмосферу, различные нефтепродукты, попадающие на территорию в результате их пролива и неисправностей автотранспорта и другой техники.

Загрязнения, присутствующие в поверхностном стоке, можно классифицировать следующим образом [1-3]:

- органические и минеральные примеси естественного происхождения, образующиеся в результате абсорбции газов из атмосферы и при эрозии почвы (частицы песка, глины гумуса);
- вещества техногенного происхождения (нефтепродукты, СПАВ, соединения тяжелых металлов и др.);
- бактериальные загрязнения, поступающие в водосток при неудовлетворительном санитарно-техническом состоянии территорий и канализационных сетей.

Наиболее неблагоприятное влияние на санитарное состояние водоёмов оказывают взвешенные вещества. При высоких концентрациях взвешенных веществ, происходит их частичное осаждение в створе выпуска поверхностных сточных вод и ниже по течению. Что приводит к заиливанию водоемов и препятствует нормальному протеканию биологических процессов на дне водоема. Органическая часть взвешенных веществ окисляется

растворенным в воде кислородом.

Присутствующие в поверхностном стоке нефтепродукты, при попадании в водоемы существенно влияют на кислородный режим. Во-первых, окисляясь, они потребляют растворенный в воде кислород и, во-вторых, большой ущерб от нефтепродуктов наносится микроорганизмам и рыбному хозяйству. Рыбы очень чувствительны к изменению химического состава воды и наличию в ней нефтепродуктов, собственно в эмбриональный период. Нефтепродукты, попадая в водоём, приводят также к гибели планктона - важной составляющей кормовой базы рыб. Присутствие в водоемах и донных отложениях нефтепродуктов приводит к уменьшению содержания в воде растворенного кислорода и микроорганизмов, вследствие этого резко замедляются процессы естественного самоочищения водоемов [1].

На основании теоретического анализа состава поверхностных сточных вод некоторых городов России, определялись их характеристики (табл. 1). Проведенный анализ показывает высокий уровень загрязненности поверхностных сточных вод. Количество загрязнений, присутствующих в городских стоках превышают значения ПДК по взвешенным веществам, БПК, нефтепродуктам, фосфатам и тяжелым металлам. На долю поверхностного стока приходится приблизительно 75% взвешенных веществ, 20% органических веществ (БПК), 68% нефтепродуктов, 65% тяжелых металлов, поступающих в водоемы [5].

Таблица 1

Характеристики качества поверхностного стока с территорий некоторых городов России.

Показатель	Самара [3]	Санкт-Петербург[4]	Волгоград [4]	ПДК р.х.[5]
Взвешенные вещества, мг/л	50-1450	300-600	420-1250	+0,25 фону
Железо общее, мг/л	0,03-10,7	2-12	-	0,1
Сухой остаток, мг/л	471-891,6	200-400	444,5-5718	1000
БПК, мг/л	5,2-316	20-50 (БПК ₅)	39,2-118,5	3
Нефтепродукты, мг/л	0,125-475	7-12	0,75-3	0,05
Сульфаты, мг/л	63,4-792	-	126,8-216	100
Фосфаты, мг/л	0,06-5,44	0,5-0,8	-	0,2
Азот аммонийный, мг/л	3,8-11,2	8-10	0,45-2,08	0,39
рН	7-8	-	7,41-7,	6,5-8,5
Цинк, мг/л	0-0,035	-	0,039	0,01
Медь, мг/л	0-0,58	-	0,22	0,001
Алюминий, мг/л	0-0,1	1-6	-	0,04
Кадмий, мг/л	0-0,05	-	-	0,005
Хром, мг/л	0-0,065	-	-	0,001
Никель, мг/л	0	-	-	0,01

Выводы

На основании проведенного анализа, можно констатировать, что поверхностные сточные воды наносят существенный вред водоемам, загрязняя их взвешенными веществами, нефтепродуктами, тяжелыми металлами и требуют очистки. Следует отметить, что поверхностные сточные воды наиболее рационально отводить и очищать локально, не смешивая с хозяйственно-бытовыми сточными водами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты.-Москва: ОАО «НИИ ВОДГО», 2014-88с.
2. Алексеев М.И., Курганов А.М., Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий. Учебное пособие. М.: Изд-во АСВ, 2000.352с.
3. Дикаревский В.С., Курганов А.М., Нечаев А.П., Алексеев М.И. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. Учебное пособие. Л.: Стройиздат, 1990.224с.
4. Исследование физико-химических характеристик поверхностного стока населенных пунктов/ В.И. Кичигин, П.Г. Быкова // Водоснабжение и санитарная техника.-2002.- №11.
5. Гриднева М.А. Совершенствование отведения и очистки поверхностных сточных вод с урбанизированных территорий: автореф. дис...канд.техн.наук/ СГАСУ.- Самара, 2004.
6. Применение биоинженерных сооружений для очистки ливневых и талых вод с урбанизированных территорий / А.Г. Мелехин, И.С. Щукин // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура:2012.- Вып.№1
7. Анализ экологической безопасности города Новосибирска/ И.Н. Суханова // 2012г.
8. Ливневый сток как источник загрязнения поверхностны сточных вод/ А.А. Волчек, И.В. Бульская// Вестник Брестского государственного технического университета: 2012.-Вып.№2

ANALYSIS OF QUALITATIVE AND QUANTITATIVE COMPOSITION OF SURFACE SEWAGE

*Tsyba Anna Aleksandrovna, Post-graduate Student; Skolubovic Yuri
Leonidovich, Professor, Doctor of Engineering Sciences*

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin),
113 Leningradskaya Street
Novosibirsk, 630008
Russia Federation

Tsyba A.A., e-mail anyuta.tsyba@yandex.ru
Skolubovic Yu.L., e-mail sjl1964@mail.ru

Abstract

Despite the improvement of quality of domestic and industrial wastewater treatment, contamination of reservoirs continues to increase. This takes place due to the organized and unorganized flow of untreated surface sewage into reservoirs. In this work the analysis of qualitative composition of surface sewage in some cities is carried out. On the basis of the fulfilled literary review the following typical kinds of pollution contained in surface sewage have been defined: suspended solids, oil products, organic and biogenic substances, as well as chemical compounds of various degree of harmfulness. The most adverse impact on the ecosystem of reservoirs is exerted by suspended solids and oil products contributing to siltation, violation of oxygen balance, death of microorganisms and violation of the self-clearing ability of reservoirs. To improve the ecological condition of reservoirs it is necessary to provide treatment and organized drainage of surface sewage.

Keywords

Surface sewage, suspended solids, oil products, BOD, reservoir ecosystem

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ ЭМИССИИ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Кортаева Татьяна Александровна^{1,2}, д.ф.-м.н., доцент, профессор, с.н.с.;
*Черкашина Вера Ивановна*¹, студент

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

Черкашина В. И., e-mail verusik_vera_95@mail.ru

Адрес для корреспонденции: *Черкашина Вера Ивановна*,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел.+7 (913) 221-93-23

Аннотация

В работе представлены результаты численного моделирования основных процессов, происходящих в котле с естественной тягой при горении пылеугольного топлива, полученные с помощью пакета программ ANSYS 18.0 (academic). Расчеты модельной двумерной задачи выполнены в рамках осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье - Стокса, с использованием модели турбулентности 'k — ε'. Движение дисперсной фазы описывается соответствующей моделью дискретной фазы (*DiscretePhaseModel*). Моделируются реакции, реализующиеся на поверхности частиц топлива и в газовой фазе. Получены поля температур и концентраций компонент смеси. Отслежены траектории твердых частиц. Проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова

Численное моделирование; горение угольной пыли; турбулентность; дискретная фаза; компоненты смеси; концентрации оксидов азота и углерода.

1. Введение

В настоящее время проблемам загрязнения окружающей среды уделяется особое внимание, ввиду интенсивного роста темпов развития промышленности и транспортной инфраструктуры, которые являются главными источниками загрязнения геосфер Земли, что отрицательно сказывается на здоровье населения. Немалый вклад в загрязнение окружающей среды вносят тепловые электростанции (ТЭС). В последнее время, несмотря на активное использование нефти, газа и урана, доля угля в мировой выработке электроэнергии составляет ~40%, в США ~50% и ~80% в Китае [1]. В России доля угля в топливно-энергетическом балансе составляет примерно 10-12%, и в перспективе будет

возрастать [2]. В связи с этим, проблемы совершенствования технологий сжигания твердого топлива (угля), разработки и исследования методов сокращения выбросов оксидов азота и углекислого газа в атмосферу становятся актуальными.

Используются различные технические решения и способы организации горения в топках котлов [3]. Пылевидный способ сжигания угольного топлива имеет ряд преимуществ по сравнению с распространенным слоевым методом. При измельчении топлива увеличивается отношение площади угольных частиц к их массе, что увеличивает поверхность реагирования углерода с окислителем. Летучие компоненты, насыщая объем, образуют газоздушную смесь, которая начинает гореть [4] и быстро сгорает при сниженных температуре и времени воспламенения. Кроме того, при пылевидном сжигании твердого топлива экономично сжигаются мелкие низкие сорта топлива с высоким содержанием золы, а также отходы в виде отсевов каменных углей и пр.

Процесс воспламенения и горения аэрозвеси топливной смеси можно разбить на три этапа [4]:

- 1) термодеструкция органической массы топлива с выделением летучих веществ и образование горючей смеси: летучие+окислитель;
- 2) воспламенение и горение смеси;
- 3) процесс горения летучих веществ и твердого остатка.

Измельчённый уголь с помощью горячего газа подаётся в сепаратор, установленный в верхней части мельницы. Размер частиц регулируется путём изменения скорости потока газа через сепаратор, скорости вращения сепаратора и на выходе из мельницы составляет: *не более 74 мкм – 80%; не более 200 мкм – 100%*.

Целью работы является численное моделирование структуры течения и процессов горения пылеугольного топлива в котле высокого давления с естественной циркуляцией с использованием пакета программ ANSYS 18.0 (academic).

2. Постановка задачи

Основным топливом является уголь, близкий к характеристикам бурого, состав и свойства которого представлены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав рабочей массы, %	
летучие вещества	0.5
чистый уголь	0.3
зола	0.1
влажность	0.1

Решается модельная задача – рассматривается движение многокомпонентной двухфазной реагирующей среды для двухмерной модели котла с естественной тягой в очень упрощенном варианте конструкции. Схема задачи представлена на рисунке 1,а. Дисперсность угольных частиц в диапазоне от 7 до 200 мкм задавалась по распределению Розина-Раммлерас показателем полидисперсности 3,4 и средним размером частиц 134 мкм.

Подогретая смесь пылеугольного топлива и воздуха поступала с границы, обозначенной на схеме задачи «топливо», с границы «окислитель» поступал воздух.

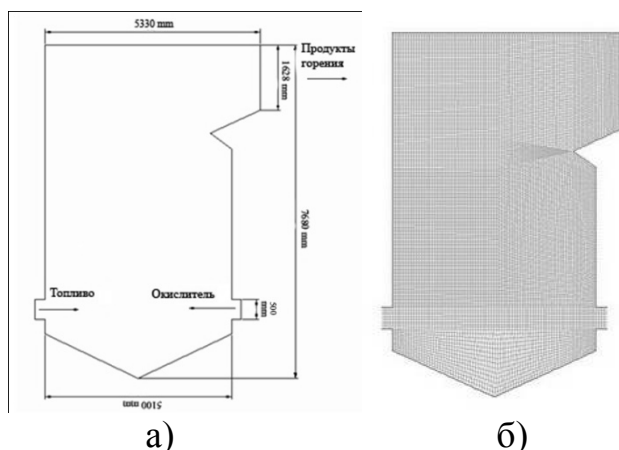


Рис. 1. Схема задачи (а), расчетная сетка (б)

На рисунке 1,б также можно видеть гексаэдральную расчетную сетку, построенную с помощью приложения ANSYS ICEM CFD.

Расчеты выполнены в рамках осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье - Стокса, с использованием модели турбулентности $k - \varepsilon$. Движение дисперсной фазы описывается моделью дискретной фазы (*DiscretePhaseModel*).

При описании процесса горения принимаются во внимание реакции на поверхности твердых частиц и в области решения [6]:



Горение выделяемого CO и H₂ определяется реакциями в газовой фазе:



Реакции описываются комбинированной моделью конечной скорости реакции и распада вихря (*FiniteRate/Eddydissipation*).

В качестве граничных условий задавались: условие прилипания на стенках устройства – *'wall'*, тип условия на выходе из котла *'velocity-outlet'*, на входах – *'velocity-inlet'*.

3. Результаты

Результатами численного моделирования являются поля температур и давления, концентрации топлива, окислителя и продуктов реакций (CO, CO₂, O₂, NO_x и т.д.). Пример полученных результатов можно видеть на рисунках 2-4.

На рисунке 2 можно видеть траектории частиц, окрашенные по температуре.

На рисунке 3 представлены поля течения в один из моментов времени. Линии тока можно видеть на рисунке 3,а. Они показывают сложную вихревую картину течения, реализующуюся при взаимодействии двух струй, смеси

угольной пыли с воздухом и вторичного воздуха. Распределение летучих дано на рисунке 3,б, массовая доля воды показана на рисунке 3,в.

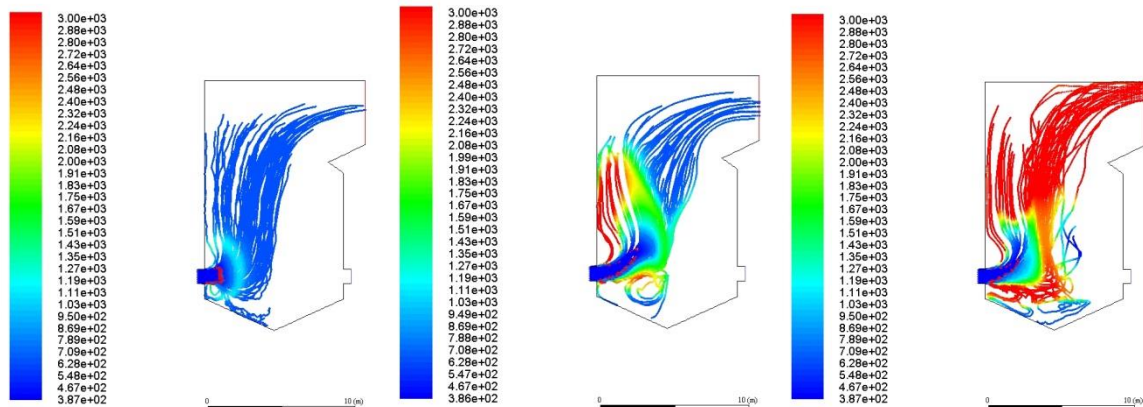


Рис. 2. Траектории твердых частиц топлива на различных стадиях горения (окрашены по температуре)

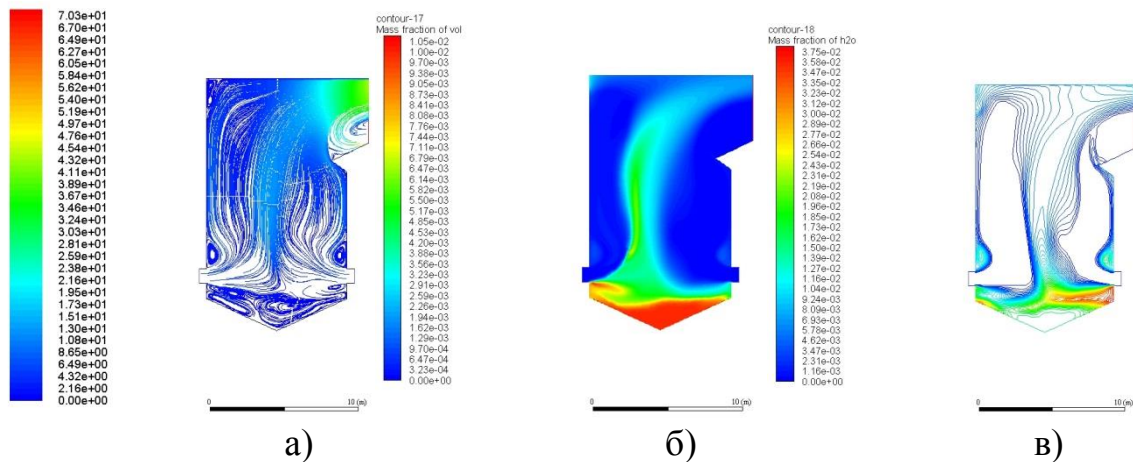


Рис.3 Поля течения в один из моментов времени. Линии тока (а), летучие (б), вода (в)

На рисунке 4,а приведены рапрделения NO_x внутри топки. Рисунок 4,б показывает распределение окислов азота и углерода в выходном сечении котла.

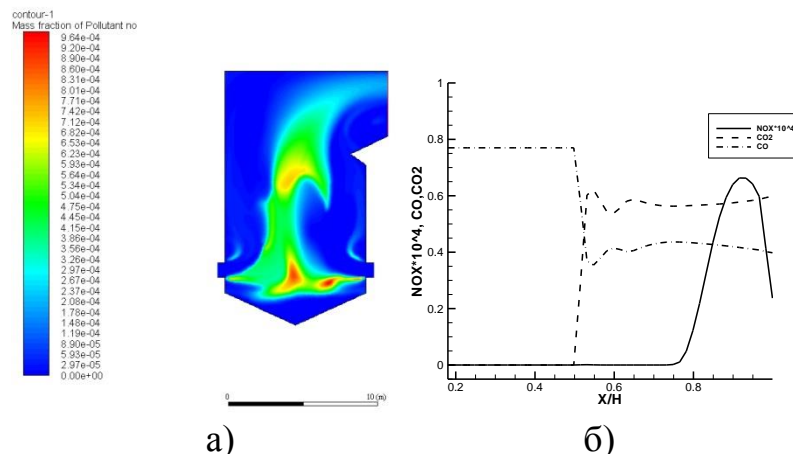


Рис. 4. Распределение NO_x внутри объема (а), распределения CO_2 и NO_x в

4. Выводы

В работе представлены первые результаты численного моделирования основных процессов, происходящих в котле с естественной тягой при горении пылеугольного топлива, полученные с помощью пакета программ ANSYS 18.0 (academic). Рассматривается распространение дисперсной фазы (пылеугольного топлива), процессы воспламенения и горения. В целом, полученные результаты согласуются с известными положениями теории горения и экспериментами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпенко Е.И., Карпенко Ю.Е., Мессерле В.Е., Устименко А.Б. Использование плазменно-топливных систем на пылеугольных ТЭС Евразии. // Теплоэнергетика. – 2009. – № 6. – С. 10–14.
2. Макаров А.А. Проблемы и перспективы развития топливно-энергетического комплекса России // Энергоэффективность: Тезисы докладов Международной научно-техн. конф. (6-8 октября 2008 г., Киев, Украина). Киев: Институт газа НАНУ. – 2008. – С. 7–10.
3. Бордюков А.П., Гинзбург-Шик Л.Д. Тепломеханическое оборудование тепловых электростанций. – М.: Энергия, 1978. – 272с.
4. Основы практической теории горения: Учебное пособие для вузов // Под ред В.В. Померанцева. –Л.: Энергоатомиздат, 1986.
5. Вдувание пылеугольного топлива в горн доменной печ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kalugin.biz/ru/content/pulverized_coal.
6. Крутов Ю.М., Решетняк Д.В., Токарев И.И. Моделирование горения пылевидной коксовой частицы в присутствии водяного пара// Энергосбережение, Энергетика, Энергоаудит. 2013. – Вып.№5(111).

NUMERICAL SIMULATION FOR DEFINITION OF THE TOXIC SUBSTANCES RELEASED INTO ENVIRONMENT AT THE COAL BURNING

Korotaeva Tatiana Alexandrovna^{1,2} *Doctor of Science (Phys.&Math), associate professor, senior researcher, professor, e-mail korta@itam.nsc.ru*
Cherkashina Vera Alexandrovna, student, [verusik vera 95@mail.ru](mailto:verusik_vera_95@mail.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 modeling of the basic processes taking place at coal combustion in a natural-draft boiler. The results have been obtained using ANSYS 18.0 (academic) software package. Calculations of the simplified two-dimensional problem have been performed within the Reynolds-averaged Navier-Stokes equations, using the turbulence model ' $k-\varepsilon$ '. The motion of the dispersed phase has been described by the corresponding discrete phase model. The reactions realized on the surface of the fuel particles and in the gas phase have been simulated. The paper presents the temperature and concentration of the mixture component patterns, as well as trajectories of the solid particles. Obtained results have been analyzed.

Keywords

Numerical simulation, coal burning, turbulence, discrete phase model, mixture components, concentration of nitrogen and carbon oxides

Содержание

<i>СЕКЦИЯ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ</i>	5
ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИЦИЙ Nb-ИНТЕРМЕТАЛЛИД- Al С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА СВАРКИ ВЗРЫВОМ И ПОСЛЕДУЮЩИМ ОТЖИГОМ	
<i>Аликина Мария Сергеевна, студент; Фомина Дарья Евгеньевна, Бубликова Христина Михайловна, Поздняков Станислав Владимирович</i>	5
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТЫХ СЛОЕВ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКОЙ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА НА СТАЛЬ	
<i>Бардин Алексей Игоревич, Лосинская Анна Андреевна, Ложкина Елена Алексеевна</i>	11
СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И СВОЙСТВА ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ V_4C-Ni	
<i>Безрукова Виктория Александровна, Тютюнькова Мария Константиновна, Елизарьев Кирилл Алексеевич</i>	17
ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СЕРОГО ЧУГУНА	
<i>Иванчик Илья Сергеевич, Иванчик Сергей Николаевич, Кузнецов Алексей Федорович</i>	22
АНИЛИЗ ПРИЧИН ПОЛОМКИ ГРЕБНОГО ВАЛА ТЕПЛОХОДА «ВОЛГО- ДОН 117»	
<i>Иванчик Илья Сергеевич, Иванчик Сергей Николаевич, Кузнецов Алексей Федорович, Кузмина Ксения Евгеньевна, Горбунова Анастасия Вячеславовна</i>	
<i>Горбатовский Алексей Валерьевич</i>	27
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ СНАБЖЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СМАЗЫВАЮЩЕ-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ	
<i>Кендзерский Ян Владиславович</i>	34
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СТАТИЧЕСКОЙ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ТЕРМОГРАФИЧЕСКИМ СПОСОБОМ	
<i>Куриленко Георгий Алексеевич, Никитин Егор Александрович</i>	36
АНАЛИЗ ПРИЧИН ФОРМИРОВАНИЯ АМОРФНЫХ СТРУКТУР ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ СВАРКЕ ВЗРЫВОМ ФОЛЬГИ НИОБИЯ И ПЛАСТИНЫ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ	
<i>Кучумова Иванна Денисовна</i>	42
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖСЛОЙНОЙ ГРАНИЦЫ В БИМЕТАЛЛЕ АЛЮМИНИЙ-МАГНИЙ, СФОРМИРОВАННОМ СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ	
<i>Матц Ольга Эвальдовна, Зимоглядова Ольга Алексеевна</i>	47

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ ИЗ АЛЮМИНИДОВ НИКЕЛЯ, ПОЛУЧЕННЫХ СВЕРХЗВУКОВЫМ ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ	
<i>Рубцова Оксана Александровна</i>	52
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ IN-SITU ИССЛЕДОВАНИЯ ЭВОЛЮЦИИ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ТРИБОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	
<i>Смирнов Андрей Борисович, Хохлов Алексей Дмитриевич, Буров Владимир Григорьевич</i>	56
ПОВЫШЕНИЕ ПЛОТНОСТИ КОМПАКТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМООКСИДНЫХ БРОНЕКЕРАМИЧЕСКИХ ПЛИТОК	
<i>Фелюфьянова Анна Владиславовна, Кузьмин Руслан Изатович, Черкасова Нина Юрьевна</i>	61
СТРУКТУРА И ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТИТАНА И НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА, СВАРЕННЫХ ВЗРЫВОМ ЧЕРЕЗ ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ СЛОИ	
<i>Фомина Дарья Евгеньевна, Аликина Мария Сергеевна</i>	65
ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПОРОШКОВОЙ НАСЫПКИ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ	
<i>Чучкова Любовь Вадимовна, Белов Александр Сергеевич, Васильева Вера Сергеевна, Вялова Анастасия Дмитриевна</i>	71
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОИСКА ДЕФЕКТОВ В КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ	
<i>Эмиров Андрей Валерьевич, Рынгач Николай Анатольевич</i>	77
 СЕКЦИЯ: БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ	
80	
АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ЗЫРЯНОВСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА (ТОО «КАЗЦИНК»)	
<i>Гавриленко Екатерина Николаевна, Удальцов Евгений Анатольевич</i>	80
ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ В ОЦЕНКЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА И ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ	
<i>Горбунова Алена Сергеевна, Тихонова Ольга Васильевна</i>	83
АНАЛИЗ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ КОНТРОЛЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ ПРОНИКАЮЩИМИ ИЗЛУЧЕНИЯМИ	
<i>Иванов Евгений Алексеевич, Поляков Юрий Олегович</i>	87

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИФТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ	
<i>Игнатовская Елена Анатольевна, Милевский Константин Евгеньевич</i>	92
АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЗРЫВА В КОТЕЛЬНОЙ	
<i>Киселёва Людмила Ивановна, Илюшов Николай Яковлевич</i>	97
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ПОЖАРА БЫТОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ	
<i>Кисилёва Дарья Владимировна, Илюшов Николай Яковлевич</i>	102
МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСУЛЬКООБРАЗОВАНИЯ НА КРЫШЕ И БОРЬБА С ПОМОЩЬЮ ГРЕЮЩЕГО КАБЕЛЯ	
<i>Коробейников Сергей Миронович, Загорнов Дмитрий Андреевич</i>	106
К ВОПРОСУ О ЗАЩИТЕ ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИЙ	
<i>Ломан Валентин Алексеевич, Илюшов Николай Яковлевич</i>	109
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД Г. НОВОСИБИРСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЧКОВ <i>DAPHNIA MAGNA</i> <i>STRAUS</i>	
<i>Нестеренко Юлия Александровна, Дьяченко Геннадий Иванович</i>	114
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЗРЫВА ГАЗОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ НА ОБЪЕКТЕ «АКВАМИР»	
<i>Никифорова Елена Валерьевна, Илюшов Николай Яковлевич</i>	118
УЛУЧШЕНИЕ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РЕЧНЫХ СУДАХ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В СЕВЕРНЫХ ШИРОТАХ	
<i>Пичурин Александр Михайлович, Пичурина Инна Анатольевна, Губин Евгений Сергеевич</i>	122
АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ТРУДА В РОССИИ	
<i>Полончук Константин Эдуардович</i>	126
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОТХОДАМИ В ЗАО «ЭЛСИ СТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ»	
<i>Попова Екатерина Николаевна, Коробенкова Александра Юрьевна</i>	129
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНОГО ЗАНУЛЕНИЯ С УЧЕТОМ РАССТОЯНИЯ ДО ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ	
<i>Попова Юлия Сергеевна, Парахин Анатолий Михайлович</i>	132
АНАЛИЗ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ СВАРНЫХ СТЫКОВ РЕЛЬСОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ	
<i>Рыжова Анна Олеговна, Бехер Сергей Алексеевич</i>	137

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ УСЛОВИЙ ТРУДА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Сереброва Ольга Сергеевна, Удальцов Евгений Анатольевич..... 143

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ ГРОЗОУПОРНОСТИ ВЛ

Скрябина Екатерина Андреевна, Илюшов Николай Яковлевич 147

МЕТОДИКА РАСЧЕТА БЕЗОПАСНОЙ СТЕПЕНИ ЗАПОЛНЕНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ С НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Тыныбаева Анар Кайратовна, Илюшов Николай Яковлевич 157

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПЭВМ, ПОЗВОЛЯЮЩИХ ОЦЕНИВАТЬ ПАРАМЕТРЫ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Уткин Антон Витальевич, Нагорнов Никита Сергеевич, Индикеев Дмитрий Юрьевич, Асеев Георгий Евгеньевич..... 161

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВОБОДНЫХ ИОНОВ И ЭЛЕКТРОНОВ В ПРОФИЛЕ ПЛАМЕНИ

Худякова Юлия Игоревна, Илюшов Николай Яковлевич..... 165

СИСТЕМА АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Чуприна Николай Николаевич, Коробейников Сергей Миронович 169

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Шешлянников Альберт Андреевич, Асеев Георгий Евгеньевич 173

ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ¹⁷⁸

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ЗАГРЯЗНЕННЫХ ФЕНОЛОМ. ИССЛЕДОВАНИЯ НА МОДЕЛЬНЫХ РАСТВОРАХ

Блинова М.И., Александров В.Ю., Болтенков В.В. 178

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА КАТАЛИЗАТОРА И УСЛОВИЙ РЕАКЦИИ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КОНДЕНСАЦИИ МЕТАНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Васильев Сергей Данилович, Кузнецов Вадим Владимирович, Матус Екатерина Владимировна, Исмагилов Ильяс Зинферович..... 184

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ БИНАРНО-ОКСИДНЫХ СИСТЕМ В РЕАКЦИЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО НИТРОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Габова Наталья Евгеньевна, Коскин Антон Павлович 189

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ТРУБ ИЗ
ПОЛИЭТИЛЕНА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Готфрид Людмила Геннадьевна 194

ГОД ЭКОЛОГИИ В СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дегунов Алексей Борисович, Александров Виктор Юрьевич 198

РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЁТА АВИАЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ В ЗОНЕ
АЭРОПОРТА

*Игнатов Александр Сергеевич, Кортаева Татьяна Александровна,
Турчинович Анна Олеговна* 206

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА
ОСНОВЕ ПОЛИУРЕТАНОВ И МОДИФИКАТОРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ
РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

*Федосихина Любовь Олеговна, Кадимова Анна Владимировна, Горбунов Фёдор
Константинович, Полубояров Владимир Александрович* 211

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОМОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ
SiO₂ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОЙ
ПЛИТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗШО И СТЕКОЛЬНЫХ ОТХОДОВ

*Кальнеус Вероника Анатольевна, Немущенко Дмитрий Андреевич,
Ларичкин Владимир Викторович* 216

РАЗРАБОТКА АКЦЕПТОРОВ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ ОКСИДА
МАГНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ
ДЕГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

Карнаухов Тимофей Михайлович, Ведягин Алексей Анатольевич 220

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ
ЭКРАНОВ ПО ЗАЩИТЕ ПОЧВ ОТ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

*Кочегарова Ксения Владимировна, Ларичкина Наталья Илларионовна,
Ларичкин Владимир Викторович* 225

ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛЕНИЯ И КОРРОЗИИ
ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛАТИНЫ В O₂ И В ПРОЦЕССЕ
ОКИСЛЕНИЯ АММИАКА МЕТОДОМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ
МИКРОСКОПИИ

*Кочурова Наталья Михайловна, Саланов Алексей Николаевич, Сутормина
Елена Федоровна* 231

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ
КАНАЛИЗАЦИИ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ

*Кругликова Анастасия Валерьевна, Аганичева Екатерина Константиновна,
Бальжанова Алина Евгеньевна* 236

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВЫХ
ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ГЛИН В РЕАКЦИИ
СИНТЕЗА 1,5-БЕНЗАДИАЗЕПИНА ИЗ АЦЕТОНА И
1,2-ФЕНИЛЕНДИАМИНА

Макарова Кристина Николаевна, Тимофеева Мария Николаевна..... 241

УДАЛЕНИЕ ФОСФАТОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ
ФИЛЬТРОВАНИЯ

Матюшенко Евгений Николаевич, Гейсаддинов Табриз Ильяз оглы..... 247

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД УДАЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И
ФОСФОРА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

*Матюшенко Евгений Николаевич, Белозёрова Елизавета Сергеевна,
Нагорная Татьяна Вячеславовна* 253

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЗАРЯДКИ ПОРИСТОГО ПОЛИМЕРНОГО
ФИЛЬТРА

Мик Иван Александрович, Горев Василий Николаевич 259

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ВОДОРОДА, КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТОПЛИВА, ИЗ
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

*Нефедова Дарья Васильевна, Матус Екатерина Владимировна, Сухова Ольга
Борисовна, Кузнецов Вадим Владимирович, Исмагилов Ильяс Зинферович,
Керженцев Михаил Анатольевич, Исмагилов Зинфер Ришатович*..... 262

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА СВОЙСТВА ПОЛИУРЕТАНА

¹ *Никитин Савелий Константинович, Кадимова Анна Владимировна,
Горбунов Фёдор Константинович, Полубояров Владимир Александрович*..... 266

Fe,Si-СОДЕРЖАЩИЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ МОНТМОРИЛЛОНИТА
КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ СИНТЕЗА 1,5-
БЕНЗОДИАЗЕПИНА

*Петрова Екатерина Андреевна, Панченко Валентина Николаевна, Приходько
Сергей Александрович, Тимофеева Мария Николаевна*..... 272

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА $Ce_{1-x}M_xO_y$ (M = Gd, La, Mg)
НОСИТЕЛЕЙ И Ni КАТАЛИЗАТОРОВ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ
ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

*Попкова Виктория Сергеевна, Матус Екатерина Владимировна,
Ушаков Владимир Александрович, Исмагилов Ильяс Зинферович,
Керженцев Михаил Анатольевич, Исмагилов Зинфер Ришатович* 277

БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ Ni-M/CeZrO₂/Al₂O₃ (M = Pd, Pt, Re, Mo, Sn) КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЙ ГАЗ

Рундау Ирина Андреевна, Матус Екатерина Владимировна, Кузнецов Вадим Владимирович, Яшник Светлана Анатольевна, Исмагилов Ильяс Зинферович, Керженцев Михаил Анатольевич, Исмагилов Зинфер Ришатович 282

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ УГОЛЬНЫХ ТЭС

Садыкова Алена Анатольевна, Александров Виктор Юрьевич 287

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БЕЗРЕАГЕНТНЫХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Солдышев Руслан Владимирович, Ларичкин Владимир Викторович 292

ЗОЛОБЕТОНЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОВОЛОКОН

Строганов Дмитрий Алексеевич, Мишаков Илья Владимирович, Ведягин Алексей Анатольевич 297

ИЗМЕНЕНИЕ ГРУППОВОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С КИСЛЫМИ ДРЕНАЖНЫМИ ВОДАМИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА

Сурков Олег Николаевич¹²³, студент магистратуры НГТУ; Сарыг-оол Багай-оол Юрьевич³, аспирант; Таран Оксана Павловна¹² д-р хим. наук; Лазарева Елена Владимировна³ канд. геол.-минерал. наук; Мягкая Ирина Николаевна³ канд. геол.-минерал. наук; 301

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СОРБИТОЛА ПУТЕМ ГИДРОЛИЗА-ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРИСУТСТВИИ ТВЕРДЫХ Ru- И GPK-СОДЕРЖАЩИХ БИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Толстихина Дарья Владимировна, Медведева Татьяна Борисовна, Громов Николай Владимирович 305

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ СТРУЕ, ИСТЕКАЮЩЕЙ ИЗ ДВИГАТЕЛЯ САМОЛЕТА

Коротаева Татьяна Александровна, Турчинович Анна Олеговна 310

АНАЛИЗ КАЧЕСТВЕННОГО И КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Цыба Анна Александровна, Сколубович Юрий Леонидович 317

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ ЭМИССИИ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Коротаева Татьяна Александровна, Черкашина Вера Ивановна 322

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Наука Промышленность Оборона

Труды XVIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ

г. Новосибирск, 19-21 апреля 2017 г.

Том III

Под редакцией *С.Д. Саленко*

Компьютерная верстка *А.С. Долматов*

Подписано в печать 13.06.2017 г. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная
Тираж 30 экз. Уч.-изд.л. 19,53. Печ.л. 21. Заказ № 799

Отпечатано в типографии
Новосибирского Государственного Технического Университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20
Тел: (383)-346-31-87