

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  
XVII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ**

г. Новосибирск, 20-22 апреля 2016 г.

***СЕКЦИИ:***

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

Новосибирск  
2016

УДК 62+623](063)

ББК 72я431

Н 34

Н 34 **Наука Промышленность Оборона:** труды XVII Всероссийской научно-технической конференции: в 4 т. / коллектив авторов; под редакцией С.Д. Саленко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016.

ISBN 978-5-7782-2920-4

Том 3: - 360 с.

ISBN 978-5-7782-2923-5

*Редакторы тома:*

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

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

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

Представлены труды XVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов «Наука Промышленность Оборона – 2016». Материалы представлены по следующим секциям:

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

УДК 62+623](063)

ISBN 978-5-7782-2923-5 (Том 3)

ISBN 978-5-7782-2920-4

© Коллектив авторов, 2016

© Новосибирский государственный  
технический университет, 2016

## 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;

*Серьезнов А.Н.*, 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 Института теоретической и прикладной механики СО РАН, Почетный доктор НГТУ;

*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 ГДУ НГТУ – ответственный секретарь, член-корреспондент АВН;

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

*Карпович А.И.*, д.э.н., профессор, заведующий кафедрой «Экономическая теория и прикладная экономика» (ЭТПЭ) НГТУ;

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

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

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

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

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

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

*Мержиевский Л.А.*, д.ф.-м.н., профессор, НИИ Гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, член- корреспондент АВН;

*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.

#### **Рабочая группа:**

*Вольф Н.А.*, магистрант, гр. МБМ-51

*Долматов А.С.*, студент, гр. МА-31

*Корнаков Е.А.*, студент, гр. МА-31

*Тихонина К.В.*, магистрант, гр. МБМ-51

#### **Редакционная коллегия сборника трудов научно-технической конференции «НПО-2016»**

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

УДК629.7.021

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА СБОРКИ ГОЛОВНОЙ ЧАСТИ ФЮЗЕЛЯЖА МНОГОЦЕЛЕВОГО САМОЛЕТА

*Бирюков Д. И.*

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

*Бирюков Д.И.*, e-mail: [dmitrii.birukov@mail.ru](mailto:dmitrii.birukov@mail.ru)

*Адрес для корреспонденции: Бирюков Дмитрий Игоревич*, Новосибирский  
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.  
Карла Маркса, 20, тел. (913)385-17-27

### **Аннотация**

Наиболее распространённый метод увязки – увязка плазово-шаблонным методом, технологически устарел на сегодняшний день. Данный метод не способен в полной мере обеспечить конкурентоспособность на мировом рынке авиационной техники. На замену плазово-шаблонному методу увязки все больше используется метод увязки по электронной модели, обладающий более высокой точностью и меньшей трудоемкостью сборочных процессов с одной стороны, и более затратным технологическим оснащением и программным обеспечением с другой. Увязка по электронной модели так же позволяет внедрять и использовать различные инновационные методы оптимизации технологического процесса.

### **Ключевые слова**

Безплазовый метод увязки; электронная модель; математическая модель; плазово-шаблонный метод; сборочные отверстия.

### **1. Введение**

Сборка головной части фюзеляжа самолета является промежуточным этапом технологического процесса - воспроизведения аэродинамических обводов самолёта, который частично определяет качество выпускаемого изделия.

Актуальной проблемой производства летательных аппаратов в условиях рыночной экономики и жесткой конкуренции является снижение трудоемкости и повышению экономичности изготовления авиационной техники, а также удовлетворение требований по увеличению ресурса самолётов за счет

повышения качества изделия путем совершенствования сборочных процессов.

В качестве усовершенствования сборочного процесса рассмотрим переход от плазово-шаблонного метода увязки элемента конструкции, собираемого по сборочным отверстиям к безплазовому методу увязки.

## 2. Теория

Сборка по сборочным отверстиям (СО) - процесс, при котором сборка осуществляется путем совмещения взаимосогласованных отверстий, выполняемых при изготовлении сопрягаемых деталей.

Существенным фактором, влияющим на выбор варианта сборки по СО, является способ увязки положения СО между собой и контуром панели. При плазово-шаблонном производстве положение СО снимают с конструктивного плаза (КП) на шаблон контрольно-контурный (ШКК), по которому изготавливают шаблоны контурные (ШК) на все детали, входящие в узел. В местах расположения СО на ШК устанавливают кондукторные втулки, через которые можно сверлить отверстия непосредственно в деталях. ШК служат для изготовления обводообразующей оснастки - инструментальных штампов, формблоков и правок, сборочных приспособлений (СП), а также промежуточных носителей информации - шаблонов гибки (ШГ), шаблонов внутреннего контура (ШВК), шаблонов развертки детали (ШРД).

Погрешность изготовления при плазо-шаблонном методе зависит от формообразующих элементов и способа базирования.

В общем случае погрешность сборки узла в приспособлении определяется следующими составляющими: а) погрешностью носителя размеров (приспособления) -  $\delta_{np}$ ; б) погрешностью базирования устанавливаемых деталей -  $\delta_{баз}$ ; в) погрешностями отводов и смещений, вызванных образованием соединения, прогибами приспособления и прочими не зависящими от метода сборки причинами -  $\delta_{проч}$ . Величина  $\delta_{проч}$  принимается  $\delta_{проч} = 0,4\delta_{сб}$ .

Тогда

$$\delta_{сб} = \delta_{np} + \delta_{баз} + \delta_{проч} \quad (1)$$

Для обводообразующих элементов погрешность базирования детали двойной кривизны напрямую зависит от погрешности ее изготовления, с учетом этого окончательная погрешность сборки вычисляется по формуле (2).

$$\delta_{сб} = \delta_{np} + 2\delta_{баз} + \delta_{изг} + \delta_{проч} \quad (2)$$

Погрешность приспособления определяется по формуле (3).

$$\delta_{np} = \pm \sqrt{\sum \delta_i^2 (mn - np)} \quad (3)$$

где  $\delta_i(mn - np)$  - погрешность передачи формы и размеров на разных стадиях от теоретического плаза к приспособлению.

При безплазовом методе увязки или по электронной модели (ЭМ) первоисточником увязки СО является математическая модель поверхности (ММП) и чертежи узлов и деталей. На станках с численно-программным управлением (ЧПУ) производится обработка и разметка болванок, формблоков и оправок, по которым изготавливают эталонные обшивки и

детали каркаса.

Сокращение промежуточных операций позволяет не только повысить точность сборочного процесса, а также снизить его общую трудоемкость, но при этом безплазовый метод требует более высокую оснащенность рабочего места (при изготовлении деталей – станки ЧПУ, при сборке – программное обеспечение, позволяющее работать с математической моделью).

Использование информационной модели позволяет внедрять инновационные методы решения технологических задач на основе искусственного интеллекта. Использование нейросетевого, вероятностно-рекуррентного методов и метода многокритериальной оптимизации позволяют оптимизировать технологию инжиниринга, а именно сократить трудоемкость работ по технологической подготовке производственного процесса, разрабатывать комплекты проектной и технологической документации, анализировать необходимость реконструкции и технического перевооружения действующего производства.

### **Выводы**

Внедрение сборочных процессов на основе методов увязки по ЭМ позволит обеспечить конкурентоспособность изделия на рынке. Поэтому целесообразно использовать данный метод сборки для крупносерийного производства. В виду более дорогого технологического и программного обеспечения данный метод не целесообразен для мелкосерийного и единичного производства.

Помимо снижения трудоемкости и повышения точности использование математической модели позволяет формировать единое информационное пространство вокруг выпускаемого изделия, что в свою очередь позволяет использовать инновационные методы проектирования, сборки и контроля на всех жизненных циклах изделия.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Вашуков Ю. А., Ломовской О. В., Шаров А. А. Технология и оборудование сборочных процессов. – Самара: 2011. – 178 с.
2. Колганов И. М., Филиппов В. В. Проектирование приспособлений, прочностные расчеты, расчет точности сборки: Учебное пособие. -Ульяновск: УлГТУ, 2000. – 99 с.
3. Злыгарев В. А., Самсонов О. С. Бесплазовое производство авиационной техники: проблемы и перспективы. // САПР и графика. 2000. - № 9.
4. Селиванов С. Г., Гаврилова О. А. Нейросетевой метод оптимизации инновационных технологий // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2015. – №1 т. 19.

## ASSEMBLY OFFUSELAGE OF AIRCRAFT

Biryukov D.I., e-mail: dmitrii.birukov@mail.ru

Novosibirsk state technical university

### Abstract

The most common method of assembly in aerospace production is method involve same technologically obsolete tooling, such as templates. Those method is not able to fully ensure competitiveness in the world. The replacement of template method by method of using electronic models with a higher accuracy and less labor-intensive assembly processes and the more expensive technological equipment and software. Electronic models also allows to implement and use a variety of innovative methods of process optimization.

### Keywords:

electronic model; mathematical model; aircraft assembly.

УДК 623.74

## РАЗРАБОТКА ПРИСОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ БОКОВОЙ ВНУТРЕННЕЙ ОБШИВКИ ОТСЕКА ХЧФ

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

<sup>2</sup> Филиал ОАО Компания "Сухой"- Новосибирский авиационный завод

им В.П. Чкалова, г. Новосибирск

*Елфимов А.В.<sup>1</sup>, Гартман И.И.<sup>2</sup>, Рынгач Н.А.<sup>1</sup>*

levaelfimov@gmail.com

Современные тенденции в авиастроительной отрасли предполагают постоянное совершенствование технологий изготовления деталей, узлов и агрегатов отдельно взятого изделия особенно в условиях расширения производства. Это может выражаться в изменении технологии сборки уже находящихся в производстве частей конструкции планера самолёта.

Воздухозаборник— элемент летательного аппарата, предназначенный для подвода из атмосферы к двигателю воздуха с параметрами, обеспечивающими высокую эффективность силовой установки по тяге и расходу топлива при её минимальном сопротивлении аэродинамическом и надёжной (без помпажей двигателей и ВЗ) работе [1].



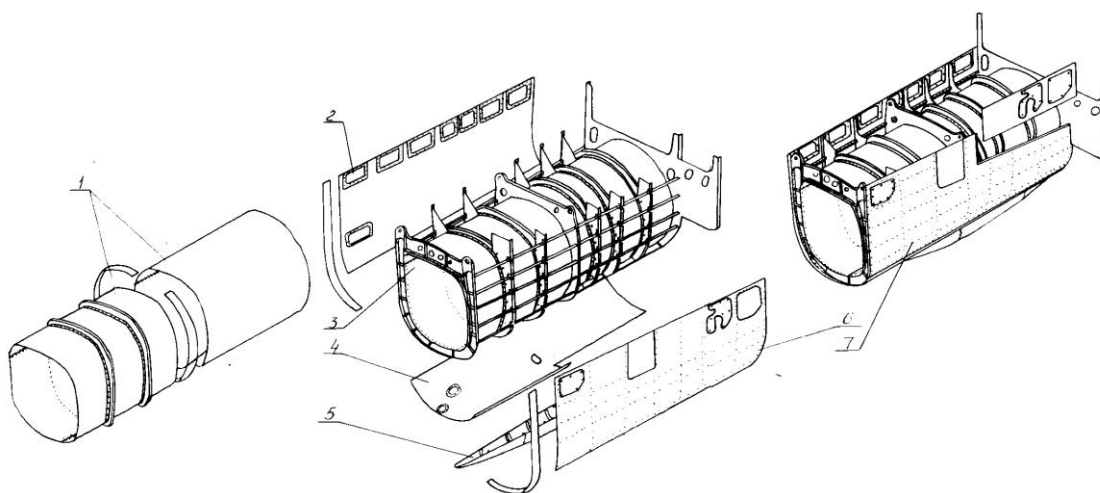


Рис. 1. Схема членения воздухозаборника:

1 – обшивка канала; 2 – обшивка боковая внутренняя; 3 – канал воздухозаборника; 4 – обшивка нижняя; 5 – обтекатель замка шасси; 6 – обшивка боковая внешняя; 7 – отсек.

Рассматриваемая часть воздухозаборника- боковая внутренняя обшивка. Сложность её сборки заключается в её больших габаритах и малой толщине, что делает её нежесткой.

Данная обшивка выполняет следующие функции:

- образует аэродинамические обводы воздухозаборника;
- воспринимает нагрузку на растяжение, сжатие, кручение и срез;
- осуществляет доступ внутрь воздухозаборника при эксплуатации.

Сама обшивка представляет собой лист Д16чАТ толщиной 1,5 мм с вырезами под лючки. Для усиления мест установки лючков используются полосы с окантовками. В качестве крепежа используются заклёпки.

В настоящее время сборка обшивки производится по СО на верстаке. Из-за сложности выполняемых работ в таких условиях сборочные операции вынуждены выполнять двое рабочих.

Основные проблемы при сборке обшивки по СО:

- неудобство сборки на верстаке;
- возможные отклонения обшивки от теоретического контура;

Перечисленные проблемы можно решить при помощи сборочного приспособления. Сборка при этом происходит по БО.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология самолетостроения: учеб.пособие / Абибов А.Л., Бирюков В.В. и др. – М.: Машиностроение, 1982. - 552 с.

## **TOOLS DESIGN FOR SIDE INNER LINING COMPARTMENT AFT FUSELAGE SECTION**

*Elfimov Alexei Vsevolodovich*

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia,

Novosibirsk, Karl Marks St., 20, tel. (960) 797-62-25

*Elfimov A.V.*, email [levaelfimov@gmail.com](mailto:levaelfimov@gmail.com)

The object of the research in the article is a device for the lateral inner liner aft fuselage compartment.

Sheathing is a sheet thickness of 1.5 mm D16chAT with cutouts under the hatches. To enhance the installation locations hatches used to strip edging. As the fasteners used rivets.

cladding assembly difficulty lies in the fact that a large Gabit, and is therefore a nonrigid.

At this point the assembly plating occurs assembly holes.

The main problems in the assembly of casing for the assembly holes:

- The inconvenience of the assembly on the bench;
- Possible deviations from theoretical plating circuit;

**Conclusion:** The above problems can be solved by means of jig. The assembly thus occurs at the base holes.

**УДК 621.7.07**

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ИНДУКТОРА ДЛЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ**

*Желободько Борис Александрович*<sup>1</sup>, аспирант;

*Рынгач Николай Анатольевич*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет,  
630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-06-09

*Желободько Б.А.*, email: [svs@craft.nstu.ru](mailto:svs@craft.nstu.ru)

*Рынгач Н.А.*, email: [ryngach@corp.nstu.ru](mailto:ryngach@corp.nstu.ru)

Адрес для корреспонденции: *Рынгач Николай Анатольевич*, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-06-09

### **Аннотация**

Рассмотрены вопросы повышения долговечности конструкции индуктора для импульсного магнитного обжима трубчатых деталей. К существующим монолитным индукторам предъявляются достаточно высокие требования по

долговечности, что приводит к использованию дорогих цветных сплавов. Замена монолитного индуктора насоставной позволяет повысить долговечность оснастки и снизить использование цветных сплавов в конструкции индуктора. В работе приведено описание новой конструкции стального индуктора с медными токопроводящими шинами, предлагаемой взамен существующей.

### **Ключевые слова**

магнитно-импульсная обработка, индуктор, трубчатые детали

### **1. Введение**

В настоящее время одним из самых эффективных способов соединения электрожгутов с трубчатыми наконечниками является обжим импульсным магнитным полем [1]. Достоинства данного метода заключаются в высоком качестве получаемых соединений – высокая надежность и стабильность получаемых характеристик. К недостаткам данного метода можно отнести требование высокой электрической проводимости материалов заготовок и индуктора, что ограничивает обрабатываемые материалы медными и алюминиевыми сплавами.

Технологическое оснащение для обработки импульсным магнитным полем - индукторы испытывают большие механические нагрузки. К материалу индукторов кроме требования высокой электрической проводимости дополнительно предъявляются высокие требования по долговечности. Прочность монолитных индукторов обусловлена прочностью материала токоведущей спирали. В качестве материала для индукторов чаще всего применяется бериллиевая бронза, которая имеет хорошую электропроводность и удовлетворительные механические характеристики по сравнению с медными сплавами. Например, наиболее подходящим материалом спирали индукторов, предназначенных для изготовления деталей из сплава типа Д16АМ с динамическим пределом текучести  $Y_0 \approx 200$  МПа, является бериллиевая бронза БрБ2 с пределом текучести  $\sigma_T = 500$  МПа. Так же необходимо учитывать, что при магнитно-импульсной обработке металлов давление импульсного магнитного поля может численно превзойти в 1,5...2,0 раза значение динамического предела текучести  $Y_0$ . При этом бронза должна быть первичной выплавки, т.к. вторичная бронза имеет слишком малую долговечность из-за газовых включений и пористости, попадающих в бронзу во время переплавки. Высокопрочные алюминиевые сплавы типа В95пч и др. не могут заменить бронзу из-за их низкой долговечности в условиях импульсного нагружения. Возможно изготовление токоведущих элементов индуктора из углеродистых и легированных сталей, однако такие индукторы имеют крайне низкий к.п.д. передачи энергии в заготовку, преобразуя большую часть электрической энергии в тепловую.

### **2. Материалы и методы**

Конструкция индукторов для магнитно-импульсной обработки наиболее

часто представляют собой одно- и многовитковые спирали, изготавливаемые механической обработкой или намоткой из меди или медных сплавов (бронзы). Кроме того, индуктора дополнительно покрываются специальным бондажем, предотвращающем разлет осколков в случае аварийного разрушения индуктора. Типичная конструкция плоского многовиткового индуктора приведена на рис. 1. Данный индуктор представляет собой многовитковую медную спираль квадратного сечения, залитую полиуретановым компаундом.

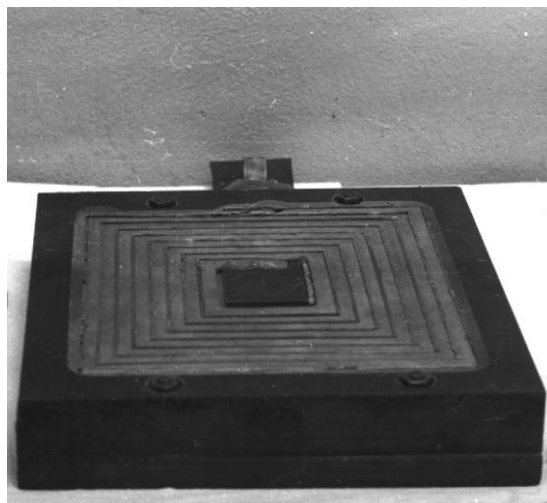


Рис. 1. Общий вид многовиткового индуктора с прямоугольной спиралью

Разделение спирали индуктора на электрическую и силовую составляющие позволяет существенно повысить жесткость и долговечность индуктора. В этом случае по медному проводящему контуру будет протекать электрический ток, а силовое воздействие магнитного поля будет восприниматься прочным стальным основанием. Главным условием для эффективной работы такого индуктора является толщина медного слоя, которая должна быть больше толщины скин-слоя при рабочих частотах магнитно-импульсной установки, как минимум, в 2 раза.

Реализацией предлагаемой концепции является одновитковый разъемный индуктор для обжима трубчатых заготовок (наконечников электрожгутов), выполняемых по ОСТ 1 03967-81. Основой модернизации стала типовая конструкция разъемного одновиткового индуктора, изготавливаемого из высокопрочной бериллиевой бронзы БрБ2 ГОСТ 18175-78. Стойкость индуктора данной конструкции составляет порядка 200 разрядов (циклов), после чего происходит разрушение индуктора. Основным недостатком индукторов предлагаемой конструкции является достаточно высокая стоимость бериллиевой бронзы БрБ2, а так же неремонтопригодность данной конструкции – в процессе эксплуатации на контактирующих поверхностях формируются прижоги, в конечном итоге приводящие к выходу из строя всего индуктора. Переплавка индуктора и использование переработанной бронзы снижает стойкость до 50-60 разрядов.

Модернизированная конструкция составного медно-стального индуктора

приведена на рис. 2. Роль токоведущей части (3 и 4) толщиной 1,5 мм выполняют сменные полосы из бериллиевой бронзы. Всю силовую и тепловую нагрузку воспринимает массивный корпус (1 и 2), изготовленный из стали 30ХГСА. Толщина токопроводящих полос намного больше толщины скин-слоя при рабочих частотах магнитно-импульсной установки. Таким образом, электрический ток протекает преимущественно по токопроводящим полосам. Конструкция индуктора позволяет производить смену вышедших из строя медных полос, а количество бронзы, используемой в индукторе, снижено примерно в 15 раз по сравнению с типовой конструкцией индуктора для обжима наконечников электрожгутов.

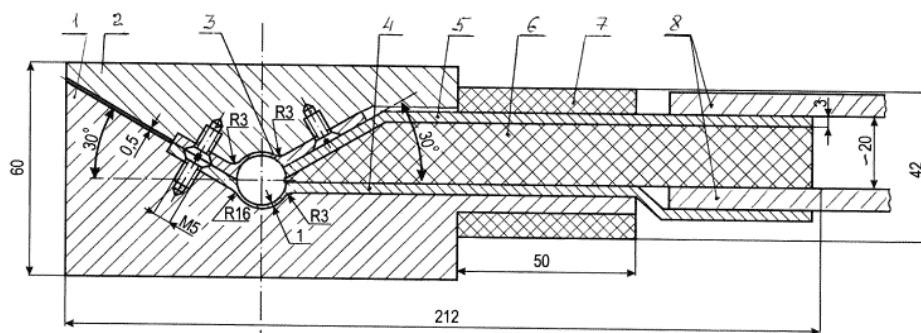


Рис. 2. Схема разъемного одновиткового индуктора: 1 - полукорпус (сталь 30ХГСА); 2 - полукорпус (сталь 30ХГСА); 3 – токовод рабочей зоны (бронза БрБ2); 4 – токовод рабочей зоны и МИУ (бронза БрБ2); 5 – токовывод к МИУ; 6 – изолирующая проставка (текстолит); 7 – бандаж (стеклоткань, пропитанная эпоксидным компаундом); 8 - токовыводы установки МИУ 20/5

### 3. Результаты и обсуждение

Опытная эксплуатация данного индуктора не показала существенных различий по сравнению с режимами (запасаемая энергия в конденсаторной батарее), полученными для индуктора, изготовленного полностью из бронзы [4]. Конструкция индуктора выдержала более 250 технологических циклов без разрушения стального корпуса индуктора.

Точное определение долговечности составных индукторов требует проведения испытаний партии индукторов, однако полученные результаты подтверждают работоспособность и обоснованность предлагаемой концепции. Кроме того, на основе данной концепции возможно дальнейшее совершенствование конструкций индукторов для магнитно-импульсной обработки металлов и создание составного многовиткового индуктора для листовой обработки импульсным магнитным полем.

### 4. Выводы

На основании опытной эксплуатации предлагаемой составной конструкции индуктора были сделаны следующие выводы:

1. При использовании индуктора предлагаемой конструкции нет необходимости вносить изменения в режимы магнитно-импульсной обработки

– испытания не выявили изменений в качестве выполненных соединений по ОСТ 1 03967-81.

3. Стойкость составного индуктора выше стойкости индуктора, изготовленного из бериллиевой бронзы БрБ2 минимум на 25%.

4. Предлагаемая конструкция позволяет легко менять вышедшие из строя токопроводящие шины, что снижает эксплуатационные расходы.

5. Содержание в конструкции дорогостоящей бронзы снижено в 15 раз по сравнению с типовой конструкцией индуктора аналогичного назначения.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Gulidov, A. ; Ryngach, N.; Mishukov, A. Computer simulation of aircraft wires tips compression by pulse magnetic field / The 5-th Korea-Russia International Symposium on Science and Technology. -June 26-July 3, 2001, Tomsk, Russia. ProceedingsKORUS 2001. -Vol.1. -P.36-39.

2. Гулидов А.И., Курлаев Н.В., Мержиевский Л.А., Рынгач Н.А. Влияние импульсной обработки на дефекты сплошности и долговечность материалов// Научный вестник НГТУ. - 2005 - № 1(19) - с.97-110.

3. Самохвалова Ж.В. Математическое моделирование и исследование параметров процесса магнитно-импульсной сборки соединений многопроволочных проводов // Вестник Самарского государственного университета путей сообщения – 2010. - № 3. – с.112-120.

4. Рынгач Н.А. Определение эффективных режимов магнито-импульсной обработки для уменьшения объема пор в металлах и сплавах // материалы Российской научн.-технич. конференции "Наука. Промышленность. Оборона" (НГТУ, 21-23 апреля 2004г.).- Новосибирск: НГТУ, 2004. – с.67-68.

### **MODERNIZATION OF INDUCTOR FOR ELECTROMAGNETIC CRIMPING**

*RyngachNickolayAnatolevich*

tel. (383)346-06-09

*Zhelobodko Boris Aleksandrovich, post-graduate student*, email: [svs@craft.nstu.ru](mailto:svs@craft.nstu.ru),

*Ryngach N.A.*, Ph.D. (Engineering), Associate Professor , email:

[ryngach@corp.nstu.ru](mailto:ryngach@corp.nstu.ru),

Novosibirsk state technical university, Karl Marx prospect 20, Novosibirsk, 630073, Russia,

#### **Abstract**

This paper focuses on the issues of modernization of standardized inductor construction for crimping tubular parts by the pulse electromagnetic field with the aim of increasing reliability of technique and its durability. There is given the description of the pilot model of the composite inductor for crimping tubular parts, as well as the results obtained during its test operation.

#### **Keywords**

electromagnetic crimping, inductor, tubular parts

## **СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АНТИФРИКЦИОННОГО БЕСПОРИСТОГО ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННОГО ЭЛЕКТРОННО- ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКОЙ МЕДИ И АЛЮМИНИЯ НА СТАЛЬ 10**

*Зимоглядова Татьяна Алексеевна, аспирант; Степанова Наталья  
Владимировна, м.н.с.; Алферова Галина Игоревна, аспирант*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,  
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 315-29-01

*Алферова Г.И., e-mail alferova@mail.ru*

*Зимоглядова Т.А., email zimogliadovatatiana@gmail.com*

*Степанова Н.В., e-mail stepanova@corp.nstu.ru*

*Адрес для корреспонденции: Степанова Наталья Владимировна,  
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,  
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 315-29-01*

### **Аннотация**

В работе проведены предварительные эксперименты по получению беспористого антифрикционного покрытия на заготовках из стали 10, методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки порошков меди и алюминия. Технологические эксперименты проводились на промышленном ускорителе ЭЛВ-6. В работе особое внимание уделено структурным особенностям полученных наплавленных слоев. Показано влияние химического состава на микротвердость покрытий.

**Ключевые слова** вневакуумная электронно-лучевая наплавка, антифрикционное беспористое покрытие, сталь, структура, микротвердость

### **1. Введение**

Данная работа направлена на разработку технологии получения беспористого антифрикционного покрытия с применением нового, высокопроизводительного экономичного способа, основанного на использовании промышленных ускорителей электронов, генерирующих релятивистские электронные пучки в диапазоне энергий 1 - 2 МэВ [1-4]. Производство данных ускорителей налажено в Институте ядерной физики СО РАН. При реализации данной технологии сфокусированный релятивистский пучок с помощью специального устройства выпускается в атмосферу. Перед обработкой пучком электронов на поверхность стального листа наносится смесь порошков легирующих компонентов, железа и флюса.

В ранее проведенных исследованиях проанализировано влияние меди на литую структуру, механические и антифрикционные свойства сталей и чугунов [5, 6]. Было выявлено, что при легировании железоуглеродистых сплавов

медью повышается твердость, предел прочности и износостойкость материала, а также снижается коэффициент трения скольжения. Повышение механических свойств материала при легировании медью вызвано малой растворимостью меди в железе, из-за чего медь выделяется в виде фазы  $\epsilon$ -Cu, имеющей широкий диапазон размеров от 20 нм до нескольких сантиметров [7]. Максимальных размер включений  $\epsilon$ -Cu зависит не только от содержания меди в сплаве, но и от размеров отливки, скорости кристаллизации и технологии получения сплава. Такая структурная неоднородность материала является недопустимой при производстве деталей машин и механизмов. Алюминий увеличивает растворимость меди в железе [8], что способствует уменьшению размеров частиц  $\epsilon$ -Cu и их более равномерному распределению. Так, при добавлении 1,5 % алюминия в чугун, содержащий 14,7 % меди включения  $\epsilon$ -Cu выделялись в диапазоне от 20 нм до 240 мкм [6]. На основании этих данных при реализации технологии вневакуумной электронно-лучевой наплавки в качестве легирующих элементов выбраны медь и алюминий. В работе проведены предварительные эксперименты по получению беспористого антифрикционного покрытия на заготовки из стали, путем поверхностного легирования медью и алюминием с использованием промышленного ускорителя электронов типа ЭЛВ-6.

## 2. Материалы и методы

Для оценки влияния алюминия и меди на структуру беспористых покрытий было наплавлено несколько серий образцов с различным содержанием легирующих элементов в исходной порошковой насыпке. При наплавке образца 1 наплавочная смесь состояла из порошков меди (30 вес. %), алюминия 5 вес. %, железа (15 вес. %) и флюса  $MgF_2$  (50 вес. %). Флюс способствовал однородному плавлению материалов и защищал их от негативного воздействия атмосферных газов в процессе обработки. Для формирования слоев на образце 2 изменялось процентное содержание железа (5 вес. %) и алюминия (15 вес. %), при этом количество порошка меди и флюса оставалось неизменным. В работе приняты следующие обозначения образцов: образец 1 – «15Fe-5Al», образец 2 – «5Fe-15Al».

Обработка проводилась по следующим режимам: энергия пучка электронов составляла 1,4 МэВ, скорость перемещения образцов – 10 мм/с, расстояние от выпускного отверстия до обрабатываемой заготовки – 90 мм, частота сканирования пучка – 50 Гц, ток пучка – 22 мА.

Для проведения исследований методами оптической металлографии был использован микроскоп CarlZeissAxioObserver A1m. Электронно-микроскопические исследования выполнены с использованием растрового электронного микроскопа CarlZeiss EVO 50 XVP, оснащенном микроанализатором EDSX-Act. Твердость по Виккерсу оценивали на микротвердомере WolpertGroup 402MVD при нагрузке на алмазный индентор 100 г.



### 3. Результаты и обсуждение

После вневакуумной электронно-лучевой наплавки в структуре образца наблюдаются три характерные зоны. Первая зона представляет собой наплавленный слой, состоящий из феррита, глобулярного перлита и  $\epsilon$ -Cu. Вторая зона является зоной термического влияния, содержащая колонии перлита и зерна видманштеттова феррита. Третьей зоне соответствует неизменная структура стали 10 в исходном состоянии. Глубина наплавленных слоев практически не зависит от исходного состава порошковых материалов и составляет 0,9 мм и 1 мм для образцов «15Fe-5Al» и «5Fe-15Al» соответственно.

В железе растворяется незначительное количество меди и практически вся медь выделяется в виде фазы  $\epsilon$ -Cu, расположенной в междендритном пространстве. В процессе кристаллизации  $\epsilon$ -Cu формируется по границам дендритов  $\gamma$ -Fe. Дендриты растут в направлении отвода тепла. Длина большинства дендритов сопоставима с толщиной покрытия. Методами растровой электронной микроскопии выявлено, что фаза  $\epsilon$ -Cu содержит ~ 60 вес. % меди. При этом содержание алюминия в частицах  $\epsilon$ -Cu незначительно превосходит содержание алюминия во всем объеме наплавленного покрытия.

Методами оптической металлографии выявлено, что повышение содержания алюминия в наплавленном слое способствует увеличению объемной доли фазы  $\epsilon$ -Cu с 14,8 % до 18,3 %. При этом элементный анализ состава покрытий показал, что содержание меди увеличивается более чем в два раза: в образце «15Fe-5Al» содержится ~23,5 вес. % Cu и 3,1 вес. % Al, а в образце «5Fe-15Al» ~58,7 вес. % Cu и 8,5 вес. % Al. Учитывая незначительное повышение глубины наплавленных слоев и объемной доли фазы  $\epsilon$ -Cu можно предположить, что алюминий повышает растворимость меди в железе или способствует выделению дисперсных частиц, которые не выявляются методами оптической металлографии.

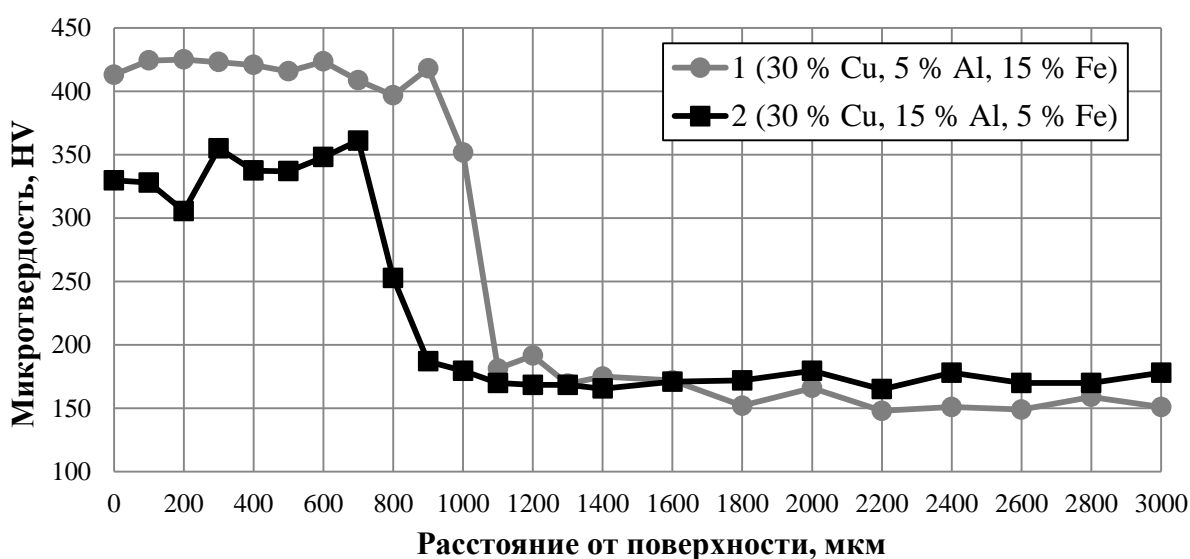


Рис. 2. Распределение микротвердости наплавленных слоев

Анализ микроструктуры показал, что в покрытиях не зафиксировано

наличие пор. Однако по всей глубине наплавленного слоя наблюдаются трещины, распространяющиеся по границам раздела фазы  $\epsilon$ -Cu и бывшими дендритами  $\gamma$ -Fe. Формирование трещин происходит в процессе охлаждения материала вследствие разных коэффициентов линейного расширения  $\epsilon$ -Cu и  $\gamma$ -Fe. Есть два пути решения этой проблемы. Первым может являться снижение концентрации меди в наплавленном слое. Это позволит получить покрытие с повышенными показателями износостойкости. Вторым путем, позволяющим снизить коэффициент трения скольжения, является увеличение содержания меди и формирование в покрытии высокой объемной доли фаз на основе меди.

На рис. 1 показана зависимость микротвердости от глубины наплавленных слоев. Замечено, что при повышении содержания алюминия, микротвердость полученного покрытия снижается с 425 HV до 350 HV. Снижение микротвердости связано с увеличением содержания меди в наплавленном слое.

#### **4. Выводы**

Повышение содержания алюминия привело к увеличению концентрации меди в наплавленном слое более чем в 2 раза. Уровень микротвердости слоя, полученного после наплавки смеси легирующих порошков меди и алюминия на заготовки из стали 10 превосходит в 2,5 и 2 раза уровень микротвердость основного металла.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №15-19-00230).*

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Structure and tribological properties of steel after non-vacuum electron beam cladding of Ti, Mo and graphite powders / I.A. Bataev, D.O. Mul, A.A. Bataev, O.G. Lenivtseva, M.G. Golkovski, Ya.S. Lizunkova, R.A. Dostovalov // *Materials Characterization*. - 2016. - Vol. 112. - P. 60-67. - doi:10.1016/j.matchar.2015.11.028.
2. Ленивцева О.Г. Морфология боридов железа в поверхностном слое, наплавленном электронным лучом [Текст] / И. А. Батаев, Н. В. Курлаев, О. А. Бутыленкова, О. Г. Ленивцева, А. А. Лосинская // *Обработка металлов. Технология. Оборудование. Инструменты*. / - 2012. - № 1(54). - С. 85-89.
3. Structure and properties of coatings obtained by electron-beam cladding of Ti+C and Ti+B4C powder mixtures on steel specimens at air atmosphere / D. O. Mul, D. S. Krivezhenko, D. V. Lazurenko, O. G. Lenivtseva, A. A. Chevinskaya // *Advanced Materials Research*. - 2014. – Vol. 1040 : High technology: research and applications. – P. 778-783.
4. 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, PP. 237-240
5. Stepanova, N. V. The effect of doping with copper and aluminium on structure, mechanical and friction properties of steel [Text] / N. V. Stepanova, A. A. Razumakov // The 8 international forum on strategic technologies (IFOST 2013) : Proc., Mongolia, Ulaanbaatar, 28 June – 1 July 2013. – Ulaanbaatar. – 2013. – Vol. 1. – P. 240 – 242.
  6. Stepanova, N. V. Structure and mechanical Properties of Cu–alloyed cast iron [Text] / N. V. Stepanova, A. A. Razumakov, E. A. Lozhkina // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vol. 682. – P. 178 – 182.
  7. Медь в черных металлах [Текст] / Под ред. И. Ле. Мэя, Л. М. –Д. Шётки: Пер. с англ. Под ред. О. А. Банных. Москва : Металлургия, 1988. – 311 с.
  8. Преварский, А. П. Исследование системы Fe–Cu–Al [Текст] / А. П. Преварский // Изв. АН СССР. Металлы. – 1971. – № 4. – С. 220 – 222.

**Peculiarities education of copper-containing inclusions in in cast iron,  
which contains 14.7 % copper**

**Zimogliadova T.A.**, Ph.D.studente-mail: zimogliadovatatiana@gmail.com

**Stepanova N.V.**, e-mail:stepanova@corp.nstu.ru

**Alferova G.I.**, Ph.D.studente-mail: alferova@mail.ru

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

**Annotation**

The work carried out preliminary experiments on the production of non-porous antifriction coatings on steel 10 by non-vacuum electron beam cladding of copper and aluminum in the industrial accelerator. Particular attention is given to the structural features of the obtained coating layers. The influence of chemical composition on the microhardness of the coating layers. Increased aluminum content resulted in an increase in copper concentration of the deposited layer is more than 2 times. The microhardness of the layer obtained after surfacing powder containing 30% of copper on steel 10 exceeds 2.5 and 2 times microhardness bases in the presence of 5 and 15% alumina respectively.

**Keywords:** non-vacuum electron beam cladding, antifrictional non-porous coating, steel, structure, microhardness

**Acknowledgements**

This study was supported by Russian Science Foundation (project No. 15-19-00230).

## ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОРРОЗИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОКРЫТИЙ СФОРМИРОВАННЫХ НА СТАЛЬНОЙ ОСНОВЕ

*Иванчик Илья Сергеевич, Иванчик Сергей Николаевич,  
Сибриков Дмитрий Александрович*

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»  
630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Иванчик И.С., emailivan\_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*

Для исследования коррозионных покрытий сформированных на стальной основе, проводятся в кипящем растворе концентрированной азотной кислоты.

Исследования результатов коррозионных испытаний проведены в соответствии с методикой и требованиями ГОСТа 9450 - 76. Размер погружаемых образцов, вырезанных из наплавленных покрытий, был равен 1x15x15 мм. Пластинки подвешивались на фторопластовых нитях и погружались в концентрированную азотную (65%) кислоту. Температура среды измерялась термометром с точностью 0,5°C и составляла 125°C. В каждую колбу с кислотой помещалось по 3 образца, полученных по одному и тому же режиму. Для выравнивания температуры по объёму колб с кислотой они помещались в ёмкость с высокотемпературным технологическим маслом, температура которого контролировалась (рис.1, 2). В процессе испытаний через равные промежутки времени образцы вынимались, промывались, высушивались и взвешивались с точностью 0,1 мг, после чего эксперимент продолжался. На рис.1 и 2 показаны варианты компоновки оборудования в зависимости от числа одновременно испытываемых образцов.



а

б

Рисунок 1 – Компонка емкостей для коррозионных испытаний:  
 а – для одного комплекта образцов, б – для 11 комплектов образцов.



Рисунок 2 – Вариант компоновки ёмкостей для испытаний 5 комплектов образцов.

Коррозионная стойкости слоев, наплавленных на сталь 12ХН3А оценивалась в кипящем растворе концентрированной (65%) азотной кислоты весовым методом. Испытание проводилось в течение 30 часов. Изменение

массы образцов фиксировалось каждые 6 часов. В качестве материала сравнения выступала сталь 12ХН3А в соответствии с разработанной программой и методикой исследовательских испытаний. Результаты испытаний представлены на рисунке 3 и таблице 1.

Таблица 1 – Скорость коррозии стали 12ХН3А и поверхностно легированных слоев Fe-Cr-Ni-Ti в кипящем концентрированном растворе азотной кислоты

Обозначение режима наплавки	Скорость коррозии, мм/год	Стойкость по отношению к стойкости основы
Основа 12ХН3А	1425	1
1 (Суммарное легирование 15 %)	73,4	19,4
2 (Суммарное легирование 20 %)	23,8±2,8	60
3 (Суммарное легирование 25 %)	3,8±1,3	375
4 (Суммарное легирование 30 %)	0,61±0,1	2336

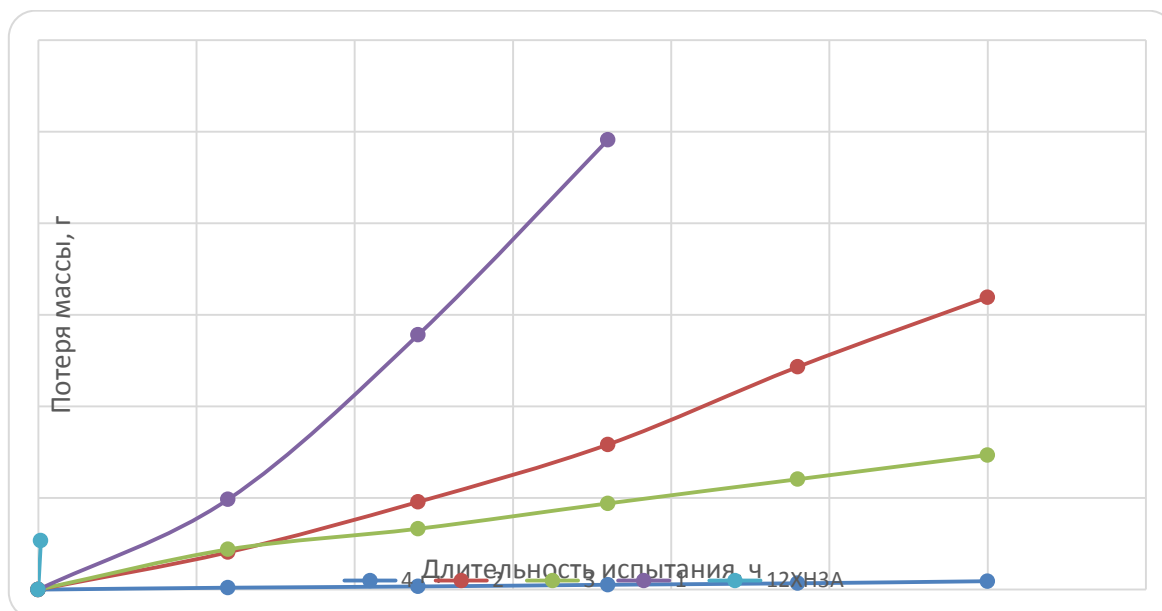


Рисунок 3 – Зависимость потери массы материалов в кипящем растворе концентрированной азотной кислоты от времени испытания

Максимальная скорость коррозионного разрушения наблюдалась на пластинах из стали 12ХН3А и составляла 1425 мм/год. Поскольку в результате испытания идет интенсивное взаимодействие стали с агрессивным раствором, то продолжительность испытания была уменьшена до 5 минут. Наплавка Fe-Cr-Ni-Ti порошковой смеси на поверхность стальной заготовки приводит к значительному снижению скорости коррозии в кипящем растворе концентрированной азотной кислоты. Образец 1 с 15% легирования разрушается под действием коррозионной среды со скоростью 73,4 мм/год. Увеличение коррозионной стойкости наблюдается также на образцах 2 и 3 с 20 и 25% легирования, скорость коррозии которых равна 23,8 и 3,8 мм/год соответственно. Наименьшая скорость коррозионного разрушения зафиксирована на образце 4 (30% легирования). Кипящий раствор

концентрированной азотной кислоты растворяет данный материал со скоростью 0,61 мм/год.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Полетика, И.М. / Структура и свойства покрытий, полученных электронно-лучевой наплавкой / Полетика И.М.Иванов Ю.Ф., Голковский М.Г., Перовская М.В. // Физика и химия обработки материалов. – 2006. - №6. – с. 48-56
2. Полетика, И.М. / Структура и свойства хромсодержащих покрытий, полученных методом электронно-лучевой наплавки в атмосфере / Полетика И.М., Голковский М.Г., Крылова Т.А., Перовская М.В. // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2009. - №3. – с. 15-22
3. Полетика, И.М. / Формирование коррозионно-стойких покрытий методом наплавки в пучке релятивистских электронов / Полетика И.М., Голковский М.Г., Перовская М.В., Беляков Е.Н., Салимов Р.А., Батаев В.А., Сазанов Ю.А. // Перспективные материалы. – 2006. - №2. – с. 80-86
4. Токарев, А.О. Повышение ресурса деталей судовой техники / А.О. Токарев, С.Н. Иванчик, И.С. Иванчик // Инновац. техн. сервиса транспр. средств. – 2011. – с. 84 – 91
5. 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

## **RESEARCH RESULTS OF CORROSION TESTS OF THE COATINGS FORMED ON THE STEE BASE**

**«Siberian state university of water transport»  
I.S. Ivanchik , S.N. Ivanchik, D.A. Sibrikov**

For the study of corrosion coatings formed on the steel base, are conducted in a boiling solution of concentrated nitric acid.

Key words: research corrosion coatings ,experimental conditions, the corrosion resistance of the layers, the temperature



## СОВРЕМЕННЫЕ ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ – РЕЗЕРВ НАДЁЖНОСТИ УЗЛОВ И МЕХАНИЗМОВ

*Иванчик Илья Сергеевич<sup>1</sup>, Иванчик Сергей Николаевич<sup>1</sup>,  
кадеты; Карпенко Владислав Алексеевич<sup>2</sup>,  
Артемьев Леонид Иванович<sup>2</sup>, Гайбель Виктор Алексеевич<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup>ГБОУ НСО «Сибирский авиационный кадетский корпус им.А.И.  
Покрышкина (школа – интернат)»

630033, Россия, г. Новосибирск, ул. Урманова, 18, ГБОУ НСО «САКК  
им. А.И. Покрышкина»

Иванчик И.С., emailivan\_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

### 1. Введение

Для повышения износостойкости и уменьшения трения в узлах и механизмах, где создание циркуляции масла нецелесообразно или невозможно, применяются пластичные смазки в качестве несменяемой смазки на весь период эксплуатации узла.

Триботехнические характеристики пластичных смазок, экстремальные условия, повышенные нагрузки, температура, влага.

Пластичные смазки используют для уменьшения трения и износа в узлах, где создание циркуляции масла нецелесообразно или невозможно. Часто они применяются в качестве несменяемой смазки на весь период эксплуатации узла. Некоторые смазки, обладая хорошей герметизирующей способностью и консервационными свойствами, применяются также в качестве защитных или уплотнительных материалов.

Способность удерживаться, не вытекать и не выдавливаться из негерметизированных узлов трения, более широкий, чем у масел, температурный диапазон применения позволяет упростить конструкцию узлов трения, уменьшить их металлоемкость, снизить стоимость изготовления и эксплуатации [1].

В Состав пластичных смазок входят:

*Масло* – 70-90% от массы смазки, являющееся основой смазки;

*Загуститель* – 8-20%, создающий пространственный каркас смазки;



*присадки* – 0,1-5%, аналогичные тем, что используются в товарных маслах (моторных, трансмиссионных и т. п.);

*наполнители* – 1-20% от массы смазки улучшают антифрикционные и герметизирующие свойства. Это твердые вещества, как правило, неорганического происхождения, нерастворимые в масле (дисульфид молибдена, графит, слюда и др.);

*модификаторы структуры*–0,1-1% от массы смазки способствуют формированию более прочной и эластичной структуры смазки. Представляют собой поверхностно-активные вещества (кислоты, спирты и др.).

Совершенствование свойств смазок за счёт их состава является одним из направлений продления эксплуатации механизмов.

## **2. Методика экспериментального исследования**

В данной работе представлены результаты исследования основных характеристик современных пластичных смазок [2]. Испытывались:

– давно хорошо зарекомендовавшая себя на отечественном рынке смазка ЛИТОЛ – 24, ГОСТ 21150 – 87, производства ЗАО «Ярославские смазки», РФ;

– консистентная смазка многоцелевого назначения MobilGREASEXHP 222 – производитель Бельгия;

– пластичная смазка CastrolLMXLi – Komplexfett – производитель Германия;

– появившиеся на рынке новых смазок BGSS 2000 LubricatingGrease (BG 608) и Special HCF Grease (BG605) фирмы BGProducts. Inc., США.

BG608 заявлен производителем, как продукт новейшей технологии в области смазок. Это многоцелевая смазка, предназначенная для работы в автомобилях, водном транспорте и промышленном оборудовании, при высоких и низких температурах, в сухих или влажных условиях, при легких и тяжелых нагрузках. BG 608 смешивается практически со всеми смазками на мыльной основе, превосходно держится на деталях из всевозможных конструкционных материалов, в том числе и таких, как конструкционные термоэластопласты (Hytrel), фторуглеродистый каучук (Viton) и хлоропреновый и другие синтетические каучуки (Neoprene). Продукт BG608 одобрен Национальным Институтом Смазок, США для автомобильного обслуживания классификации GC-LB.

Смазка BG Special HCF Grease (BG605) По заявлениям производителя выдерживает высокие температуры, защищает от коррозии вызванной пресной или соленой водой, а также химическими веществами, поддерживает смазывающую пленку при высоких нагрузках и усилиях.

Смазка BG605 - специализированный продукт, предназначенный для применения в агрегатах с повышенной нагрузкой:

– Выдерживает высокие температуры

– Защищает от коррозии вызванной пресной или соленой водой и химическими веществами

– Поддерживает смазывающую пленку при больших нагрузках.

Триботехнические характеристики пары трения «стальной диск –

чугунная колодка» с применением указанных смазок оценивались при испытаниях на машине трения МИ-1 (рисунок 1).

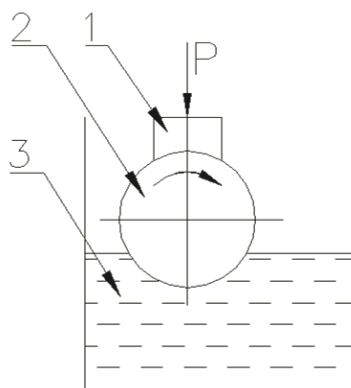


Рисунок 1 – Схема триботехнических испытаний на машине трения МИ-1:  
1 – образец – колодка, 2 – образец – диск, 3 ванночка со смазкой

Образцы для испытания были изготовлены в виде диска из стали 45 диаметром 85 мм, закалённой на твёрдость HRC40. Вторым образцом пары трения являлись чугунные колодки, вырезанные из цилиндрической втулки дизеля 5Д2, с диаметром рабочей поверхности 85 мм. Площадь трения образцов – колодок составляла 10x10 мм.

Материал колодки - серый антифрикционный чугун на перлитной основе марки СЧ 25.

Смазку наносили шпателем на поверхность трения колодки 1 и диска 2. Кроме того нижняя часть диска погружалась в смазку наполненную в ванночку 3.

Режим трения изменялся увеличением нагрузки на верхний образец 1 от 500 до 1100 Н. Частота вращения нижнего образца постоянна и равна 400 об/мин.

При каждой нагрузке образцы работали, пока не наступал установившийся режим трения, при котором момент трения минимален и в дальнейшем остаётся постоянным.

Первые показания момента трения регистрировали после 24 часов притирки при нагрузке на узле трения 500 Н. После чего дискретно увеличивали нагрузку по 100 Н, регистрируя показания момента трения после его стабилизации.

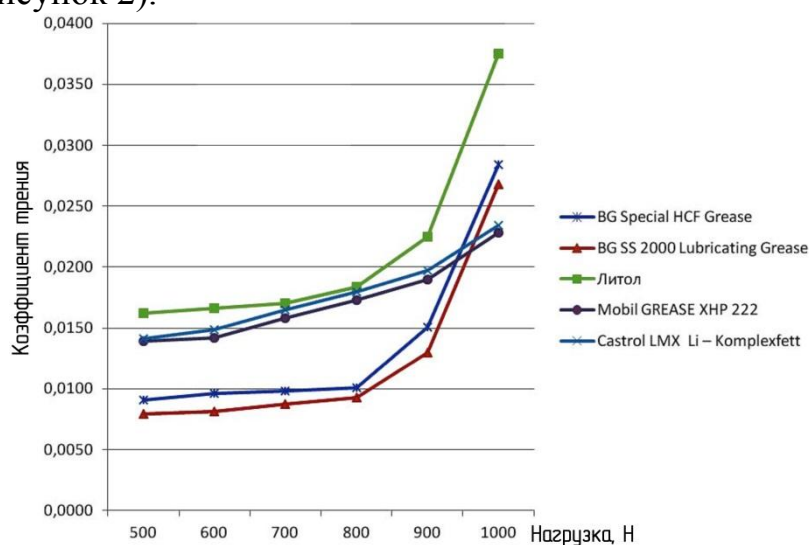
Таблица – Зависимость коэффициента трения от нагрузки

Нагрузка , Н	Коэффициент трения				
	BG Special HCF Grease	BG SS 2000 Lubricatin gGrease	Литол– 24, ГОСТ 21150 – 87	Mobil GREASE XHP 222	Castrol LMX Li – Komplexf ett
500	0,0091	0,0079	0,0162	0,0139	0,0141

600	0,0096	0,0081	0,0166	0,0142	0,0149
700	0,0098	0,0087	0,017	0,0158	0,0165
800	0,0101	0,0093	0,0184	0,0173	0,018
900	0,0151	0,013	0,0225	0,019	0,0197
1000	0,0284	0,0268	0,0375	0,0228	0,0234

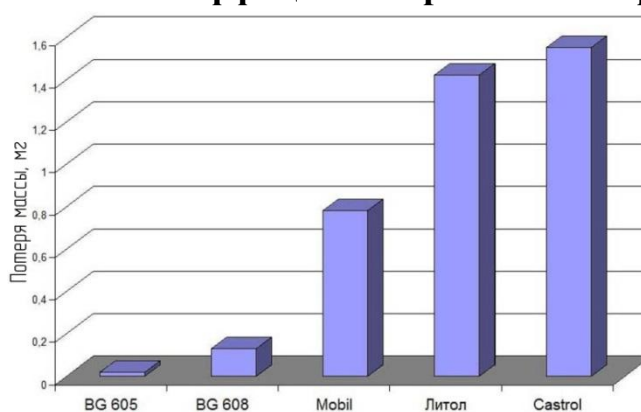
Преимущество триботехнических показателей в паре трения, работающих с пластичными смазками компании VG, сохранялись при увеличении нагрузки в узле вплоть до значения 1000 Н.

Резкое увеличение коэффициента трения при нагрузке более 1050 Н связано с разрушением смазывающей плёнки на всех испытываемых пластичных смазках VG (рисунок 2).



*a*

### Зависимость коэффициента трения от нагрузки



*b*

Рисунок 2 – Влияние пластичных смазок на коэффициент трения пары «стальной диск – чугунная колодка»: а) - влияние консистентной смазки на коэффициент трения; б)- влияние консистентной смазки на износ при трении

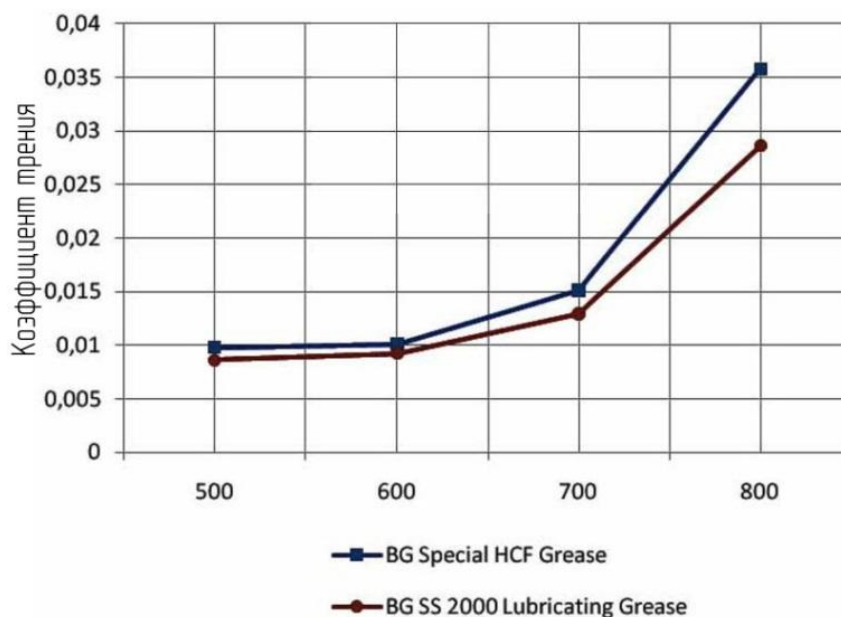


Рисунок 3 – Влияние пластичных смазок на коэффициент трения пары «стальной диск – чугунная колодка» с добавлением воды

Для оценки способности сохранять свойства в присутствии воды были проведены испытания смазок BG605 и BG608 с добавлением воды в ванночку с пластичными смазками. Триботехнические показатели при работе пар трения в присутствии воды в указанных смазках не изменялись при увеличении нагрузки до 700 Н. Разрушение смазывающей плёнки, сопровождающееся резким увеличением коэффициента трения, наблюдалось при нагрузке 850 Н (рисунок 3).

### 3. Выводы

Таким образом, проведённые испытания подтвердили способность пластических смазок фирмы VG работать в экстремальных условиях: при повышенных нагрузках, высоких температурах, в присутствии влаги.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Токарев, А.О. Повышение ресурса деталей судовой техники / А.О. Токарев, С.Н. Иванчик, И.С. Иванчик // Инновац. техн. сервиса транспр. 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 Гуськов А. В., Милевский К. Е., Петров А. Ф., Тушинский Л. И. Влияние высокоскоростной ударной волны на микроструктуру и механические свойства стали Гадфильда 110Г13Л.- Вестник нгту, 2006 г., №4

4 Гуськов А. В., Милевский К. Е. Теория обработки металлов давлением: учебное пособие/ А. В. Гуськов, К. Е. Милевский.- Новосибирск, 2015

## MODERN GREASE IN A RESERVE OF JOINT RELIABILITY

«Siberian state university of water transport»

**I.S. Ivanchik, S.N. Ivanchik, V.A. Karpenko, L.I. Artemev, V.A. Gabel**

To increase durability and reduce friction in joint and mechanisms, where establishment of circulation of oil is impractical or impossible, there uses lubricant grease as a irremovable grease for the whole period of exploitation of the joint.

УДК 629.7.023

## МОДЕРНИЗАЦИЯ УЧАСТКА ЗАГОТОВИТЕЛЬНО-ШТАМПОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Клименков Илья Александрович*

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

*Клименков И.А.*, email [klimenkov\\_iliya@mail.ru](mailto:klimenkov_iliya@mail.ru)

*Адрес для корреспонденции: Клименков Илья Александрович*, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (903)905-11-90

### **Аннотация**

Самолётостроение, и в общем, авиационное производство развивается с большой скоростью. Вместе с этим меняются технологии и оборудование, в частности, с большим темпом идёт закупка и освоение станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Работа на таких станках обеспечивает нескольких видов обработки, обработку несколькими различными инструментами, повышается качество выполняемой работы и, следовательно, ведёт к минимизации затрат производства.

### **Ключевые слова**

Подготовительно-заключительное время; числовое программное управление; заготовительно-штамповочный процесс.

## 1. Введение

Современное авиастроение является одной из главных задач российской промышленной политики.

Ежедневно ведётся борьба за уменьшение трудоёмкости сборки и повышение качества ЛА(летательного аппарата), в связи с данными обстоятельствами дополнительная нагрузка ложится на заготовительно-штамповочное производство. Заготовительно-штамповочный процесс это очень сложная задача, хотя есть многочисленные теоретические и экспериментальные изучения заготовительно-штамповочных процессов. Квалификация и опытность рабочего должна быть очень высокой, чтобы избежать ошибок при ручной разметке, обрезки, опиловки, зачистки, снятия фаски, и сверления отверстий. Таким образом, просто неизбежен большой объём слесарных и доводочных работ. Значительное уменьшение трудоёмкости и вероятности появления дефектов возможно при переводе основной части ручных операций на высокоточные станки с ЧПУ(числовым программным управлением).

## 2. Теория

Разрезание одного цельного листа металла на части определённой формы, заданных размеров называется резкой листового металла. Полученные в процессе резки части называются заготовками.

Цена заготовки складывается из двух величин – это время на изготовление детали, а также количество затраченного материала.

Время обработки детали выходит из формулы:

$$(T_{пзв. маш.}/n + T_{маш.}) + (T_{пзв. слес.}/n + T_{слес.}) = T_{общ.} \quad (1)$$

$n$  – количество деталей в партии,

$T_{пзв.}(маш./слес.)$  - подготовительно-заключительное время связано с подготовкой к выполнению задания и действиями по его окончанию. Оно включает:

- 1) получение наряда на работу, получение инструмента, приспособлений, технологической документации, материалов, заготовок;
- 2) ознакомление с работой, технологической документацией, чертежами;
- 3) установка приспособлений, инструмента, наладка и переналадка оборудования, заточка и правка инструмента в начале работы;
- 4) сдача остатков материалов и заготовок, инструмента, приспособлений, технологической документации и наряда;
- 5) сдача выполненной работы контролеру,

$T_{маш.}$  – машинное время на обработку контура и отверстий,

$T_{слес.}$  – время на слесарную обработку(разметка контура, обрезка, опиловка, зачистка заусенец по контуру, зачистка заусенец в отверстиях, керновка, сверление отверстий, сборка пакета, закрепление шаблона и отверстия)

$T_{общ.}$  – общее время на обработку детали.

### 3. Выводы

Применение станков с программным управлением по-прежнему остаётся одним из основных направлений среди автоматизации среднесерийного производства, которое обеспечивает повышение производительности труда и качества продукции. Появление станков с ЧПУ позволит более чем в 3 раза повысить производительность труда по сравнению с фрезерной обработкой, производимой на универсальных станках. При правильной организации производства станки с ЧПУ дадут в кратчайшие сроки большой экономический эффект.

Экономическая эффективность отражается в следующем:

1. Качество выпускаемой продукции повышается. Обработка деталей на станках с ЧПУ, например, на многооперационных станках, позволяет обрабатывать деталь практически полностью на одном станке, используя минимум установок. Следовательно, в значительной степени сокращаются погрешности установки.

Точность обработки не зависит от квалификации рабочего, так как деталь обрабатывается автоматически. При использовании саморегулирующихся, самонастраивающихся станков с числовым программным управлением сочетается максимальное использование мощности станка с высокой точностью обработки.

2. Упрощается подготовка производства, сокращается подготовительно-заключительное время. При конструктивном изменении деталей не требуется изготовление и проектирование сложных приспособлений, в связи с тем, что закрепление деталей на станках с ЧПУ осуществляется простыми способами. Кроме того, отпадает необходимость в расточных и сверлильных кондукторах, а также других устройствах, предназначенных для ориентации инструмента в пространстве, в том числе шаблонов.

Во многих станках отпадает необходимость в сложной переналадке или перенастройке, так как часто достаточно просто заменить программу. Подготовка новой программы расчетно-технологическим бюро, которое занимается разработкой программ для станков с числовым программным управлением, выполняется за несколько часов.

3. Вспомогательное время сокращается. Так как уменьшается число перестановок детали, то сокращается и время, связанное с её закреплением и установкой. Время на установку программы при координатной обработке сокращается приблизительно в 3 раза по сравнению с установкой координат оператором станка.

В станках с числовым программным управлением скорость обработки составляет от 0,5 до 2,5 м/мин, и только при обработке особо важных участков (отверстий малого диаметра) эта скорость снижается до минимума, который обеспечивает нужную точность остановки.

4. В результате автоматической установки оптимальных режимов резания

сокращается машинное время. В самонастраивающихся системах с ЧПУ время сокращается благодаря автоматическому регулированию режимов. Следовательно, обеспечивается максимальная загрузка станка по мощности.

5. Машинное время в общем времени эксплуатации для фрезерных станков с ЧПУ достигает 50-90%, в то время как для обычных станков, работающих на мелкосерийном производстве, зачастую не превышает 30%.

При обработке деталей с малым машинным временем достичь увеличения рабочего времени станка без вмешательства оператора можно путем одновременной установки на данном станке нескольких разных деталей, для которых разрабатывают единую программу.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1) Технологичность авиационных конструкций, пути повышения. Часть 1 : Учебное пособие / И. М. Колганов, П. В. Дубровский, А. Н. Архипов – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 148 с., ил.
- 2) Горбунов М.Н. Основы технологии производства самолетов. М.: Машиностроение, 1976. 260 с.
- 3) Технология самолетостроения: учебник для авиационных вузов. – А.Л. Абибов, Н.М. Бирюков, В.В. Бойцов. Москва: Машиностроение 1982. - 551л.
- 4) <http://antrel.ru/cnc/ekonomicheskaya-effektivnost-stankov/>

## UPGRADE AREA STOCKPILING-STAMPING PRODUCTION

**Klimenkov Iliya Aleksandrovich** Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, pr. Karl Marx, 20  
Klimenkov I.A, e mail klimenkov\_iliya@mail.ru  
Address for correspondence: Klimenkov Ilya Aleksandrovich, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Prospect, 20, tel. (903) 905-11-90

### Annotation

Aircraft construction, and in general, the aircraft production develops at a high speed. Along with this change of technology and equipment, in particular, with great tempo goes procurement and development of machine tools with numerical control (CNC).

Work on these machines provide several types of processing, the processing of a number of different instruments, increases the quality of the work and, therefore, leads to the minimization of production costs.

### Keywords

Set-up time; computer numerical control; stamping process.



## 1. Introduction

Modern aircraft is one of the main tasks of the Russian industrial policy.

Daily fighting for a reduction of assembly labor intensity and increase the quality of the aircraft (aircraft), in connection with these circumstances additional burden placed on harvesting and stamping production. Blanking stamping process is a very complex task, although there are numerous theoretical and experimental study of harvesting and stamping processes. Qualifications and experience of working must be very high in order to avoid errors in the manual marking, trimming, filing and sanding, chamfering and drilling. Thus, a large amount of unavoidable plumbing and finishing works. Significant reduction of labor intensity and probability of defects is possible when transferring the main part of the manual operations on high-precision CNC (computer numerical control).

## 2. Theory

Cutting one-piece metal sheet part forms a certain defined dimensions called cutting sheet metal. Obtained in the cutting part called blanks.

Price blanks composed of two values - this time, for the manufacture of parts, as well as the amount of spent material.

part time out of the formula:

$$(T_{pzv.mash.} / N + T_{mash.}) + (T_{pzv.lock.} / N + T_{lock.}) = T_{obsch.} \quad (1)$$

n - the number of parts in the party,

$T_{pzv}$  (machinery / locksmith) - Set-up time associated with the preparation for the implementation of tasks and activities for its completion. It includes:

- 1) obtaining a work order, obtaining tools, accessories, technical documentation, materials, blanks;
- 2) an introduction to the work, technical documentation, drawings;
- 3) installation of accessories, tools, setup and changeover equipment, sharpening and tool at the beginning of the work;
- 4) delivery of materials and residues workpieces, tools, devices, technical documentation, and dress;
- 5) submission of the performed work supervisor,

$T_{mash.}$  (machinery)- Computer time on the loop processing and ports,

$T_{lock.}$  (locksmith)- Time locksmith processing (contour marking, trimming, filing, cleaning burrs along the contour, trimming burrs in the holes, punch, drilling, assembly package, template, fastening and holes)

$T_{obsch.}$  - The total time for machining of the workpiece.

УДК 621.791.92

## ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Ti-Ta-Nb В РАСТВОРАХ КИПЯЩИХ КИСЛОТ

*Ленивцева Ольга Геннадьевна, к.т.н., с.н.с.; Руктуев Алексей Александрович, аспирант; Самойленко Виталий Вячеславович, аспирант; Поляков Игорь Анатольевич, аспирант*

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

*Ленивцева О.Г.* e-mail [lenivtseva\\_olga@mail.ru](mailto:lenivtseva_olga@mail.ru)

*Руктуев А.А.* e-mail [alex47@211.ru](mailto:alex47@211.ru)

*Самойленко В.В.* e-mail [samoilenko.vitaliy@mail.ru](mailto:samoilenko.vitaliy@mail.ru)

*Поляков И.А.* e-mail [status9@mail.ru](mailto:status9@mail.ru)

*Адрес для корреспонденции: Ленивцева Ольга Геннадьевна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-06-12*

### **Аннотация**

В работе представлены результаты испытаний по оценке скорости коррозии покрытий системы Ti-Ta-Nb, полученных методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки порошковых смесей на заготовки из титанового сплава ВТ14. Оценка коррозионной стойкости покрытий проводилась весовым методом в кипящих растворах азотной и серной кислот. Поверхность образцов после коррозии анализировалась на растровом электронном микроскопе CarlZeiss EVO 50 XVP. Показано, что повышение концентрации легирующих элементов в наплавленных слоях до 22 % Ta и 8 % Nb приводит к повышению коррозионной стойкости материалов: в 71 раз в растворе кипящей азотной кислоты и в 49 раз в растворе кипящей серной кислоты по сравнению с коррозионной стойкостью титана ВТ14.

### **Ключевые слова**

титан, электронно-лучевая наплавка, коррозионная стойкость

### **1. Введение**

Титан и сплавы на его основе обладают уникальными свойствами: высокой удельной прочностью, биосовместимостью, теплостойкостью и отличной коррозионной стойкостью [1]. Однако для изготовления конструкций ответственного назначения ядерной и химической промышленности коррозионной стойкости титана недостаточно и в качестве материалов часто используются сплавы тантала или ниобия. В то же время, в литературе отмечается, что легирование титана танталом и ниобием способно значительно повысить его коррозионную стойкость [2-5]. Учитывая высокую стоимость указанных выше материалов, целесообразным является создание

поверхностных слоев легированных танталом и ниобием на поверхности титановых заготовок. Эффективной технологией получения таких покрытий является вневакуумная электронно-лучевая обработка [6-10].

В работах [6-10] представлены результаты коррозионных испытаний покрытий, полученных на технически чистом титане VT1-0. Для повышения прочности разрабатываемых композиционных материалов в данной работе в качестве основного материала использовался титановый сплав VT14. В состоянии поставки временное сопротивление этого сплава составляет 980 МПа, что более чем в 3 раза выше по сравнению с технически чистым титаном марки VT1-0 [10].

## 2. Материалы и методы исследования

В качестве основного металла использовались заготовки из титанового сплава VT14 размером 12x50x100 мм. Наплавляемая смесь состояла из порошков титана, тантала и ниобия. Для защиты ванны расплава от взаимодействия с газами атмосферы в порошковую насыпку добавляли защитные флюсы. Состав и процентное содержание каждого из компонентов порошковой смеси указаны в таблице 1. Перед наплавкой все порошки перемешивались и равномерно распределялись на поверхности титановой заготовки с плотностью 0,45 г/см<sup>2</sup>. Общая масса порошковой насыпки на один образец составляла 22,5 г. Наплавка осуществлялась в ИЯФ СО РАН им. Г.И. Будкера с использованием ускорителя электронов ЭЛВ-6. Мощность электронного пучка составляла 33,6 кВт, скорость продольного перемещения образцов под пучком 1 см/с, амплитуда развёртки пучка – 25 мм, частота развёртки – 50 Гц.

Таблица 1

Концентрация легирующих компонентов в шихте и в полученных покрытиях

Наименование режима	Концентрация компонентов в наплавочном порошке, вес. %					Концентрация легирующих элементов в покрытии по данным EDX-анализа, вес. %		
	Ta	Nb	Ti	CaF <sub>2</sub>	LiF	Ta	Nb	Al
15Ta-4Nb	25	7	30	28,5	9,5	14,7	3,5	3,9
22Ta-8Nb Два слоя						22,3	7,6	1,62

Для повышения концентрации легирующих элементов в наплавленном слое осуществлялась двухслойная наплавка (табл. 1). В результате наплавки второго слоя толщина материала увеличивалась на 0,7 мм (с 12,7 мм до 13,4 мм).

Образцы для испытаний на коррозионную стойкость представляли собой пластинки размером 1x15x20 мм вырезанные из наплавленного слоя. Пластинки подвешивались на фторопластовых нитях и погружались в 65 %-ти раствор азотной и 5 %-ый раствор серной кислоты. Температура кислот составляла 125 °С и 100 °С для азотной и серной кислоты соответственно. В процессе испытаний через равные промежутки времени образцы вынимались, промывались, высушивались и взвешивались. После этого эксперимент продолжался. Суммарное время испытаний в азотной кислоте составило 120

часов, в серной – 50 минут. В ходе эксперимента определялась скорость коррозии наплавленных слоев и материала сравнения (титанового сплава BT14).

Поверхность образцов после коррозионных испытаний анализировалась на растровом электронном микроскопе CarlZeiss EVO 50 XVP. Определение элементного состава покрытий производилось с использованием микрорентгеноспектрального анализатора INCA X-ACT (OxfordInstruments).

### 3. Результаты и обсуждение

Результаты коррозионных испытаний представлены в таблице 2. Установлено что наибольшей скоростью растворения в обоих типах кислот обладает титановая основа BT14. Электронно-лучевая наплавка тантал-ниобий содержащих порошковых смесей приводит к значительному увеличению коррозионной стойкости (табл. 2, рис. 1). Наименьшей скоростью коррозии (0,0085 мм/год и 1,1 мм/год для азотной и серной кислот соответственно) обладают образцы, содержащие 22 % Ta и 8 % Nb. Скорость коррозии сплавов состава 15 % Ta и 4 % Nb составляет 0,0393 мм/год и 2,5 мм/год.

Таблица 2

Скорость коррозии титанового сплава BT14 и поверхностно легированных слоев Ti-Ta-Nb в кипящих концентрированных растворах азотной и серной кислот

Обозначение образца	Скорость коррозии, мм/год	
	6 5% раствор азотной кислоты, 125 °C	5 % раствор серной кислоты, 100 °C
BT14	0,477±0,016	53,7±3,6
15Ta-4Nb	0,0393±0,015	2,5±0,2
22Ta-8Nb	0,0085±0,004	1,1±0,2

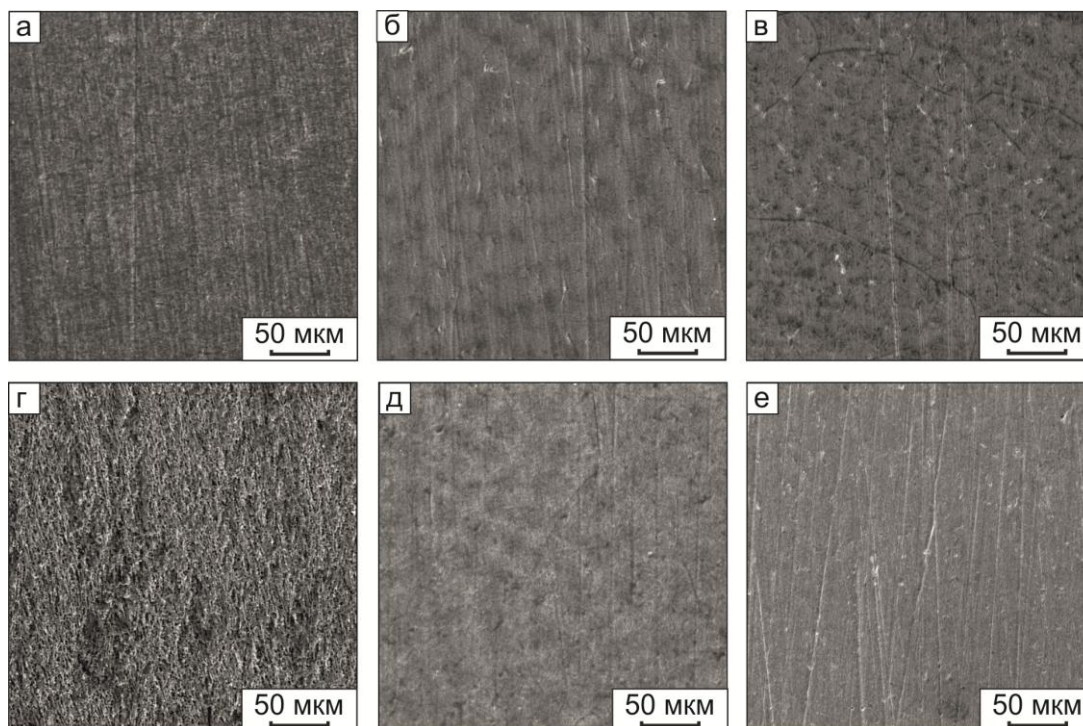


Рис. 1 Поверхность образцов после коррозионного испытания в кипящем растворе концентрированной азотной кислоты (а, б, в) и в кипящем растворе 5 %-ной серной кислоты (г, д, е): а, г – титановый сплав BT14; б, д – сплав 15Ta-4Nb; в, е – сплав 22Ta-8Nb

Анализ поверхности образцов после испытаний в растворе азотной кислоты показал, что на всех образцах сохранились следы предварительной механической обработки (рис. 1). Поверхность после коррозионного разрушения образцов состава 15Ta-4Nb и 22Ta-8Nb имеет схожую морфологию (рис. 1 б, в). На снимках наблюдается наличие контраста между осями дендритов и междендритным пространством.

В кипящем 5 %-ном растворе серной кислоты титановый сплав ВТ14 подвержен общей коррозии (рис. 1 г). Наплавка Ti-Ta-Nb порошковой смеси приводит к изменению характера коррозионного взаимодействия. На поверхности сплава 15Ta-4Nb выявляются следы дендритного строения (рис. 1 д). На поверхности двухслойного образца 22Ta-8Nb после коррозионных испытаний сохранились следы от предшествующей механической обработки, при этом следов травления поверхности зафиксировано не было (рис. 1 е).

#### **4. Выводы**

1. Покрyтия на титановой основе, полученные методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки обладают высокой коррозионной стойкостью в растворах кипящих азотной и серной кислот.

2. Легирование титана 22 % Ta и 8 % Nb приводит к увеличению коррозионной стойкости в 71 и 49 раз по сравнению с титаном ВТ-14 в растворах азотной и серной кислот соответственно.

3. Абсолютная стойкость в азотной кислоте для покрытий 15Ta-4Nb и 22Ta-8Nb характеризуется значениями 0,0393 мм/год и 0,0085 мм/год, что соответствует по «Шкале коррозионной стойкости металлов» по ГОСТ 13819-68 характеристике «стойкий».

*Работа выполнена на уникальной установке "Экспериментальный стенд на базе промышленного ускорителя электронов ЭЛВ-6 по обработке материалов концентрированным электронным пучком, выпущенным в атмосферу" при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI60414X0135.*

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Leyens C., Peters M. Titanium and Titanium Alloys: Fundamentals and Applications. – Weinheim : WILEY – VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2003. – 514 p.

2. Лившиц А.С., Гринберг Н.А., Куркумелли Э.Г. Основы легирования наплавленного металла. – М.: Машиностроение, 1969. –188 с.

3. Preparation and characterization of Ti-Ta alloys for application in corrosive media / K.A. de Souza, A. Robin // Materials Letters. – 2003. – Vol. 57. – P. 3010-3016.

4. Influence of concentration and temperature on the corrosion behavior of titanium, titanium-20 and 40 % tantalum alloys and tantalum in sulfuric acid solutions / K.A. de Souza, A. Robin // Materials Chemistry and Physics. – 2007. – Vol. 103. – P. 351-360.

5. Corrosion Behavior of Ti–Nb Alloys in Sulfuric Acid / A.M. Borshchevskii, L.P. Baturova, E.P. Elizarova // Applied Electrochemistry and Corrosion Protection of Metals. – 2009. – Vol. 82. – P. 1858-1861.

6. Вневакуумная электронно-лучевая наплавка порошков системы титан-тантал-ниобий на титан VT1-0/ И. А. Батаев, А. П. Алхимов, О. А. Бутыленкова, Т. В. Журавина, О. Г. Ленивцева, А. А. Руктуев // Обработка металлов. Технология. Оборудование. Инструменты. – 2012. – № 1(54). – С. 90-95.

7. V. V. Samoilenko, D. V. Lazurenko, O. G. Lenivtseva, I. A. Polyakov, Influence of chemical composition of initial powders on structure and properties of «Ti-Ta-Zr» coatings fabricated on cp-titanium substrates by electron beam cladding // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2014. - Vol. 66. - Art. 012026.

8. Fabrication of multi-layered Ti-Ta-Zr coatings by non-vacuum electron beam cladding / V. Samoilenko, D. Lazurenko, O. Lenivtseva, V. Lozhkin // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 698. – P. 424-429.

9. Структура и коррозионная стойкость покрытий системы "титан-ниобий", сформированных методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки на поверхность титана VT1-0 / И. А. Поляков, В. В. Самойленко, О. Г. Ленивцева, А. А. Руктуев, М. Г. Голковский, И. С. Иванчик, И. Ю. Жильцов // Наука. Промышленность. Оборона : тр. 16 Всерос. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию Победы Великой Отечественной войне (Новосибирск, 22–24 апр. 2015 г.). – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. – С. 866-870.

10. Разработка технологии изготовления особо коррозионностойких реакторов химических производств, работающих с использованием сильных кислот при повышенных температурах: отчет о выполнении прикладных научных исследований (промежуточ.): рук. М.Г. Голковский. – Новосибирск, 2015. – 275 с. – Инв. № 214-МН-6.

### **Characterization of Ti-Ta-Nb Alloys Corrosion Resistance in the Boiling Acid Solutions**

*Lenivtseva O.G., Ph.D. (Eng.), Senior Researcher, e-mail [lenivtseva\\_olga@mail.ru](mailto:lenivtseva_olga@mail.ru)*

*Ruktuev A.A., PhD student, e-mail [alex47@211.ru](mailto:alex47@211.ru)*

*Samoilenko V.V., PhD student, [samoilenko.vitaliy@mail.ru](mailto:samoilenko.vitaliy@mail.ru)*

*Polyakov I.A. PhD student, e-mail [status9@mail.ru](mailto:status9@mail.ru)*

*Novosibirsk State Technical University,*

*20 K. Marks Prospekt, 630073, Novosibirsk, Russia*

#### **Abstract**

In researches results of corrosion rate test of Ti-Ta-Nb coatings produced by non-vacuum electron beam cladding of powder blends on VT14 titanium alloy were presented. Corrosion resistance test of coatings was carried out by weight method in boiling nitric and sulfuric acids solution. A surface of samples after corrosion test was analyzed using a Carl Zeiss EVO 50 XVP scanning electron microscope. It was

shown that an increase of both Ta to 22 % and Nb to 8 % concentrations in clad layers results in enhancement of corrosion resistance of materials compared to that of VT14 titanium alloy: in 71 and 49 times in boiling nitric and sulfur acids respectively.

**Keywords:** Titanium, electron-beam cladding, corrosion resistance

**УДК 621.9.01**

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСКРОЯ ЗАГОТОВОК ИЗ ТИТАНОВЫХ ПЛИТ**

*Матюгин Алексей Александрович*

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

*Матюгин А.А.*, email [jos92@rambler.ru](mailto:jos92@rambler.ru)

*Адрес для корреспонденции: Матюгин Алексей Александрович,*  
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,  
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)474-01-64

### **Аннотация**

Титан, обладающий малым удельным весом и высокой прочностью, является одним из широко используемых материалов в авиастроении. Однако при всех своих достоинствах титан является тяжело обрабатываемым металлом, поэтому при изготовлении элементов конструкции самолёта необходимо выбирать нетрадиционные методы обработки. Наиболее предпочтительным для этого является гидроабразивная резка полностью исключая нагрев материала и его налипание на режущий инструмент. Для достижения желаемого качества среза при использовании гидроабразивного раскроя заготовок, необходимо учитывать основные технологические параметры процесса: скорость резки; марка и толщина разрезаемого материала; внутренние диаметры водяного сопла и смесительной трубки; тип, размер и концентрация абразивных частиц в режущей смеси; давление. Улучшения технологического процесса позволят снизить трудоёмкость и временные затраты на раскрой заготовок, а также увеличат экономию материала.

### **Ключевые слова**

Гидроабразивная резка, раскрой металлов, обработка титана, параметры процесса, улучшение технологии.

### **1. Введение**

Самолетостроительное производство характеризуется разнообразной номенклатурой применяемых материалов. Одним из таких материалов является

титан. Малый удельный вес и высокая прочность титана и его сплавов делают их весьма ценными авиационными материалами. В области самолетостроения и производства авиационных двигателей титан все больше вытесняет алюминий и нержавеющей сталь. Общее снижение веса с повышением показателей при повышенных температурах позволяет увеличить полезную нагрузку, дальность действия и маневренность самолетов.

Необходимо тщательно подходить к выбору способа обработки титана, поскольку данный металл является тяжело обрабатываемым материалом. При механической обработке титана возникают следующие проблемы: большая склонность его к налипанию и задиранию, низкая теплопроводность, а также то обстоятельство, что практически все металлы растворяются в титане, в результате чего представляет собой сплав титана и твердого материала режущего инструмента. При нагреве выше 600–700 °С титан взаимодействует с газами, составляющими атмосферу, особенно интенсивно с кислородом и парами воды, а также с молекулярным водородом, что приводит к уменьшению его пластичности. Скорость взаимодействия титана с газами возрастает с повышением температуры.

## **2. Теория**

В настоящее время существует шесть самых распространённых видов резки металла: гильотина, ленточно-пильный станок, газокислородная, плазменная, лазерная и гидроабразивная резка. Каждый из выше представленных методов имеет свои преимущества и недостатки, ограничения по толщине и виду обрабатываемого металла и обеспечивает определенный уровень качества поверхности.

Наиболее предпочтительным для раскроя титана является гидроабразивная резка. Данным методом в сравнении с остальными имеет ряд преимуществ: толщина обрабатываемого материала может достигать 300 мм, высокая скорость резки, меньшие потери материала, полностью исключается нагрев материала и его налипание на режущий инструмент.

В основе технологии гидроабразивной резки лежит принцип эрозионного воздействия смеси высокоскоростной водяной струи и твердых абразивных частиц на обрабатываемый материал. Физическая суть механизма гидроабразивной резки состоит в отрыве и уносе из полости реза частиц материала скоростным потоком твердых частиц. Устойчивость истечения и эффективность воздействия двухкомпонентной струи (вода и абразив) обеспечиваются оптимальным выбором целого ряда параметров резки, включая давление и расход воды, а также расход и размер частиц абразивного материала.

Конструктивно установка гидроабразивной резки состоит из следующих компонентов: рабочая ванна станка, заполненная водой; система перемещения, имеющая порталную конструкцию с реечным приводом осей; насос высокого давления; насос низкого давления; система подготовки воды; система числового программного управления; расходный бак для абразива; система поддержания постоянного зазора; датчик контроля абразива; система удаления



отработанного абразива; устройство загрузки материала. Схема установки представлена на рисунке 1.

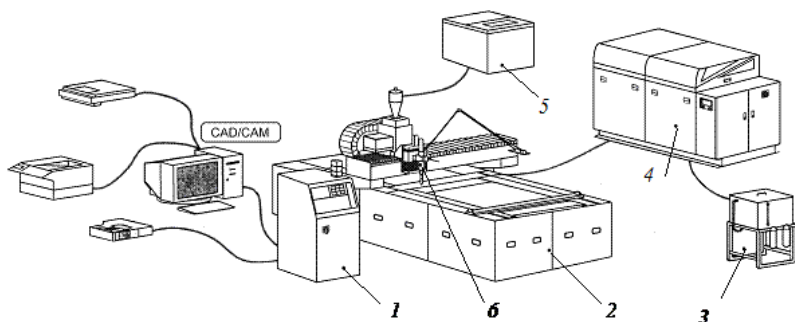


Рис. 1. Функциональная схема установки гидроабразивной резки:

1 – система числового программного управления; 2 – технологическая машина; 3 – блок фильтрации воды; 4 – насосный агрегат; 5 – система подачи абразива; 6 – сопловой аппарат

Основными технологическими параметрами процесса гидроабразивной резки являются: скорость резки; марка и толщина разрезаемого материала; внутренние диаметры водяного сопла и смесительной трубки; тип, размер и концентрация абразивных частиц в режущей смеси; давление.

Скорость резки (скорость перемещения режущей головки вдоль поверхности обрабатываемого изделия) существенно влияет на качество реза. При высокой скорости происходит отклонение (занос) водно-абразивной струи от прямолинейности, а также заметно проявляется ослабевание струи по мере разрезания материала. Как следствие, увеличиваются конусность реза и его шероховатость (рисунок 2, 3).

### Вход струи

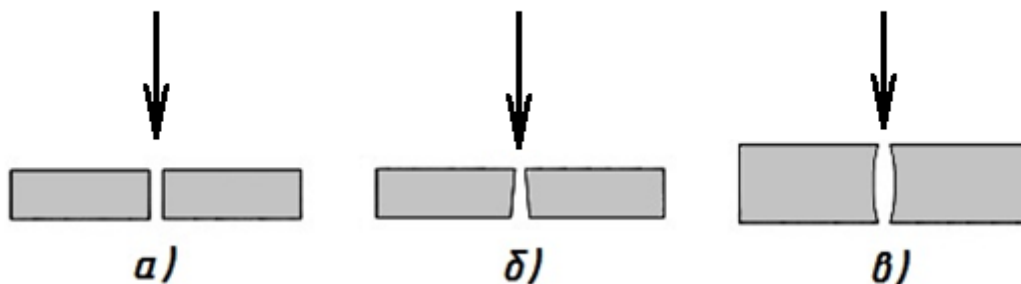


Рис. 2. Типичная форма реза в зависимости от условий резки:

а – оптимальная скорость резки; б – скорость резки выше оптимальной;  
в – резка больших толщин (обычно более 30 мм).

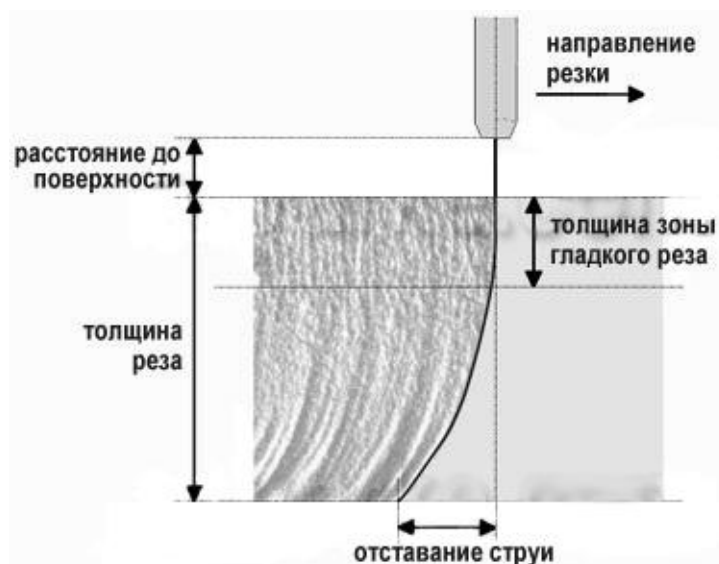


Рис. 3. Занос струи при резке со скоростью выше оптимальной

Разделительная резка может выполняться на скорости, составляющей 80–100% от максимальной. Качественной резке обычно соответствует скоростной диапазон в 33–65%, тонкой резке – в 25–33%, прецизионной резке – в 10–12,5% от максимальной скорости (рисунок 4).

Разделительная резка может выполняться на скорости, составляющей 80–100% от максимальной. Качественной резке обычно соответствует скоростной диапазон в 33–65%, тонкой резке – в 25–33%, прецизионной резке – в 10–12,5% от максимальной скорости (рисунок 10).

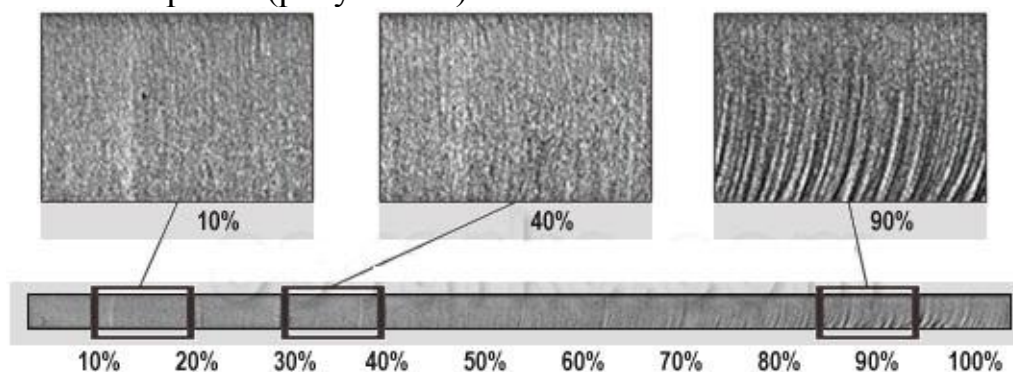


Рисунок 10 – Вид поверхности реза в зависимости от скорости резки

С уменьшением внутреннего диаметра смесительной трубки возрастают производительность и точность резки, уменьшается ширина реза (она примерно на 10% больше внутреннего диаметра трубки). Однако при этом снижается срок службы трубки и сопла, и увеличивается расход абразива.

Максимальное рабочее давление обычно составляет 3000–3200, 3800, 4150 или 6000 бар. Чем выше давление, тем выше скорость и эффективность резки, но в то же время требуется более частая замена прокладок в насосе.

Усовершенствовать технологию гидроабразивной резки возможно двумя способами: установка в систему поддержания постоянного зазора датчика сканирования материала вместо контактного механизма; добавление двух рабочих координат станка.

### **3. Выводы**

Предложенные улучшения технологического процесса гидроабразивной резки позволят снизить трудоёмкость и временные затраты на раскрой заготовок из титановых плит, а также увеличат экономию материала.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Насосные агрегаты высокого давления для гидроабразивной резки. Теория и расчёт: учеб.пособие/ В.С.Белоусов, Д.Н.Смирнов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 67с.
2. Технология гидроабразивной резки / А.А. Иващенко // Оборудование и инструмент для профессионалов. 2002. № 8.1. С.20-21.
3. Технология и оборудование гидроабразивной резки / С.Н. Полянский, А.С. Нестеров // Вестник машиностроения: 2004. -№5.-С. 43-46.
4. Технология производства титановых самолётных конструкций/ А.Г.Братухин, Б.А.Колачев, В.В.Садков и др. – М.: Машиностроение, 1995. – 448с.

### **IMPROVING THE PROCESS OF CUTTING BLANKS OF TITANIUM PLATES**

Matyushin A.A., email: ljos92@rambler.ru  
Novosibirsk state technical university

#### ***Abstract***

Titanium, which has a low specific weight and high strength, is a material widely used in the aircraft industry. However, titanium is a difficult metal to for machining, so the manufacture of aircraft structural elements necessary to choose non-traditional methods of treatment. Most preferred for this is waterjet completely excludes heating of the material and its adhesion to the cutting tool. To achieve the desired cut quality using Waterjet cutting blanks, must be taken into account the basic technological parameters of the process: cutting speed; grade and thickness of the material to be cut; the inner diameters of the water nozzle and the mixing tube; the type, size and concentration of the abrasive particles in the cutting of the mixture; pressure. Improvements process will reduce the complexity and time required for cutting of workpieces, as well as increase the savings in material.

#### ***Keywords***

Waterjet cutting, metal cutting, titanium processing, process parameters, improvement of technology

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА СБОРКИ ПАНЕЛИ СВЕРХЗВУКОВОГО САМОЛЁТА

*Николаев Василий Петрович, магистрант; Бобин Константин Николаевич*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,

г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

*Николаев В. П.*, email: pryanik17@mail.ru

*Бобин К. Н.*, e-mail: yabkn@yandex.ru

### **Аннотация**

В данной статье рассмотрены проблемы, возникающие при сборке сверхзвукового самолёта. Проанализирован процесс стыковки хвостовой части фюзеляжа (ХЧФ) и установки панели откидной. Выявлены наиболее вероятные источники проблем, возникающих на этом этапе. Для устранения данных проблем предлагается использование макет-кондуктора, обеспечивающего надёжную фиксацию ХЧФ при транспортировке и позволяющего производить контроль необходимых параметров на этапе сборки ХЧФ.

### **Ключевые слова**

Самолет, сборка, приспособление, качество

### **Введение**

Качество сборки летательного аппарата определяется не только качеством отдельных комплектующих деталей и узлов, но и выбранным методом сборки. Несмотря на материальную и временную затратность, одним из основных методов сборки в авиа- и ракетостроении является сборка с помощью специальной сборочной оснастки - в сборочных приспособлениях (СП), на стапелях, стендах и т.п.

### **Методика решения задачи**

Панель откидная представляет собой плиту, состоящую из двух сваренных между собой титановых 11-ти миллиметровых палей. Расположена в хвостовой части фюзеляжа (ХЧФ) сверхзвукового самолета между мотогондолами и предназначена для защиты центрального отсека самолёта. Монтажные работы по установке панели откидной между мотогондолами ведутся в цехе агрегатно-сборочного производства после транспортировки кран-балкой в цех ХЧФ (в не зафиксированном состоянии). В связи с отсутствием фиксации мотогондол при транспортировке ХЧФ, не плавности хода кран-балки, рывков в процессе транспортировки и большого веса ХЧФ, возникают деформации, приводящие к нарушению размеров заданных КД и оснасткой при сборке.

Установка панели откидной на изделие выполняется группой рабочих в составе 7 человек (вес панели 78кг). Предварительная установка и снятие панели, в соответствии с технологическим процессом (ТП), производится 6-8 раз для контроля необходимых зазоров между панелью и мотогондолами.

Данный процесс является очень трудоёмким, длительным и неудобным в виду малой площади для работ и стеснённости рабочего места.

Для обеспечения фиксации мотогондол при транспортировке, а также обеспечения размеров заданных КД и сборочной оснасткой, был разработан макет кондуктор-распорка (рис. 1), базирующийся за отверстия во внутренних балках двигателей. Транспортировка ХЧФ производится при установленном на нём макет кондукторе (рис. 1).

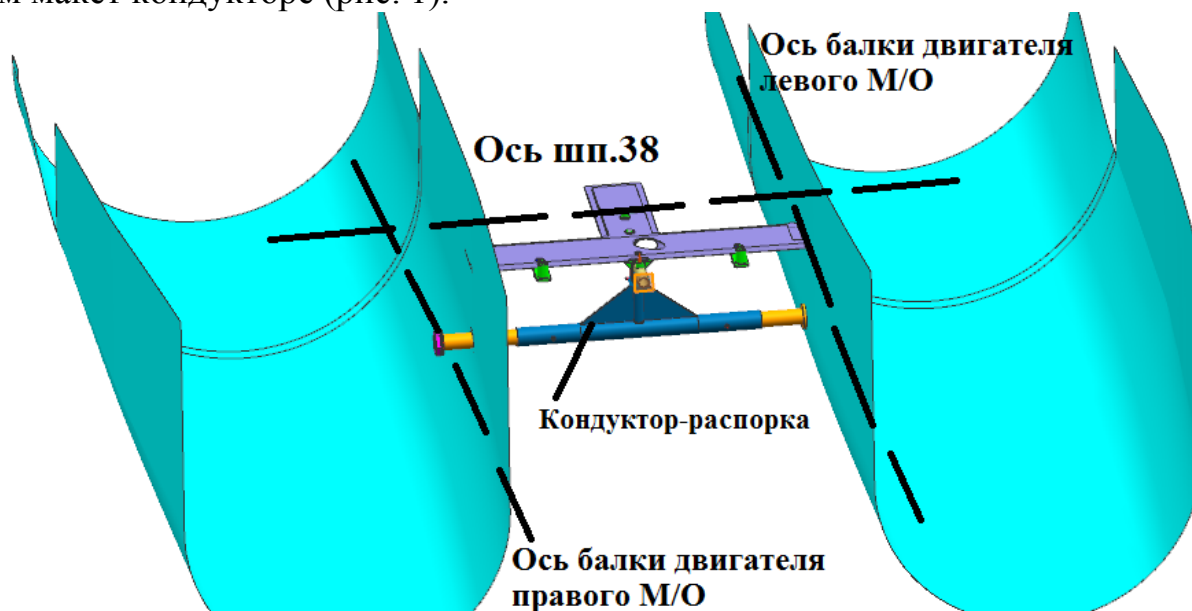


Рис. 3. Фиксация мотогондол с помощью кондуктора-распорки

Контроль зазоров между панелью откидной, Т-образной плитой (рис. 1) и обшивками мотогондол производится на всём этапе сборки ХЧФ с помощью рамы макет-кондуктора (рис. 2), являющейся имитацией панели откидной с заложенными эквидистантами. После выставления всех необходимых зазоров и эквидистант производится пробитие отверстий с помощью кондуктора (рис. 3) в обшивках для установки петель навески панели откидной.

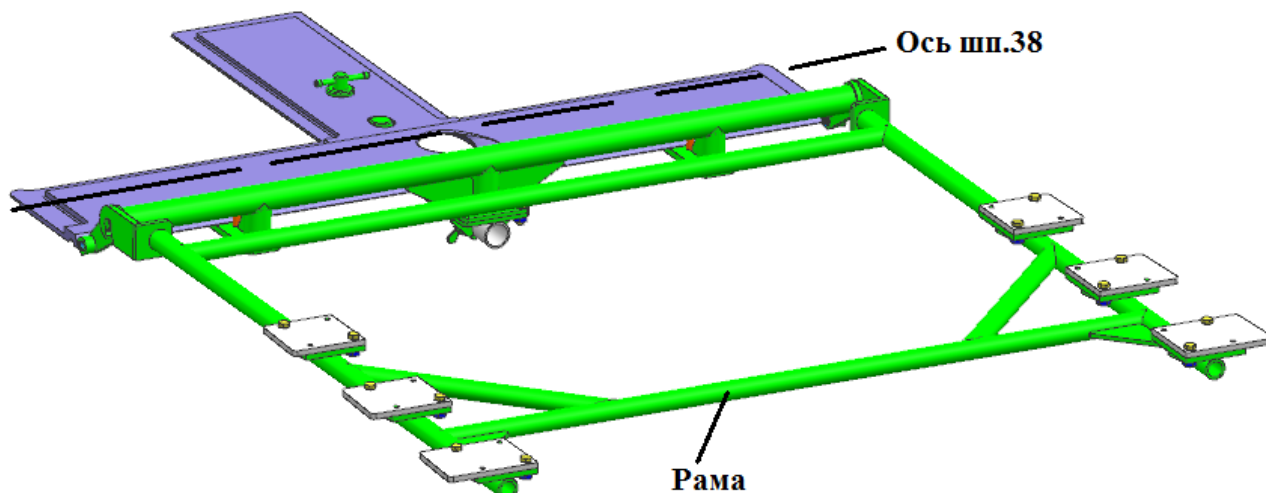


Рис. 2. Рама макет-кондуктора для контроля зазоров

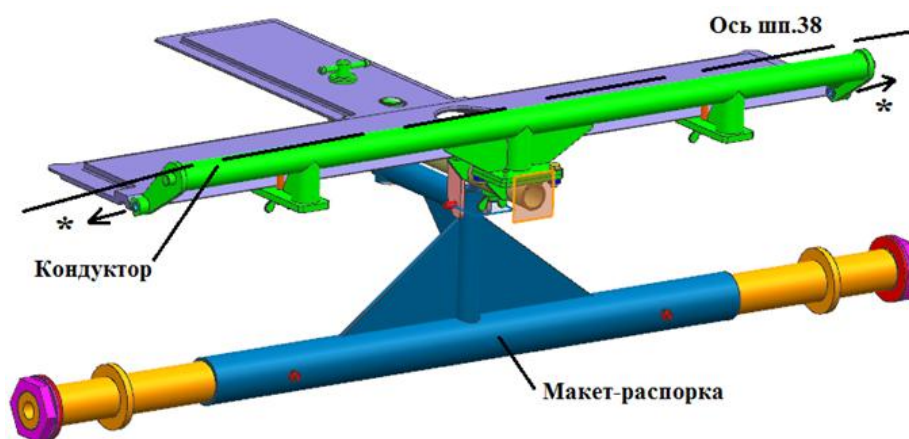


Рис. 3. Кондуктор для пробития отверстий в обшивках  
 (\* - обозначены места пробития отверстий в обшивке )

Контроль зазоров между обшивками производится так же непосредственно на этапе установки панели откидной после стыковки ХЧФ с центропланом, не требуя при этом больших трудозатрат по установке и снятию самой панели. Контроль производится рамой макет-кондуктора, имеющей относительно небольшой вес (18кг) и позволяющей выполнять монтажные работы 2 рабочим.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология сборки, монтажа и испытаний при сборке ЛА. /Под.ред. Барвинка В.Д. – М: Машиностроение, 1996.
2. Современные технологические процессы сборки планера самолёта / Под.ред. Ю.Л.Иванова. – М.Машиностроение, 1999. - 304 с.
3. Проектирование приспособлений, прочностные расчёты, расчёт точности сборки: учебное пособие.- Ульяновск: УлГТУ, 2000. - 99с.

### IMPROVING THE ASSEMBLY OF PANEL SUPERSONIC AIRCRAFT

Student Nikolaev Vasilii Petrovich, e-mail: pryanik17@mail.ru  
 Ph.D. Bobin Konstantin Nikolaevich, e-mail: yabkn@yandex.ru  
 Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20

#### **Abstract**

This paper describes the problems that arise during assembling of a supersonic aircraft. It analyzes the process of joining of fuselage rear and the dumping panel. The most likely sources of problems which arise at this stage are revealed. To resolve these problems it is proposed to use the device, providing reliable fixation of fuselage rear during transportation and allowing to control the parameters of assembly.

#### **Keywords**

Aircraft, assembly, device, quality

## 3D – ПРИНТЕРЫ КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ИЗДЕРЖЕК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МЕХАНООБРАБОТКИ

*Низовкина Наталья Геннадьевна<sup>1</sup>, кандидат экономических наук,  
Валова Татьяна Евгеньевна, магистрат<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20 к.6

*Низовкина Н. Г., emailnizovkina@ngs.ru*

*Валова Т. Е., emailvalova\_94@list.ru*

*Адрес для корреспонденции: Низовкина Наталья Геннадьевна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20 к.6, (383)-346-02-90*

### **Аннотация**

В статье рассмотрен вопрос эффективности внедрения 3D – принтеров в механообрабатывающее производство, как один из способов снижения издержек на предприятиях. Возможность размещения кластера 3D технологии в Новосибирской области. Определены преимущества аддитивных технологий, 3D – печати, которые в несколько раз позволяют сократить производственные сроки, сэкономить на фонде оплаты труда и решить проблемы дефицитных кадров, что влечет за собой снижение издержек механообработки в производстве в целом.

### **Ключевые слова**

Механообработка; 3D – принтеры; аддитивные технологии; кластер; издержки производства; промышленность; себестоимость.

Новосибирская область относится к числу крупнейших индустриальных центров России с высокой долей промышленности в экономике. В регионе активно развиваются металлообработка и механообработка, машиностроение, электроэнергетическая отрасль, цветная металлургия, энергетика, пищевая промышленность, газоснабжение, активно ведутся прикладные разработки по «техническим технологиям». Это микроэлектроника, информационные технологии, биотехнологии, лучевые технологии, нанотехнологии.

Несмотря на то, что с 2004 года производство промышленной продукции растет в городе быстрее, чем в целом по стране, производственно-технологическая база промышленности на сегодняшний день, можно сказать, устаревшая и оставляет желать лучшего. Износ основных фондов в целом по промышленности составляет около 50 %, и поэтому с каждым годом становится всё труднее выполнять требования рынка к постоянному повышению качества продукции.

В статье рассмотрен вопрос эффективности внедрения 3D– принтеров в механообрабатывающее производство. Данный вопрос на сегодняшний день

очень актуален. Не секрет, что экономическая нестабильность 2014 – 2015 годов сильно ударила по работе множества российских предприятий. И Новосибирск не является исключением. Руководство многих предприятий отреагировало на кризис привычным способом – сокращением постоянных издержек, что отражается в основном в уменьшении фонда оплаты труда, которое происходит благодаря увольнению сотрудников. Но что делать тем предприятиям, основой дохода которых является материальное производство? В таком случае намного сложнее снизить издержки за счет простого сокращения штатов, ведь основой производства в подобных компаниях являются рабочие. Перед руководством предприятий встает сложная задача – повысить эффективность производства и развить его, разработав при этом план сокращения издержек на предприятии.

#### *Как сократить издержки на производстве?*

Затрагивая вопрос минимизирования издержек на предприятиях по механообработке, вспомним, что механообработка – это сложный технологический процесс, использующийся для придания детали нужной функциональной формы и размера. В процессе изготовления каждая деталь проходит определенные этапы работ: токарная обработка, фрезерование, сверление, строгальные работы и шлифование. Конечная цель данного комплекса работ – превратить заготовки в качественные детали с заданными параметрами. На сегодняшний день, к точной механообработке предъявляются высокие требования. Все детали имеют очень высокую добавочную стоимость, и любой брак резко увеличивает издержки. Поэтому все работы должны осуществляться на современном промышленном оборудовании, а также квалифицированными специалистами. Казалось бы, налицо эффективность. И все-таки эффективность недостаточная с точки зрения издержек. В условиях современного промышленного рынка, внедрение 3D – печати в производство механообработки является достаточно выгодной экономической мерой.

#### *Индустрия 3 – D принтеров.*

С каждым годом в мире изобретаются все новые и новые методы производственного процесса, которые используются в различных отраслях и сферах. Одним из таких процессов является создание 3D – принтеров. На этом месте остановимся подробнее. Само понятие «принтер» уже давно нам известно, а что же собственно представляет собой трехмерный принтер? Основная задача такого принтера заключается в создании и выводе объемных фигур и объектов. Таким образом, можно утверждать, что он создает физические тела, согласно заданным параметрам и формам.

Согласно статистике за 2015 год в мире существует уже более 1000 самых разных 3D - принтеров, и их количество очень быстро увеличивается. Например, в Японии привычные памятные фотографии уже сейчас вытесняет 3D - печать. 3D – фотобудки позволяют вместо привычной фотографии получить свою трехмерную статуэтку-фотографию с потрясающей детализацией. 3D – принтеры способны создавать модели зданий, одежду,



ювелирные украшения и даже еду. Большую популярность 3D – печать получила и в медицине. С помощью принтера можно создать прототипы костей, протезов и даже внутренних органов человека. В стоматологии применение 3D – принтера является очень удобным механизмом создания имплантов и протезов. Теперь на их изготовление уходит минимум времени и если при индивидуальном изготовлении модель не всегда имела соответствие, то теперь 3D – принтер повторяет индивидуальные физиологические особенности каждого обратившегося пациента.

Экономически целесообразно производить таким способом также составные части ракетных двигателей, оружие и многое другое. С помощью современных принтеров можно создать детали, использующиеся в машиностроении, авиационной промышленности, космической индустрии, приборостроении – именно там есть потребность в изделиях сложной геометрии (конфигурации). Современные 3D – принтеры гарантируют высокую точность механообработки и позволяют значительно сократить сроки изготовления деталей любой сложности.

Как видим, использование аддитивных технологий в производстве дает следующие преимущества:

- улучшение свойства готовой продукции. Например, детали, созданные на металлическом 3D – принтере по своему механическому поведению, плотности, остаточному напряжению и др. свойствам превосходят аналоги, полученные с помощью механической обработки.

- большая экономия сырья. Аддитивные технологии используют практически такое кол-во материала, которое нужно для производства изделия. Тогда как при традиционных способах изготовления потери сырья могут составлять 80 – 85%.

- сокращение себестоимости некоторых деталей в 10 раз.

- возможность изготовления изделий со сложной геометрией. 3D-принтеры позволяют производить предметы, которые невозможно получить другим способом. Например, деталь внутри детали.

- мобильность производства. Больше никаких чертежей и замеров. В основе аддитивных технологий лежит компьютерная модель будущего изделия, которую можно передать в считанные минуты на другой конец света и сразу начать производство

Так как область применения 3D - принтеров безгранична, следовательно, 3D модели могут быть напечатаны из любого материала: пластика, дерева, металла, нейлона и даже еды. 3D принтер может приносить немалый доход, так как применение его в бизнесе стало широко распространенным явлением.

### *3-Д принтеры приходят в Новосибирск*

Новосибирск и Новосибирскую область применение 3D – революция не обошла стороной. Местные исследователи еще 20 лет назад начали заниматься трехмерным прототипированием, когда мало кто еще знал про 3D – печать.

Инжиниринговая компания LOGGEK в 2014 году информировала о запуске нового долгосрочного проекта в области 3D – печати. Партнерами компании в проекте выступает Новосибирский инновационный медико-технологический центр и Новосибирский научно – технический институт травматологии и ортопедии им Я.Л. Цивьяна. Целью проекта является внедрение технологий лазерного спекания в отечественную импланталогию. Ранее в клинике им. Мешалкина компания LOGGEK участвовала в производстве и разработке биологических протезов митрального и аортального клапанов сердца, используемые при операциях на сердце уже несколько лет. Также в Новосибирском технопарке открыт инжиниринговый центр «Zoomer», в котором можно научиться работе с трехмерным принтером, а также сканером.

На сегодняшний день в Новосибирске 3D – печать активно распространяется и становится все доступнее. Свое непосредственное применение в Новосибирской области 3D - принтеры нашли не только при производстве игрушек, бытовых приборов и устройств, но и в строительстве, медицине, прототипировании, автомобилестроении, дизайне, архитектуре, моделировании и пищевой промышленности. В департаменте предположили, что развитие направления 3D - печати потребует сформировать кластер, в который вошли бы институты СО РАН, промышленные предприятия. В 3D - технологиях заинтересованы 26 крупных предприятий Новосибирской области, около 13 компаний из этого списка уже используют аддитивные технологии в производстве и выступают за создание кластера по производству 3D – принтеров в регионе. Данный проект по производству 3D – принтеров обсуждается в мэрии. Для выпуска 3D – принтеров необходимы производство специальных порошков, лазерные технологии, сборочный цикл и мощное программное обеспечение процесса. На сегодняшний день пока трудно сказать, сколько средств необходимо для создания кластера, но известно, что в США открыто 15 центров по производству 3D – принтеров, каждый из которых потребовал на свое создание 1,5 миллиарда долларов. В создании этого кластера примут участие СО РАН, ФАНО, новосибирские промышленные предприятия. Конечно же, для установки промышленного принтера потребуется много места, наличие высоковольтной линии и газоотвода. В качестве одной из возможных площадок, на которой может разместиться такой кластер, рассматривается Опытный завод СО РАН в Академгородке.

Сегодня в России существует не более четырех предприятий, которые занимаются производством 3D – принтеров и примерно такое же количество занимается производством порошка для данных принтеров. Все это - небольшие компании. В настоящее время в Новосибирске работает пять 3D - принтеров по производству пластика и один - по металлу импортного производства. В 2013 году производством аддитивных установок занималось 16 компаний в мире, 38 % промышленных установок этого типа применяется в США, в России их доля составляет 1,4%.

В заключение, обзор информации по данной теме говорит о том, что услуги по механообработке остаются самыми востребованными на

сегодняшний день. Получение наибольшего эффекта с наименьшими затратами, экономия трудовых, материальных и финансовых ресурсов зависят от того, как решает предприятие вопросы снижения себестоимости продукции. Эффективность данной производственной деятельности может быть увеличена благодаря использованию этой чудо – техники. Используя 3D – принтеры можно рассчитывать на механообработку детали с высокой точностью выполнения работ, применение оборудования с программным управлением и многие другие преимущества, а именно удешевление изделия, ускорение его проектирования и производства. Благодаря 3D – печати можно в несколько раз сократить производственные сроки, сэкономить на фонде оплаты труда и решить проблему дефицитных кадров, что влечет за собой снижение издержек в механообработке и в производстве в целом.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Организация производства: события механообработки [Электронный ресурс] / Низовкина Н. Г., Парц К. А., Шрейдер Д. В. // Международный научно-исследовательский журнал– 2015 – Режим доступа: <http://research-journal.org/economical/organizaciya-proizvodstva-sobytiya-mexanoobrabotki/>

### **3D PRINTERS AS A WAY TO REDUCE COSTS ON ENTERPRISES MACHINING**

Nizovkina Natalia Gennadevna, PhD in Economics, Associate Professor, e-mail: [nizovkina@ngs.ru](mailto:nizovkina@ngs.ru)<sup>1</sup>

Valova Tatiana Evgenevna, Graduate students, Master's Degree student, e-mail: [valova\\_94@list.ru](mailto:valova_94@list.ru)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk state technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, PR. Karla Marksa, 20 K. 6, (383)-346-02-90

### **Abstract**

In the article the question of the effectiveness of the implementation of 3D printers in machining production, as a way of reducing costs for enterprises. The possibility of placing the 3D technology cluster in the Novosibirsk region. Advantages of additive technology, 3D printing, which some times allow to reduce production time, save on the wage Fund and to solve the problems of scarce personnel, which entails a reduction in costs of machining in manufacturing in General.

### **Keywords**

Machining; 3D printing; additive manufacturing; cluster; costs of production; industry; cost.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЕРЕПЛЕТА ФОНАРЯ ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЕТА

<sup>12</sup>Погорелов Александр Константинович, магистрант, инженер-технолог; <sup>12</sup>Рынгач Николай Анатольевич, к.т.н., доцент; <sup>2</sup>Райш Денис Владимирович, начальник механообрабатывающего участка

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет,  
630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

<sup>2</sup>Филиал ПАО "Компания "Сухой" – Новосибирский авиационный завод  
им. В.П. Чкалова,

630051, Россия, г. Новосибирск, ул. Ползунова, 15

Погорелов А. К., email: [alexandr.pogorelov91@gmail.com](mailto:alexandr.pogorelov91@gmail.com)

Рынгач Н. А., email: [ryngach@corp.nstu.ru](mailto:ryngach@corp.nstu.ru)

Райш Д. В., email: [raysh-denis@yandex.ru](mailto:raysh-denis@yandex.ru)

### Введение

Современный пассажирский самолет – это очень сложная и дорогостоящая машина. Авиастроительный завод тратит в процессе изготовления летательного аппарата (ЛА) огромные деньги. По – этому приоритетной задачей, наравне с качеством и конкурентоспособностью ближнемагистрального пассажирского самолета Sukhoi Superjet 100 (SSJ 100) в условиях современной России является максимальное снижение затрат на его производство и уменьшение трудоемкости процессов изготовления деталей и сборочных частей.

Технологический процесс производства ЛА является весьма сложным и трудоемким. Он состоит из разнообразных, но взаимосвязанных технологических процессов изготовления многочисленных деталей, сборки из них узлов, панелей, отсеков, агрегатов и ЛА в целом.

Одним из таких технологических процессов в производстве пассажирского самолета SSJ 100 является технологический процесс изготовления деталей переплета фонаря отсека Ф1 - кабины экипажа. Переплет фонаря состоит из семи крупных цельнофрезерованных деталей, допуски на которые достаточно жесткие (рис.1). Эти детали являются сложными и высокоточными конструкциями. Требуемая точность изготовления переплета довольно высокая и составляет пятую часть от допуска на толщину сопрягаемых деталей, на стыках деталей по поверхности сопряжения с лобовым стеклом ступеньки или зазоры не допускаются совсем. Это значит, что детали переплета фонаря должны быть изготовлены по электронной модели и

конструкторской документации с минимальными отклонениями.

Целью данной работы является анализ технологического процесса (ТП) изготовления деталей переплета фонаря и его совершенствование.

Предметом исследования является ТП изготовления деталей переплета фонаря отсека Ф1.

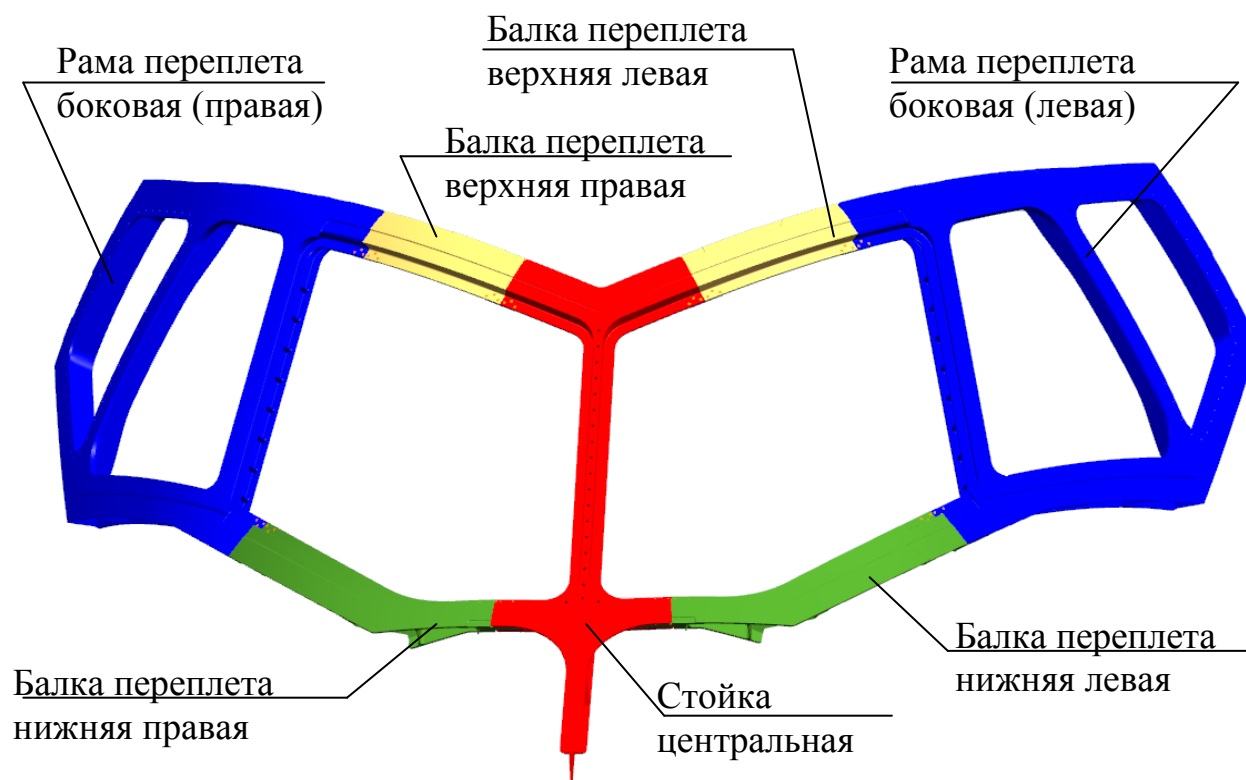


Рис. 1. Переплет фонаря отсека Ф1 самолета SSJ 100 (вид против полета)

### **Анализ ТП изготовления деталей переплета фонаря**

В данной работе рассматривается проблема большой трудоемкости изготовления деталей переплета фонаря – рама боковая левая, рама боковая правая, стойка центральная. Данные детали являются самыми крупными в переплете фонаря, с многочисленными конструктивными элементами, сложной геометрической формы и переменной кривизной. Детали изготавливаются на пяти координатном станке фирмы Handtmann - UBZ 300/200 T2 с системой ЧПУ SIEMENS (рис.2). Материал – поковка из алюминиевого сплава АК6



Рис. 2. Станок UBZ 300/200 T2

В результате анализа технологических процессов были выявлены следующие особенности и проблемы:

- большой расход металла в процессе фрезерования на станке;
- длительное время изготовления:
  - рамы боковые за 10 установок
  - стойка центральная за 8 установок;
- большие внутренние напряжения (поводка материала до 3 - 4 мм);
- длинный технологический цикл:
  1. фрезерование плиты под ультразвуковой контроль (УЗК);
  2. слесарная операция;
  3. УЗК;
  4. черновое фрезерование;
  5. слесарная операция;
  6. термообработка (закалка, старение);
  7. рихтовка заготовки (устранение поволоки материала согласно техническим условиям);
  8. чистовое фрезерование;
  9. слесарная операция;
  10. контрольно-измерительные мероприятия (КИМ) (выявление отклонений от теоретического контура) с помощью координатно-измерительной машины CarlZeissAccura;
  11. покрытие (анодирование и грунтовка);
  12. сдача цеху-потребителю.

В качестве метода совершенствования технологического процесса изготовления данных деталей предлагается изменить тип заготовки с поковки на штамповку.

Изготовление деталей из штамповок характеризуется рядом преимуществ:

- меньший расход металла за счет минимальных припусков заготовки (сформирован контур детали);
- существенно меньшее время изготовления:
  - рамы боковые за 4 установки
  - стойка центральная за 3 установки;
- уменьшения поводов материала за счет накопления меньших внутренних напряжений (меньшее время фрезерования, отсутствие термической обработки);
- короткий технологический цикл:
  1. черновое фрезерование;
  2. чистовое фрезерование;
  3. слесарная операция;
  4. КИМ;
  5. покрытие;
  6. сдача цеху-потребителю.

Для перехода на штамповку требуется:

1. Пересчет управляющей программы для станка с ЧПУ;
2. Проектирование необходимой оснастки;
3. Разработка новой расчетно-технологической карты, карты технологического процесса и карты эскизов технологического процесса;
4. Корректировка технических условий на детали.

### **Выводы**

Результатом перехода на штамповку станет существенное сокращение времени на изготовление деталей переплета фонаря за счет уменьшения трудоемкости технологических процессов, снижение КИМ (коэффициента использования материала), повышения качества деталей (в результате отсутствия поводов), снижение количества дефектов на данных деталях. Это в свою очередь повлечет за собой своевременную и качественную сборку на отсеке, передачу отсека для окончательной сборки в самолет без срывов и, как результат, сдача готового самолета заказчику и повышение общей конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынке.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Б. К. Гусев, В. Ф. Докин Основы авиации. – М.: Транспорт, 1988. – 191с., ил.
2. Г. И. Житомирский Конструкция самолетов. – М.: Машиностроение, 1991. - 400с. : ил.
3. А. П. Атрошенко, Е. П. Булат, В. Д. Спириин, В. И. Федоров Штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах и горизонтальноковочных машинах. – Л.: Машиностроение, 1983. – 95с

# RESEARCH OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF MANUFACTURE OF DETAILS OF COVER OF THE LAMP OF THE PASSENGER PLANE

<sup>12</sup>*Pogorelov Alexander Konstantinovich*, Master's Degree student,  
Engineer technologist,

email: [alexandr.pogorelov91@gmail.com](mailto:alexandr.pogorelov91@gmail.com)

<sup>12</sup>*Ryngach Nikolay Anatolyevich*, Ph. D., associate professor,  
email: [ryngach@corp.nstu.ru](mailto:ryngach@corp.nstu.ru)

<sup>2</sup>*Raysh Denis Vladimirovich*, head of a machining site,  
email: [raysh-denis@yandex.ru](mailto:raysh-denis@yandex.ru)

<sup>1</sup>Novosibirsk state technical university,

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

<sup>2</sup>PJSC Sukhoi Company branch – Novosibirsk aircraft factory of V. P.  
Chkalov,

Polzunov St., 15, Novosibirsk, 630051, Russia

In the first part of article the author discusses production of the modern passenger planes and allocates priority problems of production of passenger planes in the modern Russia. The author of article points to complexity of technological processes of manufacture of the modern passenger plane, as well as gives an example of technological processes for manufacture of details of the Sukhoi Superjet 100 plane (SSJ 100). The author of the article stands out the importance and complexity of their manufacture. At the end of the first part defines the purpose of this work and a subject of its research.

In the second part the author carries out the analysis of the existing technological process, allocates its features and shortcomings. Further the author suggests making changes in technological process of manufacture of the considered details and proves it by positive changes in production, reduction of time of their manufacture, labor input decrease.

At the end of the article the author draws conclusion on the work done. In them assumes quality improvement, decrease of cost and labor input in manufacture of the considered details in case of change of their technological process of manufacture according to this work. In addition, the author suggests possible upgrading and competitiveness of the passenger plane SSJ 100 plane.

## **Keywords**

**A passenger plane; technological process; Sukhoi Superjet 100.**



**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ  
ДЕТАЛЕЙ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ ОТСЕКА Ф1  
САМОЛЁТА SSJ-100**

*ПоletaевИлья Андреевич, студент;*

*Степанов Владимир Михайлович, к.т.н. доцент*

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

*Поletaев И. А., emaililya-polet@mail.ru*

*Степанов В. М., emailstepanov@corp.nstu.ru*

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

## **1. Вводная часть**

Взаимозаменяемость – пригодность одного изделия, процесса или услуги для использования вместо другого изделия, процесса или услуги в целях выполнения одних и тех же требований.

Непосредственно для технической сферы можно дать следующее определение – взаимозаменяемость это свойство элементов конструкции, изготовленных с определённой точностью геометрических, механических, и иных параметров, обеспечивать заданные эксплуатационные показатели вне зависимости от времени и места изготовления при сборке, ремонте и замене этих элементов.

Для облегчения выполнения условий взаимозаменяемости рекомендуется использовать нормальные линейные размеры, установленные на основе стандартных рядов предпочтительных чисел.

Интересующие нас виды взаимозаменяемости:

- полная взаимозаменяемость – полностью взаимозаменяемыми называются детали и узлы, устанавливаемые при сборке без дополнительных операций по обработке и подбора;
- неполная взаимозаменяемость - при сборке требуется установка детали или узла с размерами определённой группы, т.е. групповой подбор деталей;
- регулировка – требуемые характеристики достигаются регулировкой специального элемента путём изменения места, положения или введения дополнительного элемента;
- внешняя – взаимозаменяемость по выходным данным узла, которыми могут являться либо присоединительные, либо эксплуатационные параметры.

- внутренняя – взаимозаменяемость отдельных узлов или механизмов, входящих в изделие.

Взаимозаменяемость облегчает процесс конструирования за счет возможности использования стандартных конструкторских решений и единых технических требований. Обеспечивается широкая специализация и кооперирование, за счёт специализации происходит удешевление производства. Несомненным плюсом является возможность поточного производства взаимозаменяемых деталей, упрощение процесса сборки при использовании взаимозаменяемых деталей и узлов, снижается требование к квалификации персонала.

## **2. Постановка проблемы**

В виду высокой сложности производства авиационной техники (АТ), в данный момент невозможно сделать каждую деталь самолета взаимозаменяемой. Поэтому производители АТ составляют перечень взаимозаменяемых деталей и сборочных единиц. В такие перечни входят элементы, подверженные высокому риску поломки в ходе эксплуатации.

Детали и сборки, по каким-либо причинам выведенные из строя необходимо быстро заменить. Для этого эксплуатант авиационной техники заказывает необходимый ему элемент на заводе-изготовителе. Который, без необходимости производить замеры на месте, с необходимой точностью производит элемент для замены неисправного.

В данном обзоре будет рассмотрена проблема взаимозаменяемости на примере стыковки отсека Ф1 самолета Sukhoi Superjet 100 с его носовым обтекателем.

На заводе им. Чкалова производят, как отдельную часть, отсек Ф1 – кабина пилотов. По условиям поставки носовой обтекатель является составной частью отсека. Помимо этого, обтекатель входит в перечень взаимозаменяемых сборочных единиц.

В настоящий момент реализована следующая схема производства: отсек Ф1 производит НАЗ им. Чкалова, а носовой обтекатель производится на предприятии «Авиакомпозит». Стыковка отсека и обтекателя происходит на заводе.

По техническим условиям на взаимозаменяемость необходимо обеспечить следующие требования:

- Стыкуемость носового обтекателя с отсеком Ф1
- Вписываемость носового обтекателя в теоретический контур отсека Ф1
- Обеспечить зазор между шпангоутом 1 отсека Ф1 и профилем носового обтекателя в  $2\pm 1$ мм
- Обеспечение усилия открытия замков носового обтекателя в 5-8 кг

На практике выполняются все условия, кроме вписываемости носового обтекателя в обвод отсека Ф1. Это и есть предмет изучения.

В обеспечении взаимозаменяемости роль играет как конструкция самолета, так и технология его производства. Предполагается изучить и

проанализировать конструктивные решения, примененные для сборки. После чего следует проанализировать методы сборки носового обтекателя, на предприятии «Авиакомпозит» и отсека Ф1 на НАЗ им. Чкалова.

По результатам анализа будут выданы рекомендации для улучшения показателей взаимозаменяемости отсека Ф1 с носовым обтекателем.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Методы сборки самолетных конструкций: Бабушкин А.И. – М.: Машиностроение, 1985. - 248 с., ил.
2. Взаимозаменяемость агрегатов в самолетостроении: Григорьев В.П. – М.: Машиностроение, 1969. - 260 с., ил.

### **ENSURING INTERCHANGEABILITY PARTS COMPARTMENT ASSEMBLY UNITS OF SECTION F1 SSJ-100 AIRCRAFT**

*Poletaev Ilya Andreyevich; Stepanov Vladimir Mikhaylovich*

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia,

Novosibirsk, Karl Marks St., 20, tel. (913) 005-48-19

*Poletaev I.A.*, email [ilya-polet@mail.ru](mailto:ilya-polet@mail.ru)

*Stepanov V.M.*, email [stepanov@corp.nstu.ru](mailto:stepanov@corp.nstu.ru)

Due to the high complexity of producing aviation equipment, it is currently impossible to make every detail of aircraft interchangeable. Therefore, aircraft manufacturers draw up a list of interchangeable parts and subunits. These lists include elements, which are exposed to the high risk of the breakage during the exploitation.

This review considers the problem of the interchangeability of the aircraft Sukhoi Superjet 100 F1 docking bay with its nose cone.

According to the interchangeability specifications it is necessary to provide the following requirements:

- Attaching the nose cone to the compartment F1
- Fitting the nose cone into the theoretical circuit of compartment F1
- Providing a gap between the first former of compartment F1 and the nose cone foil of  $2\pm 1$  mm
- Providing the opening force of 5-8 kg to the nose cone locks

In practice, all these conditions are implemented, except fitting the nose cone into the theoretical circuit of compartment F1. So, this is the subject of study.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ В АВИАСТРОЕНИИ

*Рынгач Н.А., Осокин И.В.*

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

*Рынгач Н.А.*, email: ryngach@corp.nstu.ru

*Осокин И.В.*, e-mail: osokin.ivan.nstu@mail.ru

### **Аннотация**

Авиационная отрасль промышленности, в отличие от других отраслей, предъявляет более строгие требования к используемым деталям: надежность, энергоэффективность, работа в сложных условиях, малый вес, большой ресурс, работа без технического обслуживания.

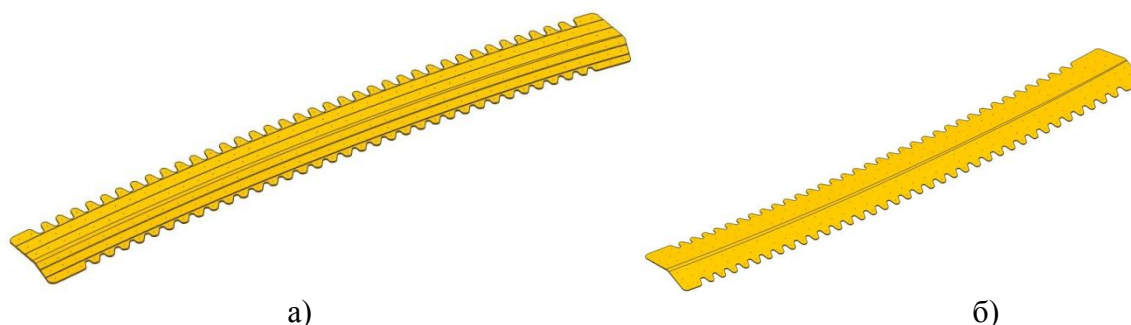
### **Ключевые слова:**

механическая обработка

Основными требованиями при изготовлении деталей авиационной промышленности являются:

- изготовление изделий заданного качества в соответствии с программой выпуска;
- наименьшие затраты материалов;
- минимальная себестоимость;
- высокая производительность труда.

Деталь типа накладка (рисунок 1) имеет сложную геометрическую форму. Габаритные размеры детали 2800x400 мм; верхняя и нижняя поверхности – поверхности двойной кривизны; толщина детали: 4.5, 5.5 и 7 мм.



а)

б)

Рис. 1. Изготавливаемая деталь

В настоящее время при изготовлении деталей на обрабатывающем оборудовании применяется большое количество универсальной оснастки и приспособлений: прижимы различного типа, тиски, вакуумный стол,

универсальная оснастка, базовые и вакуумные стойки и т. д. Подобные приспособления применяются для изготовления технологичных деталей.

Анализ технологичности конструкции детали типа накладка показал, что деталь является нетехнологичной: наличие поверхностей двойной кривизны, отсутствие ребер жесткости, - что представляет трудность при обработке. Поэтому способ изготовления детали с применением универсальных средств технологического оснащения неприменим.

Для изготовления данной детали было разработано и изготовлено специальное приспособление (рисунок 2), ложемент которого повторяет поверхность детали, изображенную на рисунке 1а. Основание приспособления выполнено универсальным, что позволяет его дальнейшее использование при изготовлении других деталей.

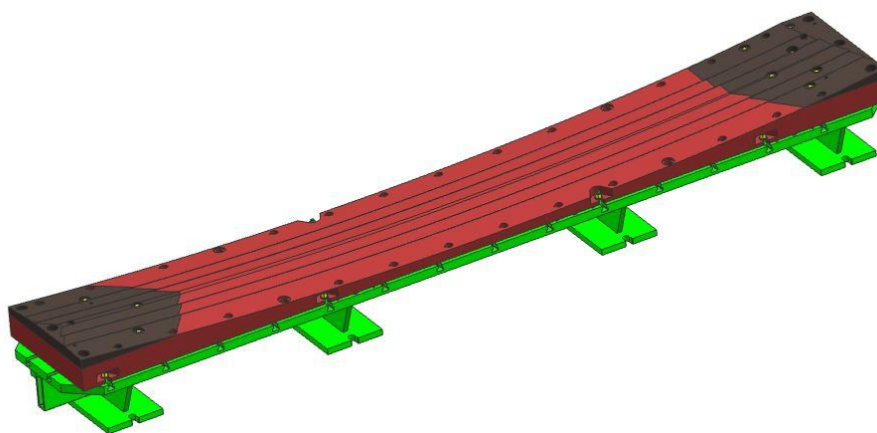


Рис. 2. Приспособление для изготовления детали

Разработанное приспособление обеспечивает равномерное и надежное зажатие заготовки, свободный подход режущего инструмента ко всем областям обработки и высокую точность базирования.

Разработка управляющей программы выполнялась в среде UnigraphicsNX8.0. Для изготовления детали использовался высокоскоростной универсальный 5-ти осевой обрабатывающий центр Handtmann UBZ NT 400/200/T3. При изготовлении детали применялся инструмент фирмы Sandvik.

Крепление заготовки к приспособлению (рисунок 3) выполняется по контуру 29 болтами с шагом 200 мм через отверстия, выполненные на установке 1. Настройка производится от двух базовых отверстий диаметром 16H9 мм.

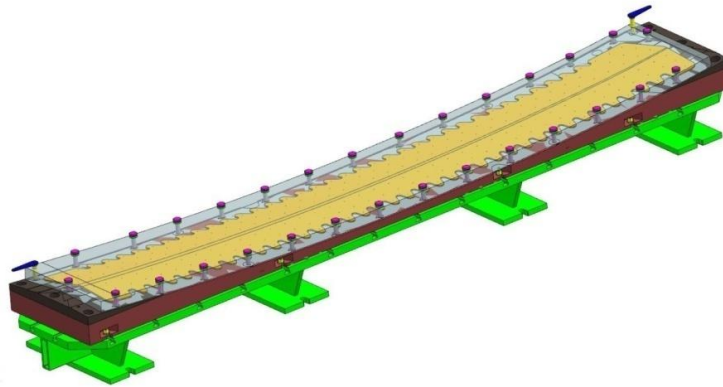


Рис. 3. Положение детали в приспособлении на установке 2

При серийном изготовлении детали окупаемость затрат на разработку и изготовление приспособления достигается через 20 изделий.

Таким образом, специальное приспособление обеспечивает надежную фиксацию заготовки и высокую точность базирования. При этом достигаются требуемое качество поверхностей, высокая точность детали и рост производительности труда.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Технология производства летательных аппаратов. Механическая обработка деталей на металлорежущих станках. Методические указания. – Новосибирск, 1994.
2. Технология машиностроения: Учебник для техникумов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М., Высш. Шк., 1984. – 416 с., ил.
3. Вращающиеся инструменты. Режущие инструменты от SandvikCoromant. АВ SandvikCoromant, 2012. – 1022 с.

### **STUDY OF CRYOGENIC HARDENING OF CUTTING TOOL**

Ryngach N.A., email: ryngach@corp.nstu.ru  
Osokin I.V., e-mail: osokin.ivan.nstu@mail.ru  
Novosibirsk state technical university

#### **Abstract**

This article describes the problem of improving stringent of the aircraft parts: their reliability, energy efficiency, working in difficult conditions, light weight, long life, maintenance-free operation. The purpose of this paper is design of the toolin for machine treatment.

Keywords  
machiningtooling

## СОКРАЩЕНИЕ ПОТЕРЬ ЗА СЧЕТ БЫСТРОЙ ПЕРЕНАЛАДКИ

*Снегирев Вадим Андреевич, Астафуров Николай Николаевич  
магистрант;*

*Научный руководитель: канд. экон. наук., доцент Щербакова  
Наталья Александровна*

Новосибирский государственный технический университет, 630073,  
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8- (383)-346-20-45

*Снегирев В.А., email [Snegirev.v93@mail.ru](mailto:Snegirev.v93@mail.ru)*

*Адрес для корреспонденции: Снегирев Вадим Андреевич, Новосибирский  
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.  
Карла Маркса, 20, тел. 8- (383)-346-20-45*

**Аннотация.** На сегодняшний день в санкционных условиях предприятия вынуждены вести гибкую политику управления основными фондами. Затраты на ремонт дорогостоящего производственного оборудования составляют значительную часть в балансе расходов. Именно поэтому целесообразно использовать малозатратную методику SMED. Данная методика является частью концепции бережливого производства, которая применяется на предприятии ООО «Полюс». Для информационной наглядности в работе приведена бизнес-модель промышленного предприятия ООО «Полюс» с целью внедрения синхронизированного производства. При проводимом исследовании были выявлены «узкие» места производственного процесса, составлен хронометраж с целью их устранения, разработаны рекомендации и представлены высшему руководству компании для реализации разработанного решения.

**Ключевые слова:** бизнес-модель; производственное предприятие; моделирование; концепция; бережливое производство; быстрая переналадка; методика; бизнес-процесс.

В статье представлены результаты проводимого исследования для моделирования последовательности изменений свойств объекта в программе BPWin в рамках рассматриваемого бизнес-процесса на примере работы производственного предприятия ООО «Полюс».

Бизнес-процесс — это регулярно повторяющаяся последовательность взаимосвязанных мероприятий (операций, процедур, действий), при выполнении которых используются ресурсы внешней среды, создается ценность для потребителя и выдается ему результат [5].

Потребитель может быть, как внешним, так и внутренним по отношению к организации. Внешний потребитель — это потребитель, который не входит в

состав данной организации, а внутренний — тот потребитель, который находится в рамках данной организации.

Важно знать потребителя бизнес-процесса потому, что именно он явным или неявным образом задает требования к процессу и, следовательно, может оказывать влияние даже на сам факт существования конкретного процесса.

У бизнес-процесса должен быть единый менеджер, который управляет процессом и отвечает за его результат. На практике часто бывает (это характерно для крупных компаний), что у бизнес-процесса есть так называемые владелец и менеджер процесса. Обе эти фигуры отвечают за результаты, но при этом владелец процесса обладает полномочиями изменять сам порядок выполнения процесса, а менеджер процесса осуществляет оперативное управление [1,2].

Важным является процесс «Материально-техническое обеспечение». Менеджером процесса является начальник отдела снабжения — должностное лицо, непосредственно участвующее в процессе и отвечающее за результат. А владельцем процесса является заместитель генерального директора по закупкам — фигура вышестоящая и, что называется, «с весом». Знать, кто является менеджером и владельцем процесса, надо как минимум потому, что именно у этих людей потребуется собирать информацию о текущем состоянии процесса и согласовывать с ними предполагаемые изменения [6].

Основу многих современных методологий моделирования бизнес-процессов составили методология SADT (Structured Analysis and Design Technique — метод структурного анализа и проектирования), семейство стандартов IDEF (IcamDEFinition, где Icam - это Integrated Computer-Aided Manufacturing) и алгоритмические языки.

IDEF3 (англ. IntegratedDEFinitionforProcessDescriptionCaptureMethod) — методология моделирования и стандарт документирования процессов, происходящих в системе. Метод документирования технологических процессов представляет собой механизм документирования и сбора информации о процессах. IDEF3 показывает причинно-следственные связи между ситуациями и событиями в понятной эксперту форме, используя структурный метод выражения знаний о том, как функционирует система, процесс или предприятие. Описание потоков работ (WorkFlowModeling). Стандарт IDEF3 предназначен для описания рабочих процессов и близок к алгоритмическим методам построения блок-схем [1, 3]. Соответствующая бизнес-модель для исследуемого ООО «Полюс» приведена на рисунке 1.

Данная бизнес-модель построена для предприятия «Полюс» с целью выявления «узких» мест организации при проводимой плановой переналадке экструдера. Одной из методик бережливого производства является методика SMED или, другими словами, быстрая переналадка (Single-MinuteExchangeofDie - англ. одноминутная замена штампов) - это концепция организации процесса переналадки/переоснастки оборудования, позволяющая значительно сократить затраты времени при переналадке оборудования.

В основе методов SMED/OTED лежит открытое в 50-х годах XX в.



СигеоСинго разделение процесса переналадки на два типа операций [7]:

- внутренние операции переналадки (IED - InternalExchangeofDie) - операции, которые можно выполнить только на остановленном станке (в нашем случае это монтаж станка или чистка шнека);
- внешние операции переналадки (OED - OuternalExchangeofDie) - операции, которые можно выполнить, когда станок еще работает (для ООО «Полюс» в данном случае - это транспортировка сырья к экструдеру).

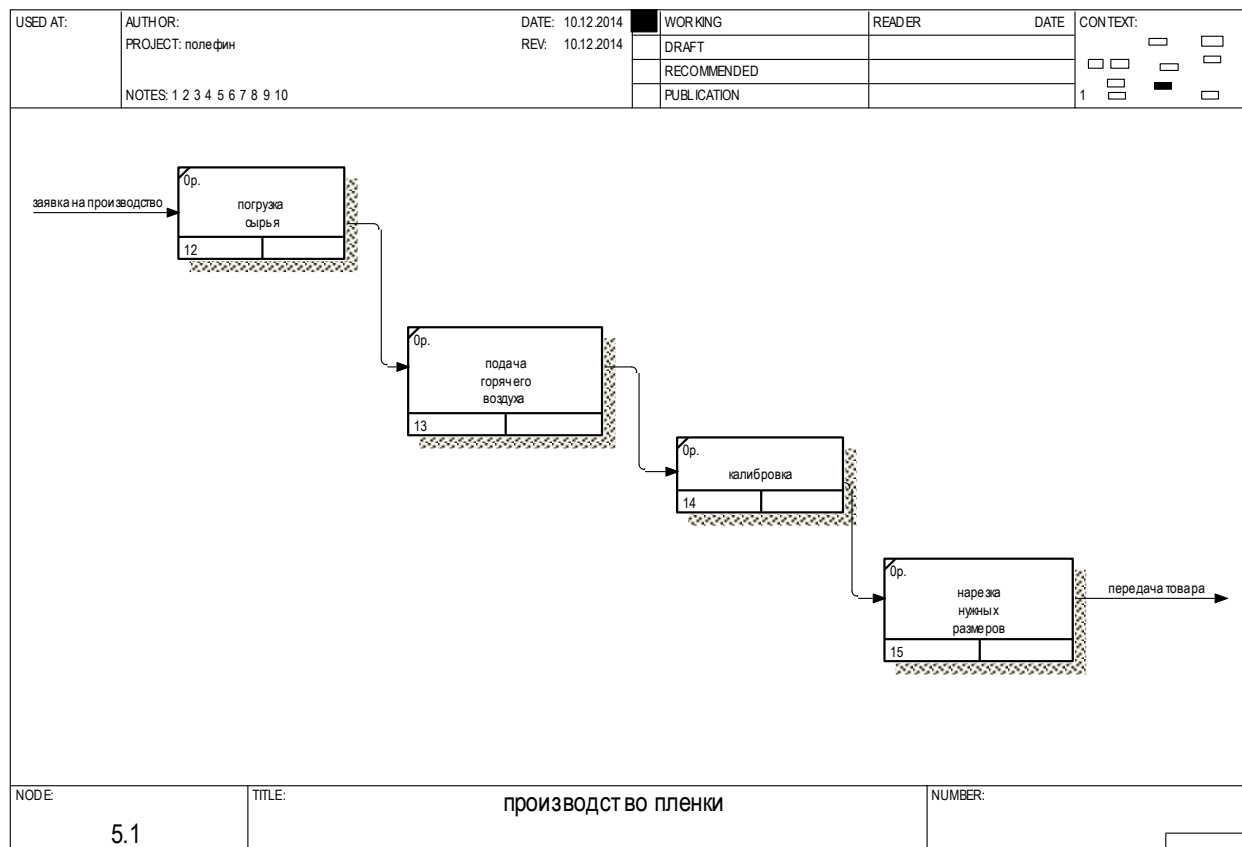


Рис. 1. Информационная бизнес-модель производства пленки на ООО «Полюс»

Исследование было направлено на применение описанной выше методики SMED на производственном предприятии ООО «Полюс». Для реализации методики изучен и наглядно представлен в программе BPWin бизнес-процесс производства полиэтиленовой продукции. Составлен хронометраж, который позволил выявить потери времени, возникающие при переналадке, и устранить лишние действия для более продуктивной работы предприятия. Разработанные рекомендации по внедрению быстрой переналадки представлены высшему руководству организации и приняты к реализации. Посчитан экономический эффект от внедрения методики SMED. Продолжается работа по выстраиванию синхронизированного производства. Так же планируется применения основных методик бережливого производства как 5S, построение карт процесса, диаграммы Парето.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маклаков СВ. ВРWin, ERWin. CASE-средства разработки информационных систем. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1999.
2. Марка Д.А., МакГоуэн К. SADT — методология структурного анализа и проектирования. - М.: Метатехнология, 1993.
3. ВРwin Methods Guide. - Logic Works Inc., 1997.
4. Корпоративный менеджмент [Электронный ресурс] – URL: <http://www.cfin.ru/vernikov/idef/idef3.shtml> (дата обращения 12.03.2016).
5. Щербакова Н.А. Надежность производственной системы и ее обеспечение // Теоретические и прикладные аспекты современной науки.г. Белгород. - 2015. - № 9-6. - С. 188-190.
6. Щербакова Н.А. Организация производства и надежность производственных систем // Наука и практика организации производства и управления (Организация–2015) : материалы междунар. науч.-практ. конф., Барнаул, 6–8 мая 2015 г. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2015. – С. 264–267.
7. СингоСигео. Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства.- М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2006.-312 с.

### Reduction of losses by using quick changeover

*Snegirev Vadim Andreevich, Master's Degree Student*

*Research adviser: Cand.Econ.Sci, A.P. Shcherbakova Natalia  
Alexsandrovna*

Novosibirsk State Technical University, 630073  
Russia, Novosibirsk, prospektK.Marksa, 20, phone (923)-133-30-79  
*Snegirev V.A.*, email [Snegirev.v93@mail.ru](mailto:Snegirev.v93@mail.ru)

*Address for correspondence: Snegirev Vadim Andreevich*

Novosibirsk State Technical University, 630073  
Russia, Novosibirsk, prospektK.Marksa, 20, phone (923)-133-30-79

**Abstract.** Today, in sanction conditions, enterprises are forced to conduct a flexible asset management policy. The cost of repair of expensive production equipment presents a significant portion of costs in the balance sheet item. That is why it is advisable to use a low-cost method of SMED. This procedure is part of the concept of lean manufacturing, which is used in the company ООО "Полюс." The business model of industrial enterprise ООО "Полюс" is presented in order to introduce a synchronized production.

**Keywords:** business model; manufacturing enterprise; modeling; concept; lean manufacturing; quick changeover; methodology; business process.

## КАРТЫ РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОБЛЕМ

*Сторож Иван Алексеевич<sup>1</sup>, Ряковский Сергей Михайлович<sup>2</sup>, Курлаев Николай Васильевич<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Новосибирский Государственный Технический Университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса 20

<sup>2</sup>Авиационная холдинговая компания «Сухой», 125284, Россия, г. Москва, ул. Поликарпова 23Б

*Сторож И. А.*, e-mail [Storozh@mail.ru](mailto:Storozh@mail.ru)

*Ряковский С.М.*, e-mail [Recruit1947@mail.ru](mailto:Recruit1947@mail.ru)

*Курлаев Н.В.*, e-mail [Kurlaev@corp.nstu.ru](mailto:Kurlaev@corp.nstu.ru)

### Аннотация

Предметом данной статьи является один из методов решения проблем – карта решения проблем. Данный метод эффективно используется на крупных производственных предприятиях всего мира, позволяя сотрудникам не только принимать участие в достижении производственных планов, но и оптимизировать работу своего участка или всего цеха. Статья описывает преимущества использования данного инструмента и получаемый эффект. Даны рекомендации по выработке критериев написания карт решения проблемы, а также приведен пример заполнения карты с учетом таких критериев. Объектом для внедрения такого метода стал один из цехов авиационного предприятия.

### Ключевые слова

Бережливое производство; Lean; инструменты решения проблем; 5 почему; карта решения проблем; оптимизация бизнес-процессов; операционная эффективность.

Современные авиационные предприятия работают на очень динамичном рынке с высокой конкурентной борьбой. При этом непрерывно происходят доработки существующих конструкций планера и агрегатов, а также постоянно разрабатываются новые. В таких условиях жизненно важным для предприятия является не только внедрить в производственный процесс новые разработки, но и уменьшить негативный эффект от этих внедрений. Кроме стандартных методов планирования изменений и обучения изменениям сотрудников, существует ряд необычных инструментов, помогающих снизить эффект от внедрения. К таким инструментам можно отнести карты решения производственных проблем (КРП).

КРП позволяют работнику на участке зафиксировать проблему и подробно ее описать. Производственному мастеру, начальнику участка или

начальнику цеха (в зависимости от уровня проблемы) карты помогают найти коренную причину появления проблемы, дать рекомендации о ее устранении и отследить ход устранения проблемы. Предприятию КРП позволяют снизить время решения проблемы и устранить причину ее появления, исключив повторное возникновение отклонения. Карта является бумажным карбонизированным (копировальным) бланком с одной копией.

КРП можно условно разделить на пять частей (*Рис. № 1*). В первой ее части автору необходимо описать исходную информацию о проблеме или отклонении: дату возникновения, фамилию и инициалы автора, цех и участок возникновения, подробное описание проблемы и предпринятые оперативно меры по ее устранению. Во второй части производственный мастер совместно с автором карты проводят анализ коренной причины возникновения проблемы или отклонения с помощью инструмента бережливого производства «5 почему» [1]. В третьей части КРП производственный мастер дает рекомендации по устранению проблемы или отклонения на основании проведенного во втором разделе анализа коренной причины. В четвертой части карты производственный мастер совместно с лицами, ответственными за устранение, заполняют план мероприятий по устранению отклонения или проблемы с указанием ответственного и срока реализации каждого мероприятия. После реализации всех запланированных мероприятий и устранения проблемы, в заключительной пятой части КРП, автору необходимо подтвердить устранение проблемы, поставив свою подпись. Таким образом автор соглашается с тем, что его устраивает решение описанной им проблемы, а также с тем, что проблема не появится повторно.

Для монтажника на участке или слесаря у станка КРП является инструментом, помогающим сообщить руководству о возникшей проблеме. А также инструментом, позволяющим сосредоточиться на своей непосредственной работе, а не на решении проблем, лежащих вне поля его компетенций. Мастер участка с помощью КРП может не только найти коренную причину возникновения проблемы, но разработать мероприятия, исключающие повторное появление проблемы. Таким образом, мастер производственного участка может влиять на выполнение производственного плана своего участка не только в течение одной смены, но и в долгосрочной перспективе.

Для контроля решения проблемы производственному мастеру необходимо после заполнения четвертой части «План решения проблемы» оторвать копию от бланка и передать заполненный бланк ответственному за решение проблемы. Копию бланка мастер оставляет у себя для ежедневного анализа КРП с подходящим сроком реализации мероприятий. После того, как все мероприятия карты успешно реализованы, мастер участка забирает оригинал заполненного бланка у ответственного за решение проблемы и подписывает его у автора КРП. Таким образом, автор соглашается с тем, что проблема решена успешно, а реализованные мероприятия помогут избежать появления проблемы повторно.

<b>Карта решения проблемы</b>							
Дата	22.03.16	Фамилия И.О	Архипов Я.С.	Цех №	3	Участок	Мех обработки
Описание проблемы		Во время обработки детали № 43-3-18 произошла деформация верхней бобышки. В станке была установлена фреза № 63-17. Согласно программе обработки скорость вращения шпинделя была установлена на 7 300 об/мин, а рабочая подача 650 мм/мин. Материал заготовки, в соответствии со спецификацией, В96Ц1.					
Оперативное устранение		Для исключения простоя станка DMU - 3, вместо обработки детали № 43-3-18, была установлена деталь № 43-3-06, которая стояла следующая в сменном задании.					
Первое "Почему"		Подобраны не правильные режимы обработки					
Второе "Почему"		Не произведено моделирование фрезерования на компьютере					
Третье "Почему"		Технолог забыл провести моделирование					
Четвертое "Почему"		При написании программы обработки есть такая возможность					
Пятое "Почему"		Опция не предусмотрена производителем ПО					
Рекомендации по устранению		1. Произвести моделирование обработки детали № 43-3-18 и подобрать оптимальные режимы обработки;					
		2. Доработать ПО, сделав моделирование обработки деталей обязательной опцией					
<b>План решения проблемы</b>							
Мероприятие				Ответственный		Дата выполнения	
Провести моделирование обработки детали				Кондратьев А.Н.		23.03.16	
Изменить программу обработки в соответствии с результатами моделирования				Кондратьев А.Н.		23.03.16	
Доработать ПО, сделав моделирование обязательным этапом				Слюняев А.Ю.		30.03.16	
<b>Проблема решена успешно</b>							
Автор		Архипов Я.С.					28.03.16
		Фамилия И.О.			Подпись		Дата устранения

Рисунок 1. Карта решения проблемы

Для безусловного выполнения процедуры с использованием КРП необходимо ввести критерии написания карт. Данные критерии будут индивидуальны для каждого цеха или даже участка, а могут быть и одинаковы для всего завода. Примером такого критерия может служить невыполнение производственного плана. Так, если план участка или цеха не выполнен, то начальнику участка или цеха необходимо определить какие проблемы повлияли на выполнение производственного плана и на каждую из таких

проблем заполнить бланк КРП.

Карты решения проблем позволяют не только сократить срок устранения проблемы, они также снижают негативный эффект от внедрения новых изменений, обеспечивая более высокую эффективность работы участка или всего цеха. Карты являются инструментом, помогающим устранять не только проблему или ее следствие, но и находить причину возникновения проблемы, таким образом исключить ее повторное появление. При использовании КРП автор проблемы, подробно описывая ситуацию, а также находя коренную причину, совместно с мастером участка, снижают эффект от кривой обучаемости [2] при внедрении новых изменений, подробно разбирая ситуацию возникновения проблемы.

После реализации программы по внедрению КРП на одном из предприятий снизилось количество отклонений, увеличился процент выполнения производственного плана и вовлеченность персонала в процессы предприятия. Инструмент помогает всем участникам процесса, поскольку развивает их компетенции, обеспечивает сбор необходимой информации для успешного решения проблемы и исключает неквалифицированное решение проблем на местах.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Лайкер Дж.К. ДАО Toyota. 14 принципов менеджмента ведущей компании мира.// Альпина Бизнес Букс. – 2009. – 402 с.
2. Ritter, F. E., Schooler, L. J. The learning curve. In International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences.// Amsterdam: Pergamon (англ.). – 2002. 8602-8605 с.
3. Лайкер Д., Майер Д. Талантливые сотрудники: Воспитание и обучение людей в духе ДАО Toyota. / – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 294 с.

## CARDS OF THE PRODUCTION PROBLEMS SOLUTIONS

*Ivan A. Storozh*

Ph.D. student, [Storozh@mail.ru](mailto:Storozh@mail.ru)

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

*Sergey M. Ryakovskiy,*

Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Advisor of the Vice General  
Director for HRRecruit1947@[mail.ru](mailto:mail.ru)

JSC Sukhoi Company, 125284, Russia, Moscow, Polikarpov 23B

*Nikolay V. Kurlaev*

D.Sc. (Engineering), Associate Professor, Vice Head of  
department [Kurlaev@corp.nstu.ru](mailto:Kurlaev@corp.nstu.ru)

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

### **Abstract**

The subject of this article is the method of problem solving - the card of problem solving. The card can be divided into five parts. The first part is a description of baseline information about this problem: the date of occurrence, the author, department and a detailed description of the operational measures. The second part is a root cause analysis of the problem. The third part is a recommendation of fixing problem based on the analysis from the second part. The fourth part is action plan to solve this problem. The fifth part is the validation of results. This method is effectively used in production plants around the world. It allows employees to be involved in the achievement of production plans and site optimizations. This article describes the benefits and effects from using this tool. Author gives some recommendations to development of criteria for writing card of problem solving. Moreover, paper gives an example for filling the card based on such criteria. The object for the implementation of this method has become one of the aviation sites.

### **Keywords**

Lean; Tools for problem solving; 5 why; Cards of the solution problems; Optimization of business processes; Operational efficiency.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОНКОЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКОЙ

*Ушаков Александр Сергеевич, аспирант; Бобин Константин Николаевич, к.т.н.*  
Новосибирский государственный технический университет, 630073,  
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20  
jeridy@mail.ru

### **Аннотация**

В рамках статьи проведен анализ особенностей обработки металлов. Сформулированы ключевые недостатки традиционных методов обработки металлов. Раскрыта суть эффекта сверхпластичности металлов. Рассмотрены возможности достижения данного эффекта. Проведен обзор данных по сверхпластическому деформированию при магнитно-импульсной обработке.

### **Ключевые слова**

Магнитно - импульсная обработка; сверхпластичность

С каждым годом форма деталей летательных аппаратов все сильнее усложняется, а требования к качеству деталей растут. Изза этого применение традиционных технологий изготовления деталей путем использования исключительно механических усилий, таких как штамповка, обтяжка, обжим становится все менее применимым. Зачастую главной проблемой применения традиционных технологий изготовления деталей становится недостаточная пластичность металлов, которая частично решается нагревом заготовки. Однако и это не всегда помогает. При достаточно высоких механических нагрузках происходит образование микротрещин, а затем и разрыв металла заготовки. Перспективным решением проблемы может являться применение методов изготовления, которые позволяют переводить материал в режим сверхпластичности и получать большие деформации без разрушения деталей.

Сверхпластичность металлов и сплавов внешне проявляется в форме аномально большого удлинения (порядка  $10^2 \div 10^3$  %) при малых значениях напряжений пластического течения (порядка  $10^0 \div 10^1$  МПа). Установлены два типа сверхпластичности: структурная (изотермическая) сверхпластичность материалов с ультрамелким зерном и сверхпластичность превращения, обусловленная фазовым превращением [1]. Причиной возникновения сверхпластичности металлов и сплавов при изменении фазового состава является переход к зернограничному проскальзыванию как превалирующему механизму пластической деформации [2], хотя в определенной степени существует и внутризеренное дислокационное скольжение [3].

Как известно, с повышением температуры и с повышением скорости



деформирования возможно добиться оптимальных режимов сверхпластического деформирования [4]. Также общеизвестен факт, что при высокоскоростном пластическом деформировании, в частности импульсным магнитным полем, наблюдается повышение пластичности. В работах [5, 6] дается объяснение увеличению пластичности при магнитно-импульсной штамповке за счет увеличения скорости движения дислокаций по сравнению со статическими методами деформирования. Возникает предположение, что при определенном нагреве деформируемой заготовки применением магнитно-импульсной обработки можно проводить сверхпластическое деформирование заготовки. В работах Батыгина Ю.В. [7, 8] рассматривается возникновение эффекта сверхпластичности при магнитно-импульсной штамповке, в частности приводятся результаты исследований в которых относительные деформации деталей достигали до 200%, однако данные о результатах исследований крайне малы и носят случайный экспериментальный характер.

Таким образом, обзор данных по сверхпластическому деформированию металлов и сплавов при магнитно-импульсной обработке показывает возможность существования такой технологии и перспективность дальнейших исследований по данной тематике.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Белокопытов В.И., Константинов И.Л., Загиров Н.Н. Конспект лекций по дисциплине "Особые виды штамповки". – Красноярск: СФУ, 2008. - 150 с.
2. Научные открытия в микро-и нанотрибологии. Феноменологические основы квантовой теории трения, сверхпластичности и сверхпроводимости [электронный ресурс] - Режим доступа: [http://mf.pskgu.ru/projects/pgu/storage/wt/wt143/wt143\\_03.pdf](http://mf.pskgu.ru/projects/pgu/storage/wt/wt143/wt143_03.pdf) - Загл. с экрана.
3. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1990. — 528 с.
4. Кайбышев О.А. Сверхпластичность промышленных сплавов.—М.: Металлургия, 1984. – 264с.
5. Хардин В.Б. О возможности взаимодействия дислокаций с электронным потоком в процессе действия сильных импульсных токов. / В.Б. Хардин // Теория и технология обработки металлов давлением: Межвузовский сборник. / Вып. 71. Куйбышев, 1975. с. 86-90.
6. Хардин В.Б., Лысенко Д.Н. Исследование изменения структуры и свойств некоторых сплавов при их пластическом деформировании импульсным магнитным полем / В.Б. Хардин, Д.Н. Лысенко // Вопросы технологии производства летательных аппаратов: сб. науч. тр. / Вып. 41. Куйбышев, 1970. с. 33-36.
7. Головащенко С.Ф., Серіков Г.С., Батыгин Ю.В. Магнитное поле и давления возбуждаемые одновитковым индуктором в угловом изгибе заготовки // Електротехніка і електромехніка - 2006. - №6. - С. 66-70.
8. Батыгин Ю.В., Гнатов А.В., Турненко А.Н. Импульсные магнитные поля для

прогрессивных технологий. Том 3 Теория и эксперимент притяжения тонкостенных металлов импульсными магнитными полями: Монография - Харьков: ХНАДУ, 2009. - 240 с.

### **Production thin-sheet details of aircraft by magnetic-pulse processing**

Ph.D. student Ushakov Alexander Sergeyeovich, e-mail: jeridy@mail.ru  
Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20

Ph.D. Bobin Konstantin Nikolaevich, e-mail: yabkn@yandex.ru  
Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20

*Abstract:* In this article the analysis of features of processing metals is carried out. Key shortcomings of traditional methods of processing of metals formulated. The essence of effect of hyper plasticity of metals is opened. The possibilities of achievement of effect of superplasticity are considered. The review of data on superplasticity deformation at magnetic-pulse processing is carried out.

*Keywords* - magnetic - pulse processing; superplasticity

УДК 621.787.6

### **УПРОЧНЯЮЩЕ-ЧИСТОВАЯ ОБРАБОТКА ВНУТРЕННИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ**

*Ходжаев Рустам Рустамович*

«Новосибирский государственный технический университет», 630073, Россия, г.  
Новосибирск, пр-т Карла Маркса, 20  
E-mail: matsur2608@mail.ru

В рамках данной работы рассматривается упрочняюще-чистовая обработка внутренних цилиндрических поверхностей ультразвуковым инструментом. Данный инструмент представляет собой совокупность двух волноводов, преобразующих продольные механические колебания в изгибные. Спроектированный инструмент позволяет обрабатывать отверстия диаметром от 10 мм и глубиной до 100 мм. Применение ультразвуковой упрочняюще-отделочной обработки обеспечивает повышение износостойкости обрабатываемых поверхностей. Это достигается за счет формирования регулярного микрорельефа с низким параметром шероховатости и

деформационного упрочнения.

**Ключевые слова:** инструмент для ультразвукового пластического деформирования, волновод, колебания, отверстие.

## 1. Введение

В современном машиностроении широкое внимание уделяется повышению долговечности и износостойкости деталей машин. Как правило, выполнение технических требований, предъявляемых к деталям с целью обеспечения эксплуатационных свойств детали, достигаются на финишных этапах технологического процесса обработки.

Применение ультразвукового пластического деформирования (УЗПД) в качестве финишной операции показало свою эффективность при обработке деталей из металлических материалов различной твердости [1- 3]. При УЗПД на поверхности деталей возникает характерный микрорельеф, с упрочнением поверхностного слоя [4, 5].

УЗПД заключается в приложении многократной ударной нагрузки к обрабатываемой поверхности, при этом за единичный удар деформируется лишь небольшой ее участок, поэтому необходимо задавать относительное перемещение инструмента и детали.

В данной работе рассматривается случай, когда УЗПД осуществляется по схеме токарной обработки цилиндрических поверхностей (рис. 1). При такой схеме обработки детали сообщается вращательное движение со скоростью ( $V$ , м/мин), а инструменту поступательное ( $S$ , мм/об). Инструмент колеблется с частотой ( $f$ , Гц), амплитудой ( $A$ , мкм) и на него действует статическое усилие ( $P_{ст}$ , Н).

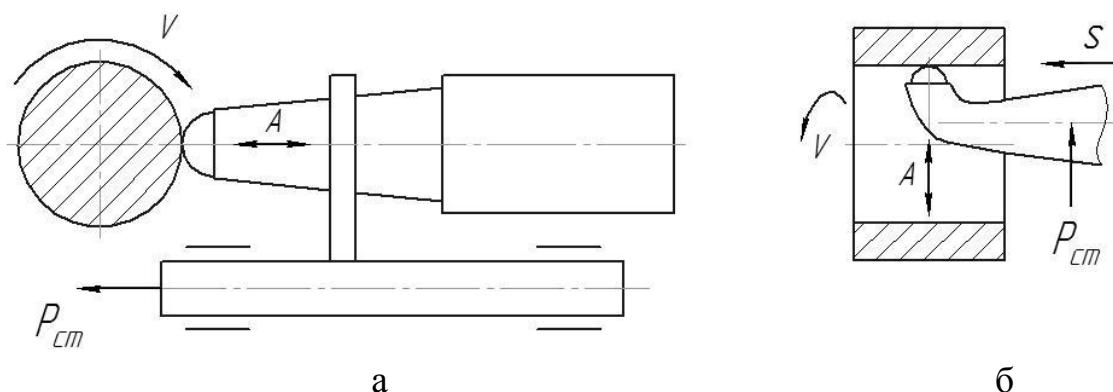


Рис. 1. Схемы обработки цилиндрических поверхностей:  
а) наружных; б) внутренних

Целью данного исследования является разработка инструмента для УЗПД при обработке отверстий.

## 2. Методика проведения исследования

Исследование планируется проводить на базе установки описанной в работе [6]. Установка создана на базе токарно-винторезного станка 1А616 и предназначена для обработки методом ультразвукового пластического деформирования наружных цилиндрических и торцовых поверхностей. Описанный в работе [6] инструмент не позволяет производить обработку внутренних поверхностей. В отличие от имеющегося инструмента, у которого деформирующий элемент располагается на торце, разрабатываемый инструмент необходимо изготовить таким образом, чтобы деформирующий инструмент имел доступ к обрабатываемой поверхности внутри отверстия.

На рис. 2 показано, что предлагаемый инструмент представляет собой соединение из двух волноводов. Первый волновод (поз.1), в котором под воздействием переменного магнитного поля при магнитоstrictionных преобразователях возникают продольные колебания, имеет отверстие. Второй волновод (поз. 2) плотно (без зазора) посажен в указанное отверстие и поджат винтом (поз. 3), что обеспечивает передачу колебаний от первого волновода второму. При этом благодаря физическим особенностям передачи колебаний между двумя перпендикулярно расположенными стержнями происходит преобразование продольных колебаний в изгибные. Деформирующий элемент (поз.4) следует располагать в точке с наибольшей амплитудой колебаний (пучности).

Диаметр и глубина обрабатываемого отверстия в этом случае ограничиваются размерами второго волновода

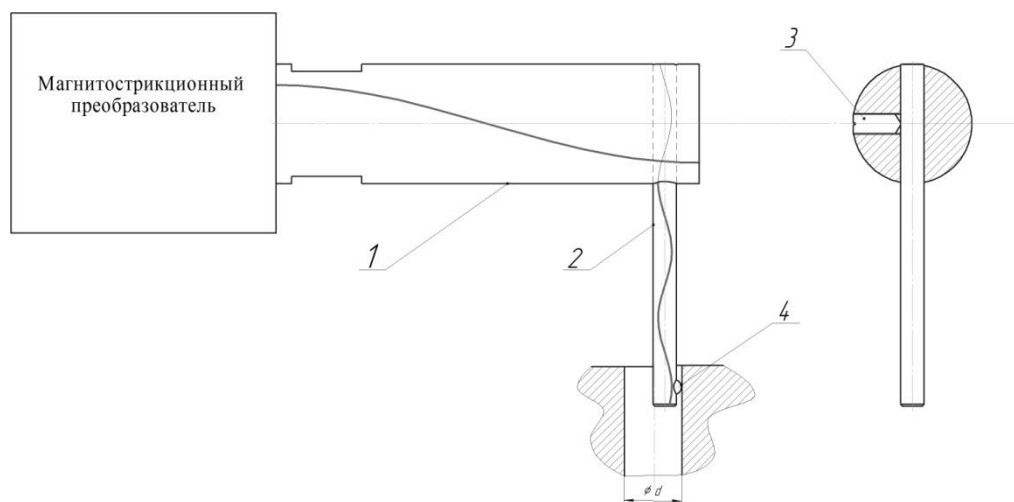


Рис. 2. Инструмент для ультразвуковой обработки отверстий

### 3. Результаты и обсуждения

На данный момент спроектирован и находится в процессе изготовления инструмент для ультразвуковой обработки. Длина вылета инструмента позволяет обрабатывать отверстия глубиной до 100 мм и диаметром от 10 мм. В качестве деформирующего элемента используется стальной шарик диаметром 4 мм.

Данным инструментом можно обрабатывать как внутренние, так и

наружные цилиндрические поверхности.

#### **4. Выводы**

В соответствии с поставленной целью спроектирован инструмент для ультразвуковой обработки внутренних цилиндрических поверхностей. Применение данного инструмента позволит производить обработку отверстий диаметром от 10 мм и глубиной до 100 мм. В дальнейшем планируется установить величину амплитуды колебаний деформирующей части инструмента, после чего произвести обработку и проанализировать взаимосвязи между режимами обработки данным инструментом и параметрами качества обработанной поверхности. Это позволит дать рекомендации по назначению режимов обработки при разработке технологических процессов.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Рахимьянов Х. М., Семенова Ю. С. Прогнозирование геометрического состояния поверхности цилиндрических деталей из стали 45 при ультразвуковом поверхностном пластическом деформировании // *Обработка металлов: Технология. Оборудование. Инструменты.* – 2011. – № 3 (52). – С. 11–17.
2. Рахимьянов Х. М. Условия образования волнистости поверхности при ультразвуковом пластическом деформировании металлических материалов / Х. М. Рахимьянов, Ю. В. Никитин, Ю. С. Семенова // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты).* - 2012. - №1 (54). - С. 4-9.
3. Surface State Control by Ultrasonic Plastic Deformation at the Final Machining Stage / К. М. Rakhimyanov, I. S. Semenova // *Materials and Manufacturing Processes.* - 2016. - 31 (6) - p. 764-769 - DOI: 10.1080/10426914.2015.1058948.
4. Технологическое обеспечение геометрических параметров качества поверхности при ультразвуковом пластическом деформировании / Х. М. Рахимьянов, Ю. С. Семенова // *Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты.* - 2012. - № 3 (56). - С. 33-36.
5. Technological peculiarities providing the surface quality parameters at ultrasonic surface hardening / К. Rakhimyanov, J. Semyonova, A. Eryomina // *Applied Mechanics and Materials.* - 2015. – Vol. 698: Electrical Engineering, Energy, Mechanical Engineering, EEM 2014. – P. 482-486
6. Установка для ультразвукового пластического деформирования по токарной схеме / Х. М. Рахимьянов, Ю. С. Семенова, М. А. Третьяков // *Наука. Технологии. Инновации // Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых в 7-ми частях.* Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. Часть 3. С. 44-46.

## **The finishing machining of internal cylindrical surfaces by ultrasonic hardening**

*Khodzhaev Rustam Rustamovich, bachelor student, e-mail: matsur2608@mail.ru  
Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,  
630073, Russia*

**Abstract** The finishing machining of internal cylindrical surfaces by ultrasonic instrument is considered. This tool is a combination of the two waveguides that convert mechanical vibrations from the longitudinal to flexural one. The tool been designed allows to machine holes with diameter from 10 mm and larger and with a depth of 100 mm. The use of ultrasonic surface hardening enhances the durability of machined surfaces. It can be achieved through the formation of regular microrelief with low roughness parameters and strain hardening. Further research focuses on the study of the quality parameters of surfaces machined with the proposed instrument, depending on the applied treatment regimens. It involves measurement of micro-hardness and roughness of the treated surfaces. It is planned to establish the dependence of these parameters on the applied treatment regimens.

**Key words:** tool for ultrasonic surface hardening, the waveguide, oscillations, hole.

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ВНЕВАКУУМНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ТИТАНОВОГО СПЛАВА VT1-0

*Чучкова Любовь Вадимовна, магистрант; Ленивцева Ольга  
Геннадьевна, к.т.н., с.н.с.; Васильева Вера Сергеевна, студент;  
Белов Александр Сергеевич, 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](mailto:L_Chuchkova@bk.ru)

*Ленивцева О.Г.*, e-mail [lenivtseva\\_olga@mail.ru](mailto:lenivtseva_olga@mail.ru)

*Васильева В.С.*, e-mail [wera.wasiljewa@yandex.ru](mailto:wera.wasiljewa@yandex.ru)

*Белов А.С.*, e-mail [niolum@mail.ru](mailto:niolum@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 металлографического анализа и оценки уровня микротвердости легированных слоев, полученных методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки порошков карбида бора на титановый сплав VT1-0. Исследование микроструктуры полученных материалов проводилось с использованием оптического микроскопа CarlZeissAxioObserver A1m. Для оценки уровня микротвердости использовался твердомер WolpertGroup 402 MVD. Анализ микротвердости показал, что при снижении скорости перемещения образца относительно выпускного отверстия толщина полученного покрытия увеличивается с 1,3 до 2,55 мм. При этом наблюдается уменьшение среднего значения микротвердости наплавленных слоев с 5050 до 4200 МПа.

### **Ключевые слова**

титан, электронно-лучевая наплавка, борид титана, карбид титана, микротвердость

### **1. Введение**

Преимуществами титана и сплавов на его основе являются отличная коррозионная стойкость, высокая удельная прочность и биологическая инертность [1]. Благодаря данным свойствам титановые сплавы широко применяются в авиа-, судо- и ракетостроении, химической промышленности и медицине.

Основными недостатками титана является низкая твердость и склонность

к схватыванию при работе в парах трения с другими материалами [2,3]. Одно из решений данной проблемы основано на формировании высокопрочных покрытий с использованием концентрированных источников энергии [4-8].

В данной работе для повышения износостойкости титана использовалась технология вневакуумной электронно-лучевой наплавки порошков карбида бора и титана. Учитывая высокую мощность и большую проникающую способность электронного луча, данный метод позволяет наплавлять порошки различного химического состава [9-12]. Кратковременность пребывания материала в расплавленном состоянии и использование защитных флюсов снижает вероятность насыщения ванны расплава атмосферными газами.

В предыдущих исследованиях авторов показана возможность получения упрочняющих слоев различной толщины [11, 13-16]. При этом в процессе наплавки синтез упрочняющих частиц возможен при прохождении следующей реакции:  $5\text{Ti} + \text{B}_4\text{C} \rightarrow 4\text{TiB} + \text{TiC}$ . Однако реакция не успевает завершиться и в наплавленном слое наблюдаются непрореагировавшие частицы карбида бора [15, 16]. Устранение данного недостатка возможно двумя путями: использованием исходного порошка с меньшим размером частиц и увеличением времени обработки пучком электронов. В данной работе был использован второй подход.

## **2. Материалы и методы исследования**

Технологические эксперименты по формированию покрытий на титановом сплаве ВТ1-0 проходили в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН с использованием промышленного ускорителя электронов типа ЭЛВ-6. 20 вес. % порошка карбида бора и 30 вес. % порошка титана равномерно перемешивались в ступке. Для защиты ванны расплава от кислорода воздуха в порошковую смесь добавляли 50 вес. % фтористых флюсов ( $\text{CaF}_2$  и  $\text{LiF}$ ). Порошковая смесь в количестве 10 г равномерно наносилась на поверхность титановой заготовки размером 12x50x100 мм и обрабатывалась пучком электронов по следующим режимам:

- энергия пучка электронов – 1,4 МэВ;
- величина тока пучка электронов – 28 мА;
- расстояние от выпускного отверстия до заготовки – 90 мм;
- частота сканирования – 50 Гц;

Изменяемым параметром обработки являлась скорость перемещения заготовки относительно выпускного отверстия. Она варьировалась от 15 до 25 мм/с с шагом в 5 мм/с для образцов 1, 2 и 3 соответственно.

Оценка уровня микротвердости по Виккерсу проводилась на микротвердомере WolpertGroup 402MVD. Нагрузка на алмазный индентор составляла 0,98 Н.

## **3. Результаты и обсуждение**

Анализ полученных образцов с использованием методов оптической микроскопии показал, что в структуре наблюдается три характерные зоны:



покрытие, зона термического влияния и зона основного металла с неизменной структурой. В наплавленном слое образца 3 обнаружены нерастворившиеся частицы карбида бора. Они преимущественно располагаются вблизи зоны термического влияния. Снижение скорости перемещения заготовок на 5 мм/с приводит к повышению толщины наплавленного слоя с 1,3 до 1,8 мм и снижению количества нерастворившихся частиц  $B_4C$  и возникновению трещин. При наплавке порошков карбида бора и титана при скорости перемещения титановой заготовки 15 мм/с формируется качественное покрытие без пор и трещин.

Металлографический анализ наплавленных слоев показал, что упрочняющие частицы равномерно распределяются в титановой матрице. Кристаллы боридов титана выделяются в виде пустотелых гексагональных призм (рис. 1). Частицы карбида титана имеют преимущественно дендритную морфологию (рис. 1).

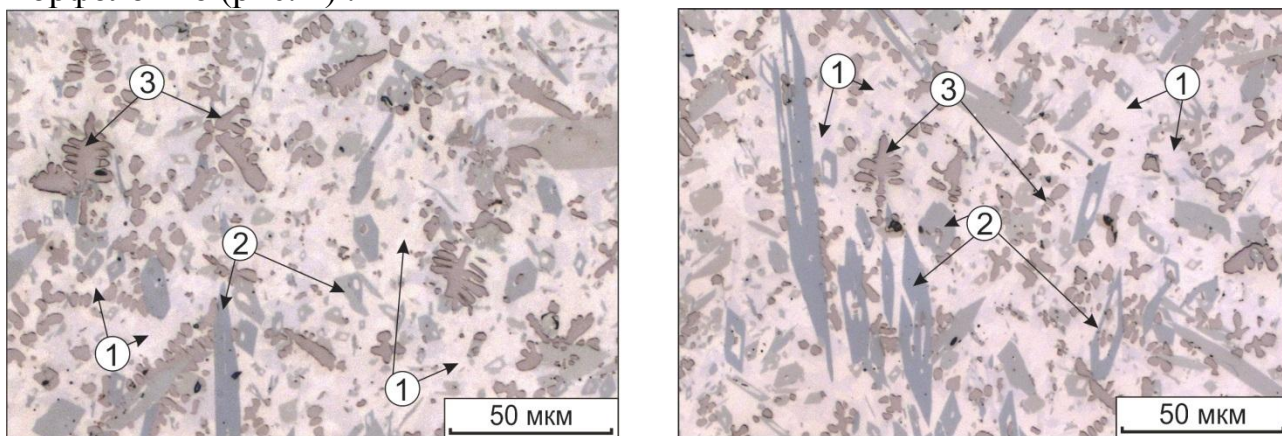


Рис. 1 Микроструктура исследуемых образцов, полученных методом вневакуумной электронно-лучевой обработки: 1 – титан; 2 – борид титана; 3 – карбид титана

Анализ микротвердости легированных слоев показал, что максимальное значение микротвердости 5050 МПа зафиксировано у третьего образца, полученного при скорости перемещения равного 25 мм/с. Уменьшение скорости перемещения приводит к увеличению степени разбавления легированного слоя металлом основы, что сопровождается снижением уровня микротвердости и повышением толщины покрытий. При скорости перемещения 15 мм/с уровень микротвердости снижается до 4200 МПа.

#### 4. Выводы

Уменьшение скорости перемещения образцов в процессе наплавки приводит к полному растворению порошка карбида бора и способствует равномерному распределению упрочняющих частиц по сечению наплавленного слоя. Одновременно наблюдается повышение толщины покрытий до 2,55 мм и снижение среднего уровня микротвердости до ~ 4200 МПа

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-33-60066мол\_а\_дк.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Leyens C., Peters M. Titanium and Titanium Alloys: Fundamentals and Applications. – Weinheim : WILEY – VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2003. – 514 p.
2. Dong H. Surface Engineering of Light Alloys. – Woodhead Publishing, 2010. – 662 p.
3. Chawla N., Chawla K. K. Metal Matrix Composites. – Springer, 2013. – 370 p.
4. Dutta Majumdar J., Manna I. Laser surface engineering of titanium and its alloys for improved wear, corrosion and high-temperature oxidation resistance, in: Laser Surface Engineering: Processes and Applications. – Elsevier, 2014. – P. 483-521.
5. Laser Gas-Assisted Nitriding of Ti Alloys / P. Schaaf, J. Kaspar, D. Höche // Comprehensive Materials Processing. – 2014. – P. 261-278.
6. Direct laser deposition of in situ Ti–6Al–4V–TiB composites / R. Banerjee, P.C. Collins, A. Genç, H.L. Fraser // Materials Science and Engineering: A. - 2003. – Vol. 387. – P. 343-349.
7. Characterization of (TiB+TiC)/TC4 in situ titanium matrix composites prepared by laser direct deposition / Y. Zhang, J. Sun, R. Vilar // Journal of Materials Processing Technology. – 2011. – Vol. 211. – P. 597-601.
8. Laser surface alloying: a bibliography / C.W. Draper, C.A. Ewing // Journal of Materials Science. – 1984. – Vol. 19. – P. 3815-3825.
9. Boride Coatings Structure and Properties, Produced by Atmospheric Electron-Beam Cladding / A. Teplykh, M. Golkovskiy, A. Bataev, E. Drobyaz, S. Veselov, E. Golovin, I. Bataev, A. Nikulina // Applications of Engineering Materials. – 2011. – Vol. 287-290. – P. 26-34.
10. Structure and Corrosion Resistance of Ti-Ta-Nb Coatings Obtained by Electron Beam Cladding in the Air-Atmosphere / A.A. Ruktuev, V.V. Samoilenko, M.G. Golkovski // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vol. 682. – P. 100-103.
11. Structure and properties of surface layers obtained by atmospheric electron beam cladding of graphite-titanium powder mixture onto titanium substrate / O. Lenivtseva, E. Golovin, V. Samoilenko, D. Mul, D. Golovin // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 1040 : High technology: research and applications. – P. 784-789.
12. Atmospheric electron-beam surface alloying of titanium with tantalum / M.G. Golkovski, I.A. Bataev, A.A. Bataev, A.A. Ruktuev, T.V. Zhuravina, N.K. Kuksanov, R.A. Salimov, V.A. Bataev // Mat SciEng a-Struct. – 2013. – Vol. 578. – P. 310-317.
13. Structure and properties of titanium surface layers after electron beam alloying with powder mixtures containing carbon / O. Lenivtseva, I. Bataev, M. Golkovski, A. Bataev, V. Samoilenko, N. Plotnikova // Applied Surface Science. - 2015. - Vol. 355. - P. 320-326. - DOI: 10.1016/j.apsusc.2015.07.043.
14. Получение износостойких покрытий на титановых сплавах методом вневакуумной электронно-лучевой обработки / О. Г. Ленивцева, В. В.

- Самойленко, М. Г. Голковский, И. А. Батаев, Р. А. Достовалов // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. - 2013. - № 3. - С. 103-109.
15. Структура и свойства покрытий системы карбид титана – борид титана – титановая матрица / О. Г. Ленивцева, В. В. Самойленко, И. А. Поляков, Л. В. Чучкова // Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций : тез. докл. междунар. конф., Томск, 21–25 сент. 2015 г. – Томск : Изд-во ИФПМ СО РАН, 2015. – С. 188-189.
16. Структура и свойства покрытий системы TiC-TiB-Ti полученных методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки / О.Г. Ленивцева, В.В. Самойленко, Л.В. Чучкова // Труды XXI Международной научной конференции студентов, аспиранты и молодых ученых «Современные техника и технологии» (СТТ-2015), 5-9 октября 2015 г. Томск. – С. 392-394.

### **Investigation of the impact of the non-vacuum electron beam treatment modes on the structure and properties of the cp-Ti**

*Chuchkova L.V. student, e-mail [L\\_Chuchkova@bk.ru](mailto:L_Chuchkova@bk.ru)*

*Lenivtseva O.G., Ph.D. (Eng.), Senior Researcher, e-mail [lenivtseva\\_olga@mail.ru](mailto:lenivtseva_olga@mail.ru)*

*Vasiliva V.S., student, e-mail [wera.wasiljewa@yandex.ru](mailto:wera.wasiljewa@yandex.ru)*

*Belov A.S., student, [niolum@mail.ru](mailto:niolum@mail.ru)*

*Novosibirsk State Technical University,*

*20 K. Marks Prospekt, 630073, Novosibirsk, Russia*

#### **Abstract**

The results of metallographic analysis and assessment of the level of microhardness of the alloyed layers obtained by non-vacuum electron beam cladding of boron carbide powders on the cp-Ti are presented. Investigation of the obtained materials microstructure is carried out using an optical microscope (Carl Zeiss Axio Observer A1m). To assess the level of micro-hardness a hard-testing machine (Wolpert Group Hardness 402 MVD) is used. Microhardness analysis showed that reducing the speed of movement of the sample with respect to the outlet leads to the increase of the coating thickness from 1.3 to 2.55 mm. At the same time a decrease in the average value of the microhardness of clad layers 5050 to 4200 MPa is observed.

**Keywords:** Titanium, electron-beam cladding, titanium boride, titanium carbide, microhardness

**Синтез и исследование титанмагниевого катализатора в  
стереоспецифической полимеризации пропилена**

***Штогрин Наталья Игоревна, студентка 2 курса, Гофман Федор  
Анатольевич***

Бердский политехнический колледж, 633004, Россия, Новосибирская  
область г. Бердск, ул. Островского 97, тел. (8383)41-5-15-60

***Штогрин Н.И., emailshogrina251197@mail.ru***

***Гофман Ф.А., emailgofmanfa@ngs.ru***

В статье проанализировано установление влияния условий синтеза ТМК на его состав и морфологию, свойства в полимеризации пропилена (активность, стереоспецифичность, морфология и текучесть расплавов полимеров). Авторы привели методику испытания титанмагниевого катализатора и проанализировали их свойства.

**Ключевые слова:** полипропилен, катализатор, стереоспецифичность, электроннодонорные добавки, стереорегулирование, носитель, синтез, донор.

Полипропилен является одним из наиболее крупнотоннажных пластматериалов. Он применяется во многих отраслях экономики, в том числе в военной и оборонной промышленности. Ключевым элементом в промышленном производстве полипропилена является катализатор. В настоящее время более 90% полипропилена в мире производится с использованием высокоактивных титанмагниевого катализатора. Дальнейшее совершенствование ТМК имеет целью как повышение активности и стереоспецифичности катализатора, так и улучшение их морфологии, которая определяет морфологию получаемых частиц порошка полипропилена (размер и форму частиц, пористость частиц и насыпную плотность порошка ПП, распределение частиц по размеру). Эти параметры являются исключительно важными для обеспечения эффективности современных процессов полимеризации.

Целью настоящей работы, которую мы проводили в институте катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, является установление влияния условий синтеза ТМК на его состав и морфологию, а также на свойства в полимеризации пропилена (активность, стереоспецифичность, морфология и текучесть расплавов полимеров).

Для достижения цели работы необходимо было выполнить следующие задачи:

- 1) приготовить титанмагниевого катализатора с дибутилфталатом в качестве внутреннего донора, варьируя условия приготовления (количество донора и время);
- 2) приготовить титанмагниевого катализатора (ТМК) с различными внутренними донорами (этилфталат (ЭА), этилбензоат (ЭБ), валерофенон (ВФ));
- 3) проанализировать состав полученных катализаторов;
- 4) испытать катализаторы в полимеризации пропилена и проанализировать свойства полученных полимеров.

Для увеличения стереоспецифичности катализаторов используются стереорегулирующие электронодонорные добавки, которые входят как в состав твердого катализатора (внутренний донор D1), так и добавляются в полимеризационную среду (внешний донор D2) вместе алкилами алюминия.

В отличие от первых систем с моноэфирами в качестве доноров, системы с диэфирами и силанами имеют более стабильную активность со временем полимеризации и более высокую стереоспецифичность (> 96 %).

Высокодисперсный  $MgCl_2$ , имеющий развитую поверхность и разупорядоченную кристаллическую структуру, является одним из наиболее эффективных носителей, используемых для приготовления катализаторов полимеризации олефинов.

Для увеличения стереоспецифичности ТМК необходимо присутствие подходящего основания Льюиса (обычно ароматические эфиры) на одной из стадий приготовления катализаторов.

Относительно роли внутреннего донора в стереорегулировании предполагается, что донор блокирует те центры на поверхности  $MgCl_2$ , которые при взаимодействии с  $TiCl_4$  приводят к образованию нестереоспецифических активных центров.

Синтез катализатора проводили в стеклянном реакторе объемом 400 мл, оснащенный механической и магнитной мешалками и глицериновой баней.

В реактор при комнатной температуре загружали смесь  $TiCl_4$ +ХБ (1:1). После этого при перемешивании загружали носитель  $Mg(OEt)_2$  из расчета мольного отношения  $TiCl_4/Mg = 13$  и выдерживали 7 мин при комнатной температуре. Затем температуру реактора поднимали до  $110^\circ C$  (до  $70^\circ C$  в случае ЭА) и вводили электронодонорное соединение (ЭБ, ЭА или ВФ) из расчета мольного отношения донор/ $Mg = 0.3$ .

Определение концентрации магния (Mg) и титана (Ti) проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП) на ИСП спектрометре OPTIMA 4300DV фирмы PERKIN-ELMER. Для определения содержания магния и титана использовали высушенный порошок катализатора.

Содержание внутреннего донора в катализаторе определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с использованием жидкостного хроматографа серии LC-20 Prominence (производство фирмы Shimadzu).

Для определения показателя текучести расплава использовали

экструзионный пластимер, измерительный узел которого состоит из экструзионной камеры, поршня, капилляра и дополнительного груза.

Насыпную плотность порошка полипропилена определяли с помощью воронки с шибром в нижней части.

Определение среднего размера частиц и распределения частиц по размеру определяли методом лазерной дифракции на лазерном анализаторе Malvern Mastersizer 3000.

Известно, что содержание внутреннего донора существенно влияет на стереоспецифичность титанмагниевого катализатора.

Целью настоящей части работы являлся поиск путей увеличения содержания ДБФ в катализаторе, для получения ТМК с повышенной стереорегулярностью.

Условия синтеза оказывают влияние на состав конечного катализатора. Наименьшее содержание ДБФ (дибутилфталата) наблюдается в катализаторах с длительным временем синтеза (эксп. 4 и 5). Таким образом, при увеличении времени синтеза происходит удаление внутреннего донора из катализатора.

Самую стабильную во времени полимеризационную кривую имеет катализатор 1850, имеющий наибольшее содержание дибутилфталата. Наибольшее снижение скорости полимеризации во времени наблюдается для катализатора 1853, который имеет наименьшее содержание дибутилфталата.

Наиболее активным является катализатор 1852 (таблица 2, эксп. 4), его средний выход составляет 11.3 кг/г кат. В целом, катализаторы 1849 – 1852 имеют близкие величины выхода (таблица 2, эксп. 1-4). Катализатор 1853 (эксп. 5), при приготовлении которого существенно увеличено время всех трех стадий, имеет наихудшую активность (5.7 кг/г кат, эксп. 5). Вероятно, увеличение времени синтеза приводит не только к удалению части внутреннего донора из катализатора, но и к гибели части активных центров.

Атактическая фракция может создавать серьезные проблемы в промышленном производстве полипропилена, поэтому необходимо стремиться свести к минимуму содержание этой фракции в полимере (величины АПП и XS). Из таблицы 2 видно, что наименьшим содержанием атактической фракции обладает ПП, полученный на катализаторах с содержанием ДБФ больше, чем 8.9 вес. % (эксп. 1-3). Самое большое содержание атактической фракции (АПП = 1.52 вес. %, XS = 6.3 вес. %) имеет ПП, полученный на катализаторе 1853 (эксп. 5). Таким образом, наблюдается четкая корреляция между содержанием внутреннего донора – дибутилфталата в катализаторе и стереоспецифичностью катализатора в полимеризации пропилена. Наилучшим показателем обладает катализатор 1850 (XS = 2.4 вес. %).

Таблица 2. Свойства ТМК, полученных на носителе  $(OEt)_xMgCl_{2-x}$  с ДБФ в качестве внутреннего донора.

№ кат-ра	Состав катализатора, вес. %			Выход ПП <sup>1)</sup> , г/г кат	ВД, %	АП, вес	S, ес. %	D <sub>50</sub> ПП <sup>2)</sup> , мкм	PAN П <sup>2)</sup>	D П, /л
	T	M	ДБФ							
849	1	2	1	8	1	0.6	.7	40	.33	63
850	1	1	1	1	1	0.6	.4	40	.42	71
851	1	2	1	1	1	0.4	.5	-		33
852	1	1	1	8	1	0.4	.2	55	.39	82
853	1	2	1	7	5	1.5	.3	84	.36	52

<sup>1)</sup> Условия проведения полимеризации: 70°C, Al/ЦГДМС = 20, 2.1 об. % H<sub>2</sub>, 1 час.

<sup>2)</sup> Рассчитано по данным Malvern. Величина SPAN характеризует ширину распределения частиц по размеру и рассчитывается по формуле:  $SPAN = (D_{90} - D_{10}) / D_{50}$

Поскольку катализаторы были приготовлены на одинаковом носителе, то они имеют близкий размер частиц (около 20 мкм). Поэтому средний размер частиц полимера должен зависеть только от выхода ПП. Из данных таблицы 2 видно, что во всех экспериментах, кроме 5, средний размер частиц ПП (величина D<sub>50</sub> ПП) близок. Величина SPAN характеризует однородность распределения частиц по размерам: чем ниже эта величина, тем ближе размеры всех частиц ПП к среднему размеру D<sub>50</sub> ПП.

Для обеспечения хорошей производительности промышленных аппаратов требуются величины насыпной плотности не ниже 450 г/л. Из данных таблицы 2 видно, что этим требованиям удовлетворяют катализаторы 1849, 1850, 1852 и 1853. При этом наибольшие величины ВД имеет ПП, полученный на катализаторах 1850 и 1852.

С помощью увеличения загрузки ДБФ можно увеличить содержание этого внутреннего донора в катализаторе. Полученная при этом каталитическая система (1850) обладает лучшими характеристиками из всех синтезированных катализаторов: она имеет высокую и наиболее стабильную активность, низкое содержание атактической фракции, высокую насыпную плотность и узкое распределение частиц по размерам.

Внутренний донор существенно влияет на поведение катализатора в полимеризации и свойства получаемого полимера. Наивысшей начальной активностью обладает катализатор с валерофеноном в качестве внутреннего донора, однако этот катализатор имеет самую низкую стереоспецифичность из всех синтезированных катализаторов. Более оптимальным из синтезированных систем представляется катализатор, содержащий этилбензоат. Этот катализатор имеет высокую начальную активность и сравнительно высокую

стереоспецифичность.

Путем варьирования условий синтеза (количество донора и ввод на разных стадиях, время обработок) получены катализаторы с различным содержанием дибутилфталата. Найдено, что наибольшего содержания донора в катализаторе можно достигнуть, увеличив начальную загрузку донора на первой стадии синтеза. При этом увеличение времени выдержки на всех стадиях приводит к удалению части внутреннего донора из катализатора.

Показано, что катализатор с наибольшим содержанием дибутилфталата обладает высокой и стабильной во времени активностью в полимеризации пропилена, наибольшей стереоспецифичностью и производит полимер с высокой насыпной плотностью.

Получены катализаторы с тремя различными внутренними донорами: этилбензоатом (ЭБ), этилацетатом (ЭА) и валерофеноном (ВФ). Показано, что катализатор с ЭБ содержит наибольшее количество донора и наименьшее количество титана. Наименьшее количество донора содержится в катализаторе с ЭА.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. P. Galli, J.C. Haylock, *Prog. Polym.Sci.* 1991, *16*, 443.
2. Ю.И. Ермаков, В.А. Захаров, Б.Н. Кузнецов *Закрепленные комплексы на окисных носителях в катализе* Новосибирск, «Наука», 1980, 14-17, 135-161.
3. Patent 2213086 Germany, 1972.
4. N. Kashiwa, *Polymer J.* 1980, *12*, 603.
5. Patent 4298718 USA, 1981.
6. Patent 5077357 USA, 1991.
7. Patent 0319227 EP, 1989.
8. Patent 2643143 Germany, 1977.
9. Patent 0045977 EP, 1982.
10. S.A. Sergeev, G.D. Bukatov, V.A. Zakharov, E.M. Moroz, *Makromol. Chem.* 1983, *184*, 2421.
11. В.А. Захаров, Т.Б. Микенас, С.И. Махтарулин, В.А. Полубояров, Ю.Д. Панкратьев, *Кинет. Катал.* 1988, *29*, 1267.
12. В.А. Захаров, Д.В. Перковец, Г.Д. Букатов, *Кинет. Катал.* 1988, *29*, 903.
13. S.I. Makhtarulin, E.M. Moroz, E.E. Vermel, V.A. Zakharov, *React. Kinet.Catal.Lett.* 1978, *9*, 269.
14. А.Г. Потапов, В.А. Захаров, Г.Д. Букатов, *Кинет. Катал.* 2007, *48*, 426.
15. N.N.Chumachenko, V.A. Zakharov, G.D. Bukatov, S.A. Sergeev, *Appl. Catal.* 2014, *469*, 512.



## SYNTHESIS AND RESEARCH OF TITANMAGNIUM CATALYSTS IN STEREOSPECIFIC POLYMERIZATION OF PROPYLENE

*Natalya Shtogrina a student of the second course, Fyodor Anatolyevich Gofman*

BerdsKPolitechnic College, 97 Ostrovsky Street, BerdsK 633004, Novosibirsk region, Russia.

Tel. (8 383 41) 5 15 60

*N. Shtogrina e-mail [shtogrina251197@mail.ru](mailto:shtogrina251197@mail.ru)*

*F.A. Gofman e-mail [gofmanfa@ngs.ru](mailto:gofmanfa@ngs.ru)*

In this article it is analysed the establishing of influence synthesis conditions TMC on its composition and morphology, properties in the polymerization of propylene (activity, stereospecificity, morphology and fluidity of polymer melts).

The authors showed the methodology of test titanmagnium catalysts and analysed their properties.

**Key words:** propylene, catalyst, stereospecificity, stereoregulation, synthesis, donor.

# СЕКЦИЯ: БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

УДК 331.45;502.054

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АТМОСФЕРЕ ПРИ ЭЛЕКТРОГАЗОСВАРКЕ

*Дьяченко Геннадий Иванович, Чимыкова Мария Станиславовна*

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

*Чимыкова М. С.*, e-mail [mchimykova@mail.ru](mailto:mchimykova@mail.ru)

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

### Аннотация

Определение содержания тяжелых металлов в атмосфере рабочей зоны электрогазосварщика позволяет уменьшить риск профессиональных заболеваний. С помощью аппаратуры ГАНК-4 измеряется содержания токсичных веществ при концентрациях оксидов серы от 5 мг/м<sup>3</sup> до 200 мг/м<sup>3</sup>, оксидов железа от 3 мг/м<sup>3</sup> до 120 мг/м<sup>3</sup>, оксидов марганца от 0,15 мг/м<sup>3</sup> до 6 мг/м<sup>3</sup>.

Работа выполняется в экспериментальном цехе в период декабрь 2015 – март 2016. Выполненная работа показывает, что данная аппаратура является эффективной и полученные результаты после обработки анализа могут быть практически использованы для составления мероприятий по улучшению условий труда работников цеха электрогазосварки. Работы будут продолжены и окончательный отчет будет представлен к декабрю 2016 года.

### Ключевые слова

Измерение, оксид железа, оксид серы, газовый анализ, сварочная работа

### 1. Введение

Содержание химических веществ в воздухе рабочей зоны нормируется ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

**Экспертиза воздуха рабочей зоны** проводится с целью выявления

повышенной концентрации вредных веществ, определения степени негативного влияния на рабочих и выбора оптимально-соответствующей системы очистки.

**Актуальность.** При сварке в воздух рабочей зоны выделяются многочисленные окислы, в том числе и наиболее опасные, окислы тяжелых металлов, которые вредно воздействуют на организм работающих, в связи с чем возникает необходимость в определении уровня загрязнения и разработки мероприятий по их снижению.

Ранее применявшиеся способы не позволяли оперативно определять состав загрязнения тяжелыми металлами воздуха рабочей зоны, так как при этом осаждались примеси на фильтрующем материале, и только в последующем определялась концентрация вредных веществ. Использование газоанализатора ГАНК-4 автоматически определяется на рабочем месте концентрация одного из вредных веществ без предварительной пробоподготовки и в расширенном диапазоне – атмосферный воздух и воздух в рабочей зоне. Измерения концентраций вредных веществ являются последовательными и осуществляются на встроенных датчиках (до 10 датчиков в одном газоанализаторе) и на сменных химкассетах (до 15 химкассет в одном газоанализаторе).

Оперативное определение состава и количества вредных веществ, выделяющихся в атмосферу при проведении сварочных работ существенно уменьшает вредное воздействие на рабочих.

**Целью** настоящей работы является проведение измерения содержания тяжелых металлов в воздухе рабочей зоны с помощью газоанализатора ГАНК-4

## 2. Методика проведения измерений.

Газоанализатор ГАНК-4 предназначен для автоматического непрерывного контроля концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе (А), в воздухе рабочей зоны (Р), в промышленных выбросах и технологических процессах в целях охраны окружающей среды, обеспечения безопасности труда и оптимизации технологических процессов.



Укомплектован:

- специальной сумкой на ремне
- воздухозаборным зондом

- противопылевым фильтром
- встроенным аккумулятором с зарядным устройством
- фильтр сорбционный

Преимущества:

- Универсальность – индивидуальный набор датчиков и химкассет по заказу потребителя, широкий спектр измеряемых веществ (более 200).
- Удобство – автоматическое определение концентраций вредных веществ непосредственно на объекте измерения.
- Безопасность – исключен контакт с ядовитыми, агрессивными, канцерогенными веществами.
- Экономия средств – сокращение средств на приобретение химических реактивов и расходных материалов.
- Чувствительность

География применения газоанализаторов ГАНК — от Калининграда до Владивостока. Широкий круг пользователей: организации Роспотребнадзора, подразделения МЧС, Минобороны, региональные экологические службы, лаборатории охраны труда и техники безопасности, отделы охраны окружающей среды предприятий всех отраслей

### **3. Анализ и выводы**

Сопоставляя данные по ранее полученным измерениям с вышеуказанными возможностями газоанализатора можно ожидать, что применение его при анализе воздуха рабочей зоны позволит выявить более точные концентрации ВВ по сравнению с ранее проведенными измерениями, на основе чего будет разработана система мероприятий по снижению вредных факторов на рабочем месте при электрогазосварке.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Акулова О.А. Учебное пособие для обучающихся по профессии «Электрогазосварщик» «Сварочное пламя» / О.А. Акулова; ГОУ НПО «Профессиональное училище №13» - Катайск, 2011
2. Акулов А.И., Алехин В.П., Ермаков С.И. и др. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2003
3. Герасименко А.И. Электрогазосварщик: Учебное пособие для профессионально-технических училищ. – Изд 7-е/ А. И. Герасименко. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 384с.
4. [http://www.gank4.ru/devices/desc\\_gank-4ar.php](http://www.gank4.ru/devices/desc_gank-4ar.php)
5. [http://www.gazoanalizators.ru/GANK-4-\(A\)\(R\)\(AR\).html](http://www.gazoanalizators.ru/GANK-4-(A)(R)(AR).html)

## LEARNING CONTENT OF HEAVY METALS INTO THE ATMOSPHERE DURING WELDING

*Dyachenko Gennady Ivanovich, Chimykova Maria Stanislavovna*

Novosibirsk State Technical University,  
20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia,  
Chimykova MS , e-mail [mchimykova@mail.ru](mailto:mchimykova@mail.ru)

Measuring the levels of heavy metals in the welder's workplace may contribute to reduction of the risks factors for occupational illnesses. The GANK-4 measures toxic substances' levels given that concentration of sulphur oxide is from 5 mg/m<sup>3</sup> to 200 mg/m<sup>3</sup>, iron oxide from 3 mg/m<sup>3</sup> to 120 mg/m<sup>3</sup> and manganese oxide from 0,15 mg/m<sup>3</sup> to 6 mg/m<sup>3</sup>.

The project was carried out in a test facility from December 2015 to March 2016. The results indicate that the equipment works well and it produces the data that can be analyzed and then used to improve working conditions of welding shops' employees. The work will continue and the final report will be available by December 2016.

**УДК 331.45**

### ТРАВМАТИЗМ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЭНЕРГЕТИКИ

*Голод А.Д. студентка, ФЭН, каф.БТ, Леган М.В. к.б.н, доцент каф.БТ,  
Афанасьева О.С., ст.преподаватель каф. БТ  
Новосибирский государственный технический университет  
630073, г. Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20  
[golod\\_a@inbox.ru](mailto:golod_a@inbox.ru)*

Проанализированы основные причины несчастных случаев (инцидентов) на предприятиях энергетики, рассмотрены мероприятия по снижению травматизма в отрасли, разработан программно-технический комплекс для обучения персонала с применением дистанционных образовательных технологий, сделан выбор активных и интерактивных методов обучения персонала, включая мультимедийные ресурсы нового поколения.

#### **Актуальность**

Согласно данным мониторинга, доля работающих во вредных и опасных условиях труда, не отвечающих гигиеническим нормативам на предприятиях по производству и распределению электроэнергии составляет 34% [1]. На предприятиях энергетики наблюдается рост количества несчастных случаев (НС, инцидентов), несмотря на глубокую разработку мероприятий по

снижению травматизма (использование современных средств коллективной и индивидуальной защиты персонала, модернизация и обновление материально - технической базы, а также улучшение организации работ по профотбору, подготовки и переподготовки кадров).

*Целью исследования* было изучение причин возникновения несчастных случаев на предприятиях объединения РаЭл и разработка современных методов обучения персонала энергетических предприятий.

### **Полученные результаты**

В результате анализа травматизма с 2009 по 2015 год (к сожалению, полные данные за 2010, 2011, 2015 годы получить не удалось) можно отметить, что общее число НС продолжает расти, при этом инцидентов, признанных расследованием как «не связанные с производством» составляет меньшее количество (табл. № 1). В основном это случаи, когда травмирование сотрудников произошло при следовании на рабочее место (падение зимой), либо во время обеденного перерыва, либо случаи, когда причиной является общее заболевание (инсульт, инфаркт).

*Таблица 1*

Статистика несчастных случаев

Год	Всего	Не относящиеся к НС на производстве	Относящиеся к НС на производстве	Связанные с воздействием электрического тока	
				количество	%
2009	47	8	39	38	97,4
2010 (кроме апрель-июнь)	42	4	38	12	31,6
2011	50	2	49	28	57,1
2012	82	14	68	37	54,4
2013	121	16	105	56	53,3
2014	137	13	124	79	63,7
2015 (кроме октябрь-декабрь)	189	17	172	107	62,2

Инциденты, связанные с производством статистически достоверно увеличиваются с 39 в 2009 году до 172 случаев в 2015 году. Таким образом, выявляется основная проблема, связанная с охраной труда в РФ, и, в энергетике, в частности – рост травматизма на предприятиях, что подтверждают и данные литературы [2]. Причем, показано, что более половины НС связаны с воздействием опасного производственного фактора – технического электричества.

Представляет интерес разделить все поражения, связанные с воздействием электрического тока на 2 основных вида:

- непосредственное прикосновение к токоведущим частям;
- приближение к токоведущим частям на недопустимое расстояние (поражение электродугой) (табл. 2).

Таблица 2

Основные причины поражений техническим электричеством

Год	НС, связанные с воздействием технического электричества		
	количество	Прикосновение к токоведущим частям	Приближение к токоведущим частям на недопустимое расстояние (поражение электродугой)
2009	38	18	20
2010	12	9	3
2011	28	11	17
2012	37	24	13
2013	56	24	32
2014	79	37	42
2015	107	71	36

В таблице 2 показано, что количество поражений техническим электричеством к 2015 г. достоверно увеличивается по сравнению с предыдущими годами, что говорит о возникновении следующих возможных ситуаций:

- ошибочные действия персонала при подключении оборудования, находящегося под напряжением к заземленным токоведущим частям;
- отказ оборудования (без какого-либо воздействия персонала), имеющий самопроизвольный характер или связанный с действием релейной защиты и автоматики.

Можно сделать вывод, что среди факторов опасности, сопровождающих деятельность персонала в энергетике, электрическая дуга занимает одно из первых мест. Одним из действий электрической дуги, помимо выделения большого количества энергии в короткий срок и эффекта сверхвысоких температур (ожоги различной степени тяжести) является выделение *озона и угарного газа*, которые связываясь с гемоглобином в крови человека, образуют соединение, переизбыток которого приводит к кислородному голоданию, удушью, и далее к летальному исходу. Судебно-медицинские эксперты в посмертном статусе пострадавшего устанавливают венозное полнокровие внутренних органов, жидкое состояние крови, отёк головного мозга, дистрофию печени.

«Сценарии» электротравматизма персонала достаточно стандартны, количество НС, связанных с действием «технического электричества» растет, не удивительно, что год от года растет и количество несчастных случаев с летальным исходом. Данные представлены в табл. 3.

## Статистика несчастных случаев со смертельным исходом

Год	Количество смертельных НС на производстве	Количество смертельных НС, не связанных с производством	Количество смертельных НС, связанных с производством, ч, %
2009	7	1	6 (85,7)
2010	11	3	7 (63,6)
2011	13	1	12 (92,3)
2012	19	4	15 (78,9)
2013	31	2	29 (93,55)
2014	37	2	35 (94,6)
2015	59	1	58 (98,3)

При анализе причин несчастных случаев со смертельным исходом, показано, что основными являются:

- *организационно-технические* причины (эксплуатация неисправных машин, механизмов, оборудования; неудовлетворительное техническое состояние зданий, сооружений, территории и др.);

- *индивидуальные причины* (невыполнение работниками правил безопасности, неприменение СИЗ, нарушение правил дорожного движения, трудовой и производственной дисциплины и т.п.).

Таким образом, рост несчастных случаев на предприятиях РаЭл, в том числе и со смертельным исходом, может быть связан с недостаточной разработкой организационных мероприятий по предотвращению производственного травматизма, как в области *обучения и подготовки персонала* отрасли, так и внедрения адекватных моделей управления деятельностью предприятий.

#### **Методы приобретения компетенций безопасности (методы обучения персонала)**

В условиях финансового кризиса, когда компании активно сокращают расходы на организацию производства, включая *расходы на обучение персонала*, особую актуальность приобретают современные модели обучения без отрыва от мест проживания и трудовой деятельности. *Удаленные модели обучения* руководителями предприятий воспринимаются положительно, так как приводят к снижению расходов на первичное обучение и последующее повышение квалификации персонала, за счет экономии на аренде и обустройстве учебных аудиторий, зарплате персонала, транспортных расходах.

Известно, что внедрение платформ дистанционного обучения в США является в настоящее время *ключевым элементом* для организации *новой парадигмы в корпоративном обучении взрослых* – Computer – Assisted Collaborative Learning (CACL), где обучение проходит практически *без отрыва от производства* (с применением учебно-методических материалов,



размещенных в электронной образовательной среде), а обучающиеся выступают активными создателями учебного контента. Благодаря САСL технологии персонал обучается «в реальном времени», материальные затраты на обучение снижаются, а эффективность его растет. К сожалению, в настоящее время на предприятиях РФ имеется недостаточно возможностей для применения САСL модели обучения, в том числе и из-за низкого уровня ИКТ-компетенций преподавателей и персонала и технологий электронного обучения.

Тем не менее, требования рынка труда приводят к необходимости совершенствовать методы обучения специалистов разного уровня по программам дополнительного профессионального образования [3].

Таким образом, современное обучение невозможно без использования *технологической платформы* обучения, основанной на использовании технологий электронного обучения. Кафедрой Безопасности труда НГТУ совместно с программистами-разработчиками реализована возможность обучения персонала с удаленным доступом (комбинированная модель обучения) с использованием программно-технического комплекса *по охране труда и пожарной безопасности*.

Структурно программно-технический комплекс дистанционного обучения можно представить в виде двух взаимосвязанных частей: сайта «Комплексная безопасность» и системы дистанционного обучения НГТУ (СДО НГТУ).

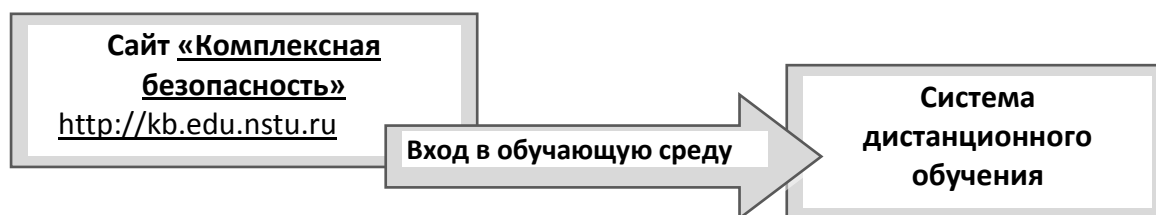


Рисунок 1. Структура программно-технического комплекса дистанционного обучения

СДО поддерживает гибкую настройку для разных целевых групп в соответствии с концепцией непрерывного образования, обладает простым интерфейсом, ориентированным на пользователя с базовыми навыками владения ИКТ. Технология апробирована, получено свидетельство о государственной регистрации.

В ходе реализации процесса обучения было проведено исследование о *предпочтительности модели обучения* персоналом предприятий. Результаты обработки данных представлены на рис. 2. Большинство сотрудников, ранее имевших возможность обучаться по программам дополнительного профессионального образования только в традиционной форме, предпочли модель обучения с удаленным доступом – комбинированную и дистанционную (90%), основное предпочтение было отдано комбинированной модели (60%) (рис.2)

Мотивация данного выбора состояла в том, что комбинированная модель дает возможность как непосредственного общения с преподавателем и другими обучающимися для обсуждения сложных вопросов курса, так и возможность обучаться «в любом месте» и в «любое время», без отрыва от профессиональной деятельности, что и является актуальным в современных условиях [4].

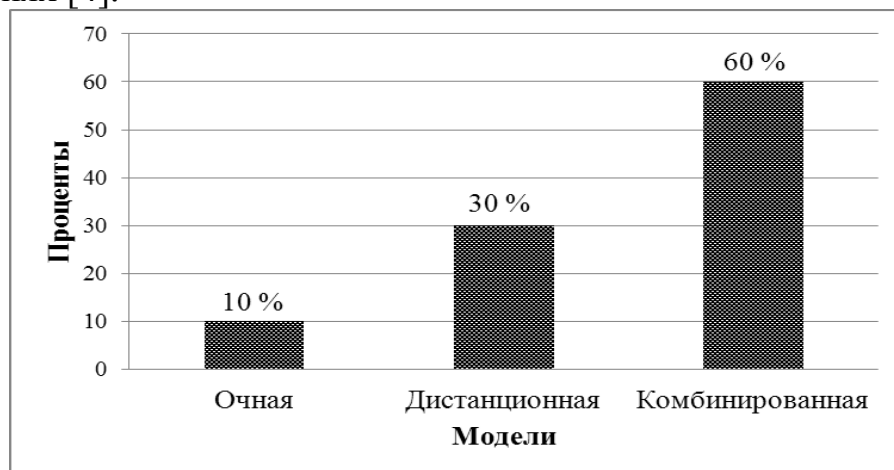


Рисунок 2. Предпочтительность модели обучения

*Теория обучения взрослых* Ноулза указывает, что существуют определенные особенности в характеристиках возрастных групп обучающихся, которые необходимо учитывать. В процессе обучения взрослых (персонала предприятий) и другими целевыми группами обучающихся есть существенные различия. Такие психологические особенности изучает направление педагогики, называемое *андрагогикой* (обучением взрослых). Например, потребности в обучении взрослых являются более *проблемно-ориентированными*, чем у студентов, изучающих предмет в целом.

М. Ноулз постулирует *четыре принципа андрагогики* - принципы, которые имеют важное значение для понимания того, что необходимо для успешного развития возможностей обучения взрослого контингента.

- взрослые должны быть вовлечены в планирование их обучения и общего учебного плана;
- в качестве основы для учебной деятельности должен быть использован фактический опыт;
- для того, чтобы быть эффективными, учебные модули должны иметь непосредственное отношение к рабочему процессу или жизни обучающихся;
- материал должен быть сосредоточен на конкретном вопросе, а не общей теме.

Таким образом, необходимо построить процесс обучения персонала предприятий с учетом контингента обучаемых [5].

## **Вывод**

Обеспечение безопасности человека в условиях производства, в частности в энергетике, является межотраслевой проблемой, к которой нужен *потенцированный подход*, включающий не только уже применяемые методы (новые технические решения, стажировку, инструктажи на рабочем месте), но и разработку инновационных образовательных программ в этой области,

учитывающей специфику образовательных организаций (ОО) и особенности контингента обучаемых.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Общероссийский мониторинг условий и охраны труда (краткий вариант) //Москва, 2014, Федеральное государственное бюджетное учреждение “Всероссийский научно-исследовательский институт охраны и экономики труда” (ФГБУ “ВНИИ охраны и экономики труда” Минтруда России) – с.29
2. Щенников Н.И., Пачурин Г.В. Пути снижения производственного травматизма. // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – №4 – С.101-103.
3. Стуль М. Информационно-коммуникативные технологии обучения персонала предприятий и организаций в США//Открытое и дистанционное образование – 2015.- №1(57) – с.60-70.
4. Леган М.В., Андрюшкова О.В., Ильин М.Э., Юн С.Г. Реализация дистанционного обучения по программе ДПО «Пожарная безопасность»//Дистанционное и виртуальное обучение. – 2012. – №7. – С. 20-29.
5. Knowles, M.S., Holton III, E.E., Swanson, R.A. The Adult Learner: The Definitive Classic in Adult Education and Human Resource Development. – 6th edition. – London, New York, etc.: ELSEVIER Butterworth Heinemann, 2005. – 378 p.

### **TRAUMATISM AT ENTERPRISES OF ENERGETICS**

Aleksandra D. Golod  
Marina V.Legan  
Olesya S. Afanasyeva  
Novosibirsk State Technical  
University, Novosibirsk

#### **Abstract**

The article considers the incidents at power-related technical electricity. Developed modern methods of training, offered advanced models of enterprises in the field of management of occupational safety and health.

**Key words:** traumatism, distance learning, interactive booth, case studies, SWOT – Analysis

#### **Introduction**

The proportion working in hazardous and dangerous working conditions that do not meet hygienic standards in the production and distribution of electric power plants is 34% (according to the monitoring data). At power enterprises is observed increase in the number of incidents involving hazardous working conditions in spite of the modernization and renewal of the material - technical basis, the use of

collective and individual protection of personnel, as well as improving the organization of work on preparation and retraining of personnel [1].

The purpose of research - development of modern methods of training enterprises by analyzing the causes of incidents.

### **Conclusion**

1. It is shown that the incidents related to the production in the electric power industry enterprises was significantly increased.

2. It is shown that one of the dangers at the enterprises of the main factors is the "technical electricity."

3. Is realized the possibility of training with modern blended learning technologies.

4. It is found that the level of satisfaction with the organization of adult education students in general is quite high.

5. Developed and introduced modern methods of training for adult education.

УДК 685.34: 331.1

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА: ЗАДАЧИ, СТРУКТУРА И РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

**Горбунова Алена Сергеевна, магистрант; Овечкина Дарья Викторовна, студент; 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., emailgorbunova\_77771994@mail.ru***  
***Овечкина Д.В., emaildashytka-ov@mail.ru***  
***Тихонова О.В., emailtixonova.olga654@yandex.ru***

### **Аннотация**

В статье рассматриваются основные элементы системы управления охраной труда на предприятии, ее задачи, требования правовых нормативных актов. Применение данной системы одна из эффективных форм по сокращению уровня опасности трудового процесса и рисков, общей и профессиональной заболеваемости, производственного травматизма. Изучены особенности организации работ по охране труда на обувном предприятии. Проведен анкетный опрос работников, в ходе которого были выявлены неблагоприятные факторы производственной среды, а так же рассчитан индекс безопасности труда.

## Ключевые слова

Условия труда; безопасность; обувное производство; охрана труда; вредные факторы.

Качественное и своевременное обеспечение всех видов безопасности на любом предприятии (технологическая, пожарная, биологическая, транспортная и другие) – это сложная организационная и инженерная задача. Применение системы управления охраной труда (СУОТ) на предприятии одна из эффективных форм по сокращению уровня опасности трудового процесса и рисков, общей и профессиональной заболеваемости, производственного травматизма. Наличие СУОТ в организации требует Трудовой Кодекс РФ ст.212 с изм. 01.01.2015г.

Целью настоящей работы явилось изучение:

– нормативно-правовой базы системы управления охраной труда (ОТ), внутренних положений и технической документации по ОТ;

– существующей практики управления охраной труда на предприятии.

Объект исследования: обувное предприятие г.Новосибирска. Санитарно-гигиенические условия труда обувного производства имеют определенные особенности: к неблагоприятным факторам отнесены – повышенный шум; производственная пыль; органические примеси, входящие в состав клеев; монотонный характер труда; неудобная рабочая поза «сидя». По результатам специальной оценки установлены классы/подклассы условий труда – 2 класс «допустимые» (70% работающих), 3.1 класс – «вредные» (30 % работающих) [1].

СУОТ – это целая система процедур и документов, регламентирующих организацию управления охраной труда на предприятии [2]. Основные элементы СУОТ представлены на рисунке:

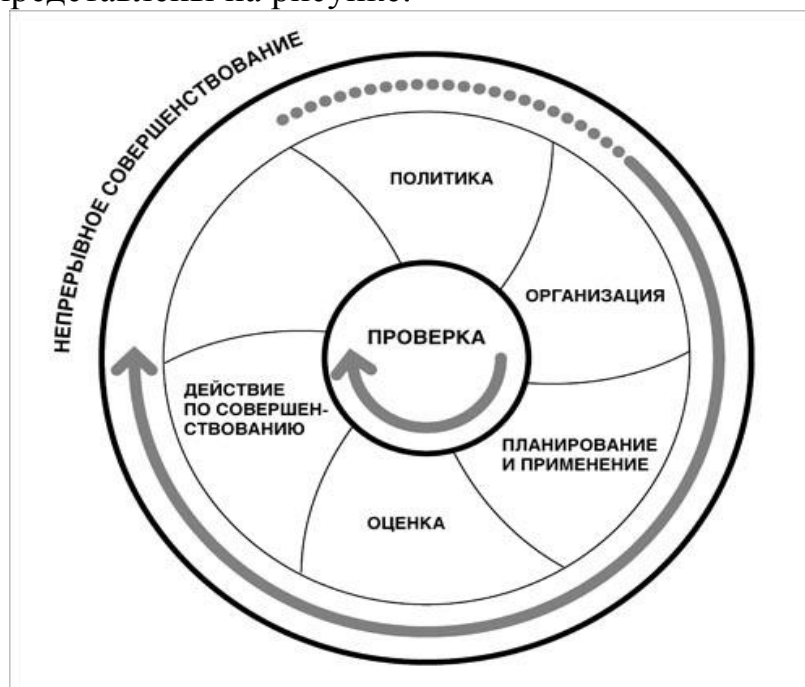


Рис. Основные элементы СУОТ

«Политика», т.е. стратегия и стиль управления, совокупность видения организацией своей миссии в сфере безопасности производства и в охране труда;

«Организация», т.е. организационная деятельность по созданию всех необходимых системе управленческих структур, процедур, распределения обязанностей между работниками и подразделениями и т.п.;

«Планирование», т.е. разработка соответствующей политики, выделение ресурсов и специалистов, структурная проработка ОТ, выявление опасных факторов и оценка рисков;

«Применение» – это фактическая реализация и применение программы;

«Оценка», т.е. оценка результативности системы, внесение корректив в деятельность и тем самым поддержание процесса непрерывного усовершенствования системы управления и, следовательно, ее результативности/эффективности;

«Действия по совершенствованию», т.е. постоянный процесс, состоящий из предупредительных/превентивных действий, т.е. действий по устранению причины/причин потенциального возникновения несоответствия или другой нежелательной, но потенциально возможной, ситуации.

Создание СУОТ на предприятии состоит из нескольких этапов:

I этап. Проведение внутреннего аудита по охране труда в подразделениях Компании для выявления уровня ОТ и постановки целей;

II этап. Создание основной базы локальных нормативных документов и приказов в Компании;

III этап. Имплементация (реализация) СУОТ на различных уровнях.

В настоящей работе был выполнен I этап по организации СУОТ – выявление уровня ОТ на обувном предприятии и постановка дальнейших целей. Используются методы исследования: анкетный опрос, обработка данных (количественная и качественная интерпретация). В социологическом опросе по теме «ОТ на предприятии: особенности, преимущества, недостатки» участвовало 31 человек из 119 работающих мужчин и женщин. Разработанная анкета состояла из 3-х тематических блоков:

– изучение вопросов ОТ на предприятии (результаты анализа представлены в таблице);

– влияние вредных факторов на работающих;

– выявление индекса безопасности труда (ИБТ).

## Анализ особенностей ОТ на предприятии

№ п/п	Наименование мероприятия	Наличие	Отсутствие
1	Определение структуры предприятия (организационная структура предприятия, численность работающих по подразделениям)	Имеется	
2	Проведение специальной оценки УТ	Имеется	
3	Разработка положения о расследовании несчастных случаях, учет несчастных случаев, профзаболеваний	Имеется	
4	Разработка нормативных документов, регламентирующих вопросы ОТ	Имеется (Стандарт предприятия)	
5	Распределение обязанностей (ответственности) в области ОТ всех должностных лиц (систематизация)		Не имеется
6	Осуществление контроля по ОТ	Имеется (Комиссия по ОТ)	
7	Участие профсоюзного комитета в решении задач СУОТ	Имеется	
8	Планирование работ по ОТ		Не изучено
9	Финансирование мероприятий по ОТ	Имеется (Ремонтные работы)	
10	Проведение мониторинга по ОТ на предприятии:	03.03.2016г.	Ранее не проводился
	Идентификация опасных и вредных факторов	*	
	Проведение медицинских осмотров	Имеется (1 раз в год)	

	Проведение инструктажей	Имеется (изучение инструкций, собеседование)	
	Обеспечение СИЗ	Имеется (костюмы х/б, выдача 1 раз в год)	
	Санитарно-гигиенические УТ	Не соответствуют нормативным требованиям частично	Отсутствуют : место для курения, комната личной гигиены женщин, место для приема пищи
	Наличие компенсаций за вредные УТ	Имеется	
	Информационное обеспечение по ОТ	Имеется	

\*Опрос показал, что все 100% респондентов оценивают влияние на них шумового воздействия и вибрации с продолжительностью действия соответственно 55% от рабочего времени и 48%. 3,2% опрошенных считают: недостаточная освещенность (воздействие 50% от рабочего времени), тяжесть трудового процесса и влияние химических веществ (паро- газообразных) соответственно в пределах 50% от рабочего времени и 25%.

Для определения индекса безопасности труда были предложены 12 вопросов со следующими ответами:

- «да» – присваивается 1 балл;
- «нет»– присваивается 0 баллов;
- если вопрос неприменим или некорректен для данного работника, во всех графах ставится прочерк. Фактическая сумма баллов, разделенная на



количество оценок (максимальное количество – 12), представляет собой индивидуальный индекс безопасности труда по результатам анкетирования. Сумма индивидуальных индексов безопасности по результатам анкетирования, разделенная на количество анкетлируемых, представляет собой индекс безопасности по результатам анкетирования в целом по организации или контрольной группе. Интерпретация индекса безопасности труда по результатам анкетирования и определение мер по управлению риском осуществлялся с помощью общепринятой риск – матрицы[4]. Для обувного предприятия получен ИБТ –0,99 (незначительный риск), т.е. меры по снижению риска не требуются, но группы уязвимых лиц нуждаются в дополнительной защите, проводится ослабленный контроль. Таким образом, оценка состояния ОТ на предприятии диктует повышение ее эффективности. С целью обеспечения безопасности УТ работников на всех стадиях производственного процесса, а также предупреждение возможности каких-либо нарушений рекомендовано организовать создание СУОТ, а не отдельных ее составляющих.

## **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.
2. Система управления охраной труда: путь к непрерывному совершенствованию. Доклад МОТ к Всемирному дню охраны труда – 2011/МОТ, Группа технической поддержки по вопросам достойного труда и Бюро МОТ для стран Восточной Европы и Центральной Азии. – М.: МОТ, 2011.–32 с.
3. ГОСТ Р 12.0.007-2009 Национальный стандарт российской федерации. ССБТ. Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию.
4. Макаров П.В., Борисов А.Ф.. Количественная оценка результатов анкетирования работников/Справочник специалиста по охране труда.–М., 2005.-№5.-18с.

## **SYSTEM OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH MANAGEMENT: OBJECTIVES, STRUCTURE AND IMPLEMENTATION FOR ENTERPRISE**

Gorbunova Alyona Sergeevna, master student; Ovechkina Daria Victorovna, student; Tikhonova Olga Vasilevna, 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](mailto:gorbunova_77771994@mail.ru)

Ovechkina D.V, email [dashytka-ov@mail.ru](mailto:dashytka-ov@mail.ru)

Tikhonova O.V, email [tikhonova.olga654@yandex.ru](mailto:tikhonova.olga654@yandex.ru)

### **Abstrac**

The article deals with the basic elements of the Occupational Safety and Health management system in the company, its mission, the requirements of legal regulations. The use of this system is one of the effective ways to reduce the level of danger of the labor process and the risks of general and occupational diseases, occupational injuries. The features of labor safety organization at the shoe company are studied. Questionnaire survey of workers concerning labor conditions is provided. Adverse factors of industrial environment are identified, as well as the calculated safety index.

### **Keywords**

Working conditions; security; footwear industry; occupational Safety and Health; hazards.

УДК

## ТЕОРИЯ ПОЛЯ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

*студент; Зайонутдинов Валерий Рафаилович*

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

*Зайонутдинов В.Р.* e-mail [mryonext@gmail.com](mailto:mryonext@gmail.com)

*Адрес для корреспонденции: Зайонутдинов Валерий Рафаилович,*  
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,  
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Ежегодно в нашей стране сооружают более миллиона различных заземляющих устройств, что требует значительного расхода металла и средств. Поэтому большое значения имеет повышение экономичности заземляющих устройств. Но важную роль играет жизнь человека!

Поэтому, не смотря на важность экономических соображений - главной функцией заземляющих устройств является защита человека от поражения электрическим током. Рассмотрим такие понятия как заземлитель, защитное заземление при прикосновении.

**Заземлитель** - проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с грунтом (ПУЭ 1.7.15).

**Защитное заземление** обеспечивает защиту людей от воздействия опасных напряжений и токов, которые могут возникнуть при поломках, неправильной эксплуатации техники. Молниезащитное заземление используется для защиты аппаратуры.

Заземляющее устройство выполняет различные функции и характеризуется определенными нормируемыми параметрами. Наиболее жесткие требования к заземляющему устройству предъявляются по напряжению прикосновения.

**Напряжение прикосновения** - это напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек. Одной из этих точек чаще всего бывает корпус электроустановки, на который может произойти замыкание одного из фазных проводов сети. Второй - земля (токопроводящий пол), на которой стоит человек. Таким образом, задачей проектных расчетов является определение потенциалов оборудования и точек земли, где может находиться человек при выполнении рабочих операций.

***Выполнив расчет нескольких вариантов конструкции заземляющего устройства можно выбрать оптимальный вариант и установить основные параметры заземления.*** При этом, оказываются определены: число, размеры, порядок размещения одиночных заземлителей и заземляющих проводников, при которых напряжение прикосновения или напряжение шага в период замыкания фазы на заземленный корпус не превышают допустимых значений.

При расчете сложных заземлителей обычно применяются коэффициенты использования, учитывающие увеличение сопротивления заземления заземлителя вследствие взаимного экранирования входящих в него элементов. Эти коэффициенты зависят от многих факторов (длина, глубина заложения отдельных элементов, их взаимного расположения и т.д.). Однако, такой расчет дает лишь общую приближенную оценку безопасности.

Более точную оценку условий можно сделать, выполнив расчет сложного заземляющего устройства методом наведенных потенциалов. В таком расчете сложный заземлитель представляется совокупностью из  $n$  прямолинейных элементов. Пользуясь электростатической аналогией, составим для него систему уравнений с потенциальными коэффициентами:

$$\begin{cases} \varphi_1 = a_{11}I_1 + a_{12}I_2 + \dots + a_{1n}I_n; \\ \varphi_2 = a_{21}I_1 + a_{22}I_2 + \dots + a_{2n}I_n; \\ \varphi_n = a_{n1}I_1 + a_{n2}I_2 + \dots + a_{nn}I_n; \end{cases} (1)$$

где  $I_{1\dots n}$  – токи, стекающие в землю с каждого элемента заземлителя;

$a$  – собственные и взаимные потенциальные коэффициенты;

$\varphi_{1\dots n}$  – потенциалы элементов заземлителя.

Задача расчета сложных заземлителей сводится к определению собственных и взаимных потенциальных коэффициентов и распределению тока между элементами заземлителя. Собственные коэффициенты обычно значительно больше взаимных, поэтому нет необходимости стремиться к большой точности в определении последних.

В случае линейных заземлителей, поперечные размеры которых малы по сравнению с продольными, коэффициенты  $a$  проще всего вычислить методом средних потенциалов [1].

Определение потенциалов по этому методу производится исходя из двух предположений: 1) что плотность тока по длине проводников всюду одинакова; 2) что потенциал, приобретаемый проводником  $l_2$  в поле проводника  $l_1$ , равен среднему арифметическому из потенциалов, образуемых полем проводника  $l_1$  во всех точках проводника  $l_2$ .

В качестве примера рассмотрим такие возможные варианты:

- Потенциал точка А в поле прямолинейного проводника (рис.1) определяется следующим образом[2]:

$$\varphi = \frac{I_1 \rho}{4\pi l_1} \int_{l_1} \frac{dl_1}{r} = \frac{I_1 \rho}{4\pi l_1} \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{I_1 \rho}{4\pi l_1} \ln \frac{x_2 + r_2}{x_2 + r_1}, (2)$$

где  $x_1$  и  $x_2$  берутся с советующими знаками.

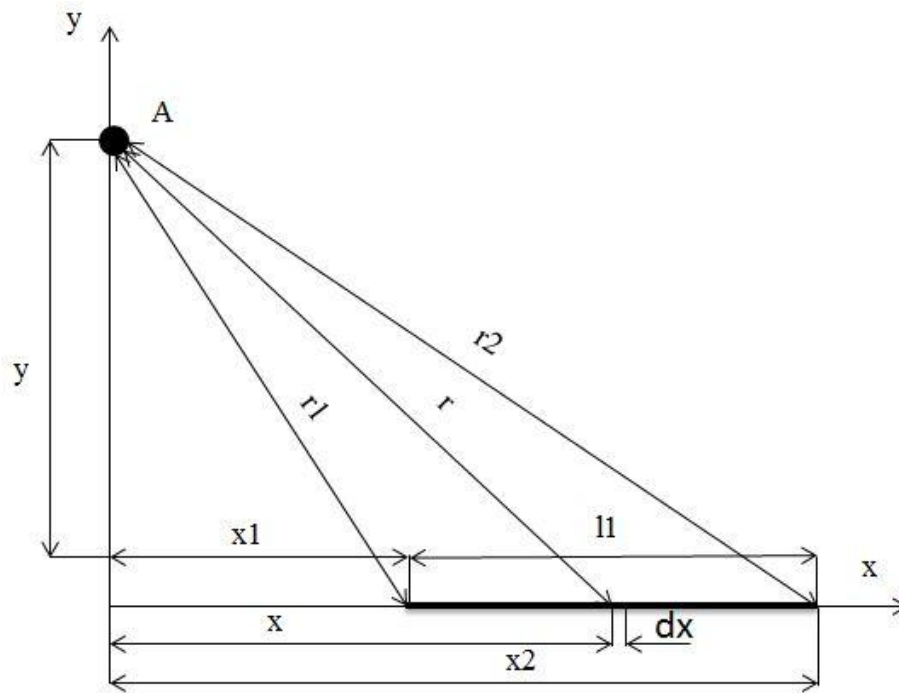


Рис. 1 Прямолинейный проводник

Учитывая, что

$$x_1 = \frac{r_2^2 - r_1^2 - l_1^2}{2l_1}, \text{ а } x_2 = x_1 + l_1,$$

Получаем:

$$\varphi = \frac{l_1 \rho}{4\pi l_1} \ln \frac{2a + l_1}{2a - l_1}, \quad (3)$$

где  $2a = r_1 + r_2$  – сумма расстояний от точки до концов проводника  $l_1$   
Имеем:

$$a_{12} = a_{21} = \frac{\varphi_{21}}{l_1} = \frac{\rho}{4\pi l_1 l_2} \int_{l_2} \ln \frac{x_2 + r_2}{x_2 + r_1} dl_2, \quad (4)$$

- Пользуясь формулой (4), вычислим  $a_{12}$  между двумя параллельными проводниками одинаковой длины (рис. 2).

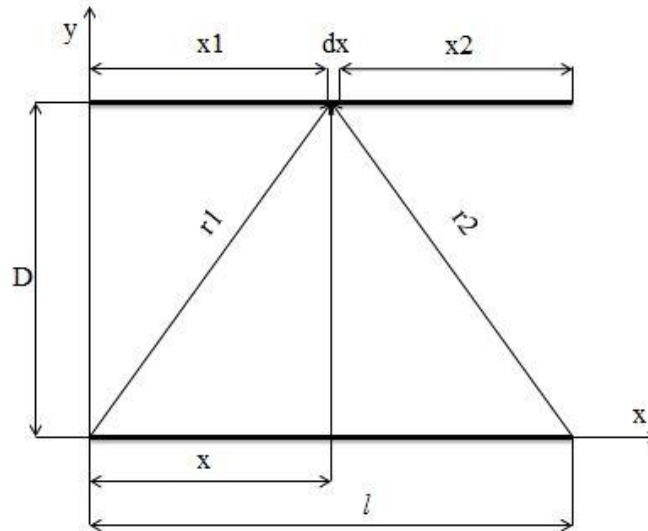


Рис. 2. Параллельные проводники одинаковой длины

В этом случае:

$$l_1 = l_2 = l; \quad x_1 = -x; \quad x_2 = l-x;$$

$$r_1 = \sqrt{x_1^2 + D^2}; \quad r_2 = \sqrt{x_2^2 + D^2};$$

$$a_{12} = \frac{\rho}{4\pi l^2} \int_0^l \ln \frac{x_2 + \sqrt{x_2^2 + D^2}}{x_1 + \sqrt{x_1^2 + D^2}} dx = \frac{\rho}{4\pi l^2} \cdot 2D \int_0^l \operatorname{Arsh} \frac{x}{D} d\left(\frac{x}{D}\right).$$

Отсюда

$$a_{12} = \frac{\rho}{4\pi l^2} \left( \operatorname{Arsh} \frac{l}{D} - \sqrt{\left(\frac{D}{l}\right)^2 + 1} + \frac{D}{l} \right), \quad (5)$$

- В случае двух лучей разной длины, расходящихся из одной точки под прямым углом (рис. 3.)

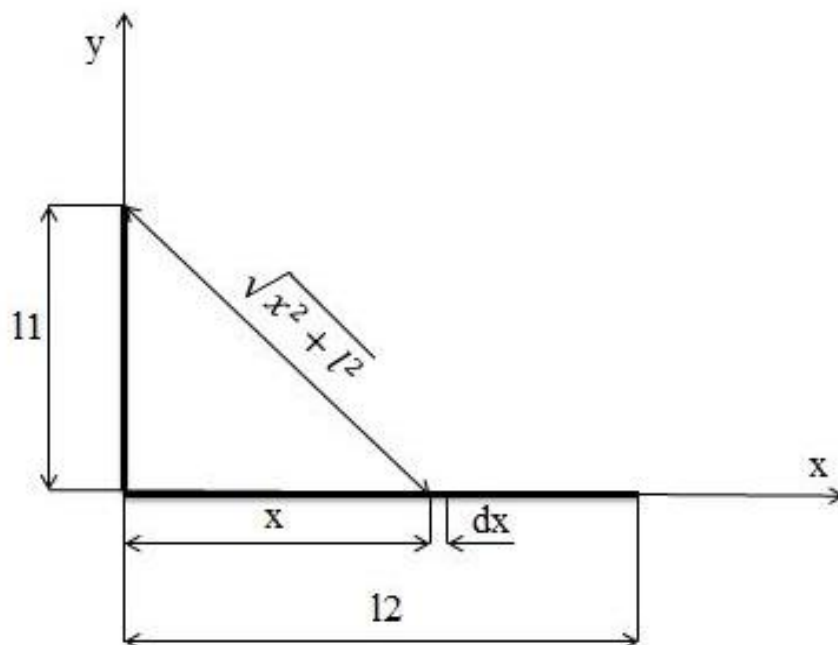


Рис. 3 Два луча одинаковой длины под прямым углом

Примем

;

Тогда

$$a_{12} = \frac{\rho}{4\pi l_1 l_2} \left[ \int_0^{l_2} \ln(x + \sqrt{x^2 + l_1^2} + l_1) dx - \int_0^{l_2} \ln(x + \sqrt{x^2 + l_1^2} - l_1) dx \right].$$

Принимая  $du=dx$ ;  $u = \ln(x + \sqrt{x^2 + l_1^2} \pm l_1)$  и беря каждый интеграл в отдельности, получаем:

$$\int_0^{l_2} \ln \frac{x + \sqrt{x^2 + l_1^2} + l_1}{x + \sqrt{x^2 + l_1^2} - l_1} dx = l_2 \operatorname{Arsh} \frac{l_1}{l_2} + l_1 \operatorname{Arsh} \frac{l_2}{l_1}$$

*При расчете заземлителей, заложенных на глубину  $t$ , применяется метод зеркальных изображений, который отличается от аналогичного метода электростатики тем, что изображения имеют тот же знак (направления стекания тока), что и проводники. Величина сопротивления заземления заземлителя в 2 раза больше, так как ток, стекающий с проводников заземлителя, составляет половину тока этой системы.[3]*

К примеру, берется система из проводников разной конфигурации, рассчитываются по приведенным формулам их собственные и взаимные сопротивления, составляется система уравнений с потенциальными коэффициентами (1), и рассчитывается матричным способом в среде Mathcad. Полученные значения сравниваются с нормативными данными (ГОСТ 12.1.038-82).

A large number of electrical constructed annually in our country. Each installation includes a grounding device that protects attending personnel against electric shock. Characteristics of grounding devices must comply with safety and economy. Both of these problems should be solved at the design stage. The design process includes calculation of safety performance and the cost of grounding devices. Calculation methods may be simple, and then there is a great error, and it is necessary to include large reserves of sizes and characteristics of grounding devices. Complex calculations can provide more accurate results and it allows you to spend less metal, labor and money. This article describes the exact method of calculation, which is based on the method of induced potentials.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Л.Р. Нейман и П.Л. Калантарова. Теоретические основы электротехники, ч.3. Госэнергоиздат, 1948.
2. К.А. Круг. Основы электротехники, т.1. Госэнергоиздат, 1946.
3. Е.С. Колечицкий. Расчет электрический полей устройств высокого напряжения, Энергоатомиздат, 1983.

**УДК 658**

### **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ РАДИОГРАФИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ ШВОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ**

*Иванов Евгений Алексеевич, магистрант первого курса*

*Поляков Юрий Олегович, к.т.н., доцент*

Новосибирский государственный технический университет, Россия  
630073, Новосибирск, просп. Карла Маркса, 20, (383)346-25-65

*Адрес для корреспонденции:* Поляков Юрий Олегович,

Новосибирский государственный технический университет, Россия  
630073, Новосибирск, просп. Карла Маркса, 20, (383)346-25-65

**Аннотация.** Для обеспечения безопасности магистральных нефтегазопроводов применяется радиографический метод неразрушающего контроля качества сварных стыковых швов труб. В качестве источников ионизирующего излучения используют рентгеновские аппараты и радионуклидные источники гамма-излучения. При работе с источниками



ионизирующих излучений необходимо обеспечить защиту рабочего персонала от облучения. Проанализированы применяемые геометрии просвечивания, рассмотрены характеристики источников ионизирующего излучения для радиографического контроля в полевых условиях. На основе норм радиационной безопасности произведен расчет толщины материалов защитных экранов, приведены рекомендации по конструктивному исполнению.

**Ключевые слова.** Радиационная безопасность, рентгеновские аппараты, рентгенографический метод, неразрушающий контроль, радионуклиды.

Основным элементом магистральных нефтегазопроводов являются сваренные встык трубы больших диаметров, изготовленные прокаткой или дуговой сваркой в заводских условиях и прошедшие контроль качества. Эксплуатация труб проводится при низких температурах (до  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и давлениях до 10 МПа. Для обеспечения необходимой прочности сварных соединений труб производится 100 % неразрушающий контроль качества швов методами проникающих излучений непосредственно на местах прокладки трубопроводов. Чаще всего применяют радиографический метод с регистрацией результатов просвечивания на фотопленку. При проведении работ с применением источников ионизирующего излучения требуется обеспечение мер безопасности, гарантирующих защиту рабочего персонала от облучения. При радиографическом контроле трубопроводов в качестве источников ионизирующего излучения применяют рентгеновские аппараты. Технические характеристики применяемых в полевых условиях отечественных рентгеновских аппаратов приведены в таблице 1.

Таблица 1. - Технические характеристики рентгеновских аппаратов.

№п/п	Характеристика	Арина-1	Арина-3	Арина4	Арина-5
1	Рабочее напряжение на трубке, кВ	150	220	200	250
2	Макс. толщина просвеч. стали, мм	30	50	40	40, 80
3	Диаметр фокусного пятна, мм	2	2	1	2
4	Доза излучения на расст. 0,5 м, мР	0,4	0,8	1,0	
5	Частота следования импульсов, Гц	10	10	-	15
6	Вес излучателя, кг	6,5	5,5	12	7,5

Для радиографического контроля качества сварных швов нефтегазопроводов в ряде случаев, особенно в полевых условиях, более эффективно применение шланговых гамма - дефектоскопов, характеристики которых приведены в таблице 2. Источниками гамма - излучения в этих

дефектоскопах служат радиоактивные химические элементы – радионуклиды, которые помещают в одну или две ампулы, которые затем герметизируются. На время просвечивания объекта контроля ампула устанавливается в рабочее положение. После завершения работы ампулу перемещают в специально предназначенный для радионуклидов контейнер по ампулопроводу (шлангу). Контейнеры для хранения радионуклидов должны обеспечивать радиационную безопасность, ослабляя излучение до уровня естественного фона. Выпускаемые промышленностью источники гамма-излучения для дефектоскопии имеют различную активность и, соответственно, мощность экспозиционной дозы (МЭД).

Таблица 2. - Основные технические характеристики гамма - дефектоскопов

Дефектоскоп	Тип источника излучения	МЭД излучения на расст. 1м, Р/с	Диаметр активной части, мм	Масса головки, кг
«Газпром»	ГИД-Ц-2	$5 \cdot 10^{-4}$	5	20
	ГИД-И-4	$2,5 \cdot 10^{-3}$	2	
«Стапель»	ГИД-И-3	$1,5 \cdot 10^{-3}$	1,5	8
РИД-11	ГИД-И-1	$1,5 \cdot 10^{-4}$	0,5	13
	ГИД-И-3	$1,5 \cdot 10^{-3}$	1,5	

При радиографии сварных швов труб источник излучения может быть размещен внутри трубы или снаружи (рис. 1). Кассеты с фотопленкой в большинстве вариантов устанавливают снаружи. Выбираемая геометрия просвечивания определяется многими факторами, из которых основным является доступность полости трубы.

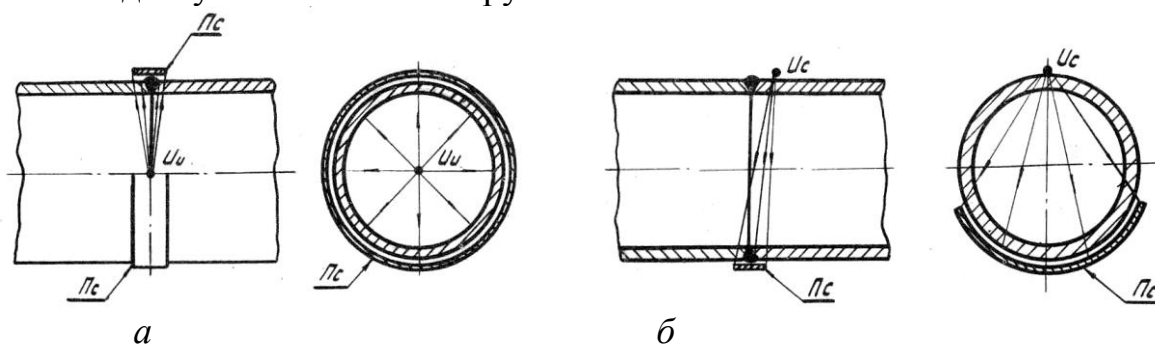


Рис.1. Основные схемы радиографического контроля труб:  
*а* – панорамное просвечивание; *б* - просвечивание через две стенки.

Анализ геометрии схем просвечивания сварных швов показывает, что при просвечивании через две стенки оператор может в наибольшей степени подвергнуться облучению. При размещении источника излучения внутри трубы при просвечивании через одну стенку (панорамное просвечивание) материал контролируемой трубы значительно ослабляет прямое излучение. На

практике для применения такой схемы контроля необходимы технические разрывы в трубопроводах. Просвечивание через две стенки может производиться даже во время эксплуатации газопроводов.

Для снижения уровня излучения на рабочем месте до допустимой величины применяются защитные экраны из различных материалов. Толщина экрана зависит от характеристик излучения (вид и энергия излучения), свойств материала защитного экрана и необходимой кратности ослабления излучения, показывающего, во сколько раз необходимо уменьшить мощность экспозиционной дозы излучения, чтобы получить нормативные (допустимые) значения. Оценим необходимые защитные свойства экрана в самом неблагоприятном случае – прямом излучении рентгеновского аппарата. При выборе средств защиты от рентгеновского излучения определим толщину защитного материала (свинца или стали) в зависимости от технических параметров рентгеновской установки. Допустимая доза облучения для работников категории А должна составлять не более 50 мЗв в год [1]. Пусть для контроля применен аппарат «Арина 4». Расчет значения толщины защитного материала производим на основании необходимого значения коэффициента ослабления:

где  $I$  - максимальная сила тока в трубке, 10 мА,  $d_0$  - проектная недельная экспозиционная доза, 100 мР,  $t$  - время работы трубки в неделю, 36 ч,  $R$  - расстояние до источника излучения 5 м (длина кабеля пульта управления). По номограмме [1] находим толщину слоя стали 2 мм для изготовления защитного экрана.

Для изотопных источников излучения и выбранного защитного материала коэффициент ослабления зависит только от толщины экрана. При расчете параметров защитных экранов можно использовать таблицы толщин защитных экранов из различных материалов (бетона, железа, свинца, вольфрама) в зависимости от энергии изотропных точечных моноэнергетических источников излучения (широкий пучок) и кратности ослабления излучения по дозе для бесконечной среды [2]. Однако на практике чаще всего применяют источники с немонаэнергетическим излучением, поэтому толщину защитного экрана целесообразно определять по номограммам и графикам, полученным на основании экспериментальных и теоретических данных по ослаблению широкого пучка излучения таких источников. Оценим параметры защитного экрана при радиографическом контроле труб для геометрии просвечивания – через две стенки (рис. 1б), применяя специально разработанный гамма-дефектоскоп «Газпром» [3]. В источнике излучения ГИД-И-4 этого дефектоскопа применен радиоактивный изотоп  $^{192}\text{Ir}$ . В рабочем положении (вне контейнера) на расстоянии 1 м начальная мощность экспозиционной дозы источника составляет:

$$P = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Р/с.}$$

Максимальное расстояние, с которого можно управлять работой дефектоскопа, составляет 5 м, следовательно, с учетом расходящегося пучка излучения от

точечного источника, на рабочем месте оператора МЭД будет иметь значение:

$$P_1 = \frac{P}{L^2} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{5^2} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ Р/с.}$$

При 36 часовой рабочей неделе в пересчете на допустимую мощность излучения получаем:

$$P_0 = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{53 \cdot 36 \cdot 3600} = 7,3 \cdot 10^{-9} \text{ зВ/с} = 7,3 \cdot 10^{-7} \text{ Р/с.}$$

Необходимый коэффициент ослабления излучения для защитного экрана составит:

$$K_{oc} = P_1/P_0 = 1,3 \cdot 10^2.$$

По номограмме рис. 2 находим в соответствии с полученным коэффициентом ослабления толщину стали 7 мм.

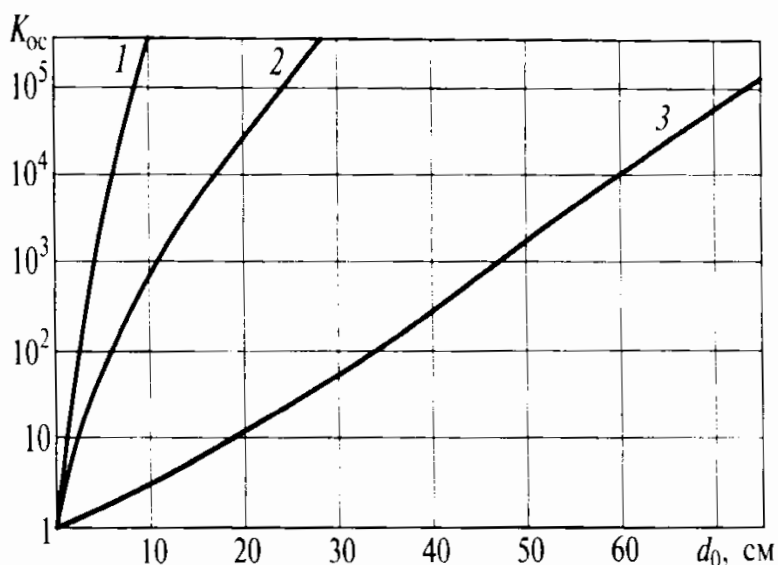


Рис.2. Номограмма для определения толщины слоя защиты при просвечивании радионуклидом иридия в зависимости от коэффициента ослабления :

1 – свинец; 2 – сталь; 3 – бетон.

Конструкция защитного экрана должна позволять перемещать его вдоль трассы трубопровода, обеспечивать устойчивое положение при проведении контроля.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)».
2. 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.
3. 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.: ил.

## DEVELOPMENT OF PROTECTION FROM RADIATION AT RADIOGRAPHIC TESTING OF WELDS OIL AND GAS PIPELINES

**Evgeny Ivanov, the first undergraduate course**  
**Polyakov Yuri O., Ph.D., Associate Professor**  
Novosibirsk State Technical University, Russia  
630073, Novosibirsk, pr. Karl Marx, 20, (383) 346-25-65  
Address for correspondence: Polyakov Yuri O.,  
Novosibirsk State Technical University, Russia  
630073, Novosibirsk, pr. Karl Marx, 20, (383) 346-25-65

**Abstract.** To ensure the safety of oil and gas pipelines used radiographic method of non-destructive testing of welded butt joints of pipes. As the ionizing radiation sources used X-ray machines and radioactive sources of gamma radiation. When working with sources of ionizing radiation is necessary to ensure the protection of operating personnel from exposure. Analyzes used radiographic geometry, we consider the characteristics of ionizing radiation sources for radiographic testing in the field. On the basis of the radiation safety standards calculated the thickness of shielding materials, provides recommendations on a design.

**Keywords.** Protection of radiation, X-ray machines, radiographic method, non-destructive testing, non-destructive testing radioactive sources of gamma radiation.

УДК 621.3.051.025

## ЗАЩИТА ПОДСТАНЦИЙ ОТ ГРОЗОВЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

*Илюшов Николай Яковлевич, Ломан Валентин Алексеевич*

630073, Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20  
тел: +7 (383) 346 02 31, +8 913 919 7182

*Илюшов Н.Я.* e-mail: [kamchatka1234@rambler.ru](mailto:kamchatka1234@rambler.ru)

*Ломан В.А.* e-mail: [Loman\\_95@mail.ru](mailto:Loman_95@mail.ru)

В статье рассмотрены вопросы о защите оборудования подстанций в условиях Крайнего Севера.

**Ключевые слова:** грозовые отключения, высокочастотные перенапряжений, оборудование подстанций.

На данный момент одна из главных причин выхода из строя оборудования объектов энергетики - это грозовые перенапряжения, которые возникают во время удара молний в воздушные линии (ВЛ) электропередач [1]. Эта проблема

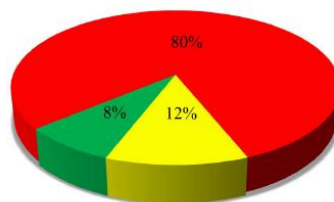
особо актуальна для районов с грунтами с высокой сопротивляемостью: районы с вечной мерзлотой, реликтовыми песчаными грунтами, твёрдым скалистым грунтом. В таких условиях воздушные линии негрозоупорны и имеют до десятка грозовых отключений в год на 100 км и около 30 грозовых часов из-за обратных перекрытий изоляции опор [2].

Низкая грозоупорность линий, связанная с высоким удельным сопротивлением грунта подтверждается данными ЗАО «ФЕНИКС-88» [3]. По этой причине при грозовых перенапряжениях имеют место отключения ВЛ, вызванные обратными перекрытиями изоляции линий из-за высокого сопротивления в цепи стекания тока молнии в землю. При этом зачастую отключаются сразу две цепи двухцепных ВЛ. Число таких отключений, как правило, ежегодно превышает 50 % общего числа грозовых отключений (таблица 1, сведения за 2007 г.) и сопровождается в большинстве случаев успешным автоматическим повторным включением (УАПВ) линии.

Таблица 1 - Число отключений ВЛ в районах Крайнего Севера

Регион	Филиал и электрические сети	Протяжённость ВЛ, км	Общее число отключений	Число отключений на двухцепных ВЛ (%)	Удельное число отключений на 100 км
Ханты-Мансийский автономный округ	Когалымские	1564	36	32(89)	2,3
	Нижневартовские	2934	25	49(80)	3,2
	Энергокомплекс	1956	17	10(59)	0,86
	Нефтеюганские	2535	17	10(59)	0,67
	Уральские	1856	26	14(54)	1,4
Ямало-Ненецкий автономный округ	Ноябрьские	1648	56	33(59)	2,11
	Северные	1470	17	4(24)	1,2
Тюменская область	Тюменские	1281	2	-(-)	0,2
	Тобольские	1319	6	-(-)	0,45
	Ишимские	1863	4	-(-)	0,2
	Южные	1010	4	-(-)	0,4
Всего		22368	271	172(63)	1,2

Главная опасность грозовых высокочастотных перенапряжений является в том, набегающие грозовые волны с ВЛ, не сглажены по крутизне, что делает межвитковую изоляцию трансформаторов подстанций беззащитной. Так, например, по данным ОАО «Тюменьэнерго» причиной выхода трансформаторного оборудования из строя на 80% является образование межвитковых коротких замыканий (рисунок 1).



■ К.З. обмотки    ■ Механические повреждения обмотки    ■ Прочие дефекты

Рисунок 1 - Диаграмма распределения дефектов в процентном отношении для трансформаторного оборудования 110 кВ номинальной мощности 16 – 40 000 кВА ОАО «Тюменьэнерго»

Наиболее распространённым способом защиты оборудования подстанции в настоящее время является использование нелинейных ограничителей перенапряжений (ОПН). Однако ОПН имеют ряд существенных недостатков:

- отсутствие искровых промежутков, что приводит к протеканию токов рабочего напряжения частотой 50 Гц через ОПН, а это при больших величинах тока способно перегреть варистор и вывести ОПН из строя.

- из-за зависимости пропускной способности ОПН от амплитуды и длительности тока возможен значительный нагрев и выход из строя варистора при протекании токов импульсов коммутационных перенапряжений большой длительности (более 20 мкс);

- необходимость точного выбора параметров ОПН в зависимости от класса напряжений и характеристик сети;

- ОПН не может уменьшать крутизну фронта воздействующего импульса грозового перенапряжения до допустимых пределов, то есть не способен снизить градиентные перенапряжения, воздействующие на продольную изоляцию оборудования.

Результаты анализа данных, предоставленных ОАО «ТюменьЭнерго», говорят о недостаточной эффективности ОПН как средства защиты от высокочастотных перенапряжений в условиях Севера. Например, на ВЛ-110кВ «Холмогорская - Пыль-яха» и «Холмогорская – Крайняя» нелинейные ограничители были установлены еще в 2009 году. Однако, на первой линии было зарегистрировано по одному отключению ежегодно в 2012, 2013 и 2014 годах, а на второй за период с 2010 по 2015 год зарегистрировано 10 отключений. Такая же картина наблюдалась и на линиях «Губкинская – Новогодняя 1» и «Губкинская – Новогодняя 2». ОПН были установлены в 2008 году, и до 2015 года включительно на данных линиях было зарегистрировано 5 и 10 отключений соответственно.

Более эффективным способом защиты оборудования подстанций от высокочастотных перенапряжений в условиях плохопроводящих грунтов является использование частотнозависимого устройства (ЧЗУ), работающего на принципе скин-эффекта [4-5]. Включение ЧЗУ в систему происходит последовательно с защищаемым объектом, на рабочей частоте в 50 Гц, устройство имеет тоже сопротивление, что и фазный провод. При проходе импульса грозового перенапряжения, частотный диапазон которого составляет

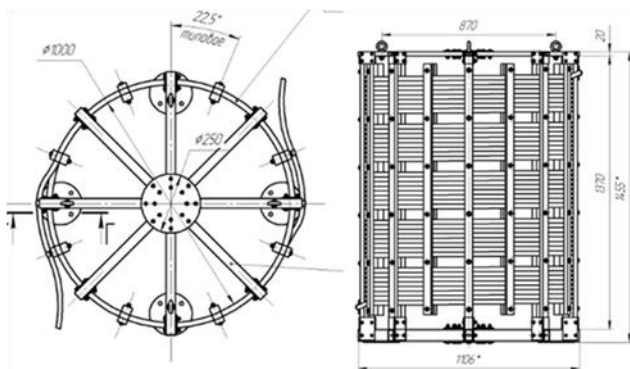


Рисунок 1 – Общий вид конструкции ЧЗУ

200 - 300 кГц, активное сопротивление резко увеличивается до 150 - 200 Ом, тем самым уменьшая амплитуду импульса. Конструкция ЧЗУ в виде спирали (рисунок 1) позволяет создавать и высокое реактивное сопротивление, увеличивающее длительность фронта импульса перенапряжения, уменьшая тем самым опасность межвитковых замыканий в

защищаемом оборудовании.

Сравнительный анализ влияния ЧЗУ, силового реактора, конденсаторов связи, а также совместного применения силового реактора и конденсатора связи на крутизну импульса перенапряжения показывает, что ЧЗУ является наиболее эффективным защитным устройством. Кроме этого, результаты сравнительного анализа и численной оценки работы ЧЗУ подтверждает мониторинг 3 опытных образцов устройства, установленных на ПС «Сугмутская» в 2014 году.

Система мониторинга в постоянном режиме отслеживала напряжения на входе и выходе устройства. За грозовой период 2015 года система зарегистрировала 3 импульса перенапряжения различного происхождения, пришедших с ВЛ. Амплитуда последнего импульса, зарегистрированного в августе, составляла около 300 кВ. Однако, на выходе частотнозависимого устройства никаких возмущений зарегистрировано не было.

Подводя итоги, можно сформулировать достоинства ЧЗУ, которыми являются:

- высокое активное и реактивное сопротивление при прохождении высокочастотных импульсов перенапряжения;
- способность эффективно воздействовать на крутизну входного импульса;
- отсутствие потерь при нормальном режиме работы;
- не требует заземления;
- простота в изготовлении и установки на объекте;
- возможность подобрать оптимальные параметры для подстанции любой мощности;
- невысокая стоимость;
- 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. Данилов Г.А., Зубков А.С. ЗАО «ФЕНИКС-88», Новосибирск, Боровицкий В.Г., Лошаков Ю.Е. ОАО «Тюменьэнерго» Надежность воздушных электросетей.

4. Коробейников С. М., Лавров Ю.А., Илюшов Н. Я., . Разработка частотозависимого устройства для подавления высокочастотных перенапряжений / С. М. Коробейников, Ю. А. Лавров, Н. Я. Илюшов // Диагностика электрических установок : материалы 9 науч.-практ. семинара Обществен. Совета специалистов Сибири и Дальн. Востока [Красноярск, Дивногорск, 16–17 апр. 2014 г.]. – Красноярск;Дивногорск, 2014

5. Илюшов Н. Я. Эффективное средство защиты электрооборудования от высокочастотных перенапряжений/ Н. Я. Илюшов // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. - 2015. - № 4. - С. 18-26.

## **THE PROTECTION OF SUBSTATION LIGHTNING SURGE IN THE FAR NORTH**

Ilyushov N.Y. Ph.D. (Engineering), Associate Professor, e-mail: [kamchatka1234@rambler.ru](mailto:kamchatka1234@rambler.ru)

Loman V.A. Student e-mail: [Loman\\_95@mail.ru](mailto:Loman_95@mail.ru)

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

In this article, we reviewed the main issues related to the protection of substation equipment. We found that the protection of a problem for soils with high resistance. We conducted an analysis of outages in the far north. We identify the main transformer damage when overvoltage, it was damaged interterm winding. We researched applicable types of protection of substations and identified a number of weaknesses. We analyzed the commonly used type of protection and confirmed its insufficient efficacy. We suggest using a different frequency-dependent device, based on the skin effect. The device increases the length of the front overvoltage pulse, thereby reducing the risk of interterm short circuits. The device has demonstrated it's highly effective in tests in one substation. We have formed a number of its advantages.

**Keywords:** substation equipment, stormy overvoltage, HF overvoltage

## АНАЛИЗ УРОВНЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

*Казарик Евгения Львовна, Илюшов Николай Яковлевич*

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

*Казарик Е. Л.*, e-mail: [evgeniya\\_kazarik@mail.ru](mailto:evgeniya_kazarik@mail.ru);

*Илюшов Н. Я.*, e-mail: [kamchatka1234@rambler.ru](mailto:kamchatka1234@rambler.ru)

*Адрес для корреспонденции: Казарик Евгения Львовна*, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (960)790-55-94

В статье оценивается индивидуальный пожарный риск и анализируется уровень пожарной опасности в Новосибирской области за исследуемый период времени. Выявлено, что индивидуальный пожарный риск в исследуемый период времени превышал нормативный уровень в 10-100 раз. Данные уровни индивидуального пожарного риска являются неприемлемыми в соответствии с законодательством Российской Федерации и требуют мероприятий по снижению.

**Ключевые слова:** допустимый риск, объект пожара, причина пожара, число погибших

**Введение.** Известно, что ежегодно в мире происходит 7-8 млн. пожаров, в которых гибнет около 85-90 тысяч человек. Пожары в мире распределены неравномерно. Наибольшее их число приходится на США. К сожалению, Российская Федерация занимает одно из ведущих мест по числу возникновения пожаров и гибели людей. Для сравнения следует сказать, что на 100000 человек в России ежегодно гибнет около 8 человек, в Великобритании это значение гораздо меньше и составляет 0,6, для Норвегии 0,1 [1]. Исходя из высоких показателей пожарной опасности на территории Российской Федерации, интерес также представляет пожарная обстановка в отдельных ее регионах. Целью данной работы является анализ уровня пожарной опасности в Новосибирской области за исследуемый период времени. Исходя из этой цели, можно выделить следующие задачи: оценить индивидуальный пожарный риск в Новосибирской области; провести анализ пожаров по объектам и причинам происхождения; проанализировать уровень гибели людей в пожарах.

**Индивидуальный пожарный риск.** Впервые в ГОСТ 12.1.004-76 упоминается, что «Система пожарной защиты должна разрабатываться по каждому конкретному объекту из расчета, что нормативная вероятность

воздействия опасных факторов пожара на людей принимается равной не более  $0,000001$  в год в расчете на отдельного человека». Спустя 15 лет вместо данного документа вводится ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. В нем говорится следующее: «допустимый уровень пожарной опасности для людей должен составлять не более  $10^{-6}$  воздействия опасных факторов пожара в год в расчете на каждого человека» [2].

В 2008 году Федеральным законом № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» вводится термин индивидуальный пожарный риск [3].

Индивидуальным пожарным риском называется риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара [2].

Статьей 79 Федерального закона устанавливается нормативное допустимое значение индивидуального пожарного риска, который также составляет на сегодняшний день  $10^{-6}$ .

Индивидуальный пожарный риск рассчитывается по выражению (1)

где  $N_{ж}$  – число погибших на пожаре за год;  $N_{ч}$  – численность населения [1]. В соответствии со статистическими данными [3-7] и выражением (1) был произведен расчет индивидуального пожарного риска для Новосибирской области за 2010-2014 годы (таблица 1).

Таблица 1

Сведения о пожарах в Новосибирской области за 2010-2014 годы

Год	Число пожаров, ед	Число погибших, чел	Численность населения, чел	Ущерб, тыс. руб.	$R_{инд}$
2010	3891	248	2665911	67369	$9 \cdot 10^{-5}$
2011	3796	241	2666456	101472	$9 \cdot 10^{-5}$
2012	3758	271	2686863	131903	$1 \cdot 10^{-4}$
2013	3541	228	2709461	100924	$8 \cdot 10^{-5}$
2014	3456	243	2731176	123738	$9 \cdot 10^{-5}$

Из таблицы 1 видно, что число пожаров в Новосибирской области за исследуемый период времени снизилось примерно на 11 %. Однако, уровень индивидуального пожарного риска не соответствует риску, который установлен Федеральным законом [3].

**Анализ распределения пожаров.** Для качественной оценки и управления пожарным риском важно знать, на каких объектах происходят пожары и по какой причине.

По месту возникновения пожара все здания можно разделить на 5 групп: здания класса функциональной пожарной опасности Ф1 (здания, предназначенные для постоянного проживания и временного пребывания людей); здания классов функциональной пожарной опасности Ф2, Ф3, Ф4 (здания зрелищных и

культурно-просветительных учреждений, здания организаций по обслуживанию населения, здания образовательных организаций, научных и проектных организаций, органов управления учреждений); здания класса функциональной пожарной опасности Ф5 (здания производственного, складского и сельскохозяйственного назначения)[2], отдельно был выделен транспорт.

Распределение пожаров за 2010-2014 годы в Новосибирской области по объектам происхождения представлено на рисунке 1.

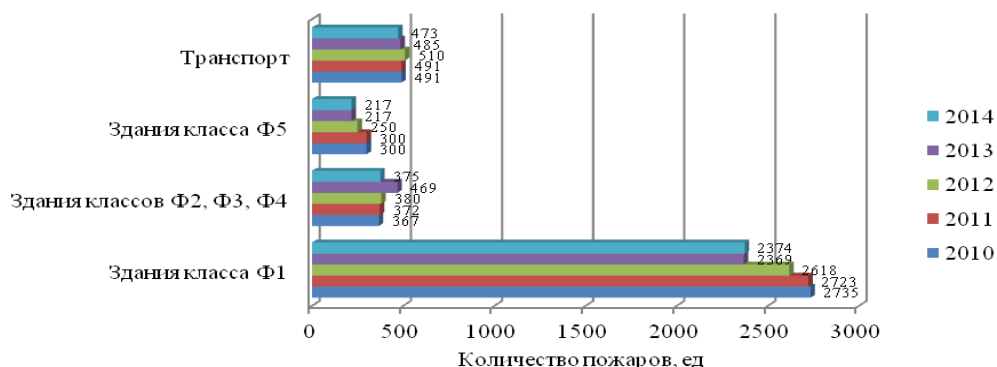


Рисунок 1 – Распределение пожаров в Новосибирской области по объектам происхождения за 2010-2014 годы

Из рисунка 1 видно, что большая часть пожаров приходится на жилые здания и здания временного пребывания людей (класс функциональной пожарной опасности Ф1). Наименьшее число пожаров происходит в зданиях класса Ф5. Для группы зданий классов Ф2, Ф3 и Ф4, а также для транспорта не наблюдается закономерное снижение пожаров.

Число погибших по объектам представлено на рисунке 2.

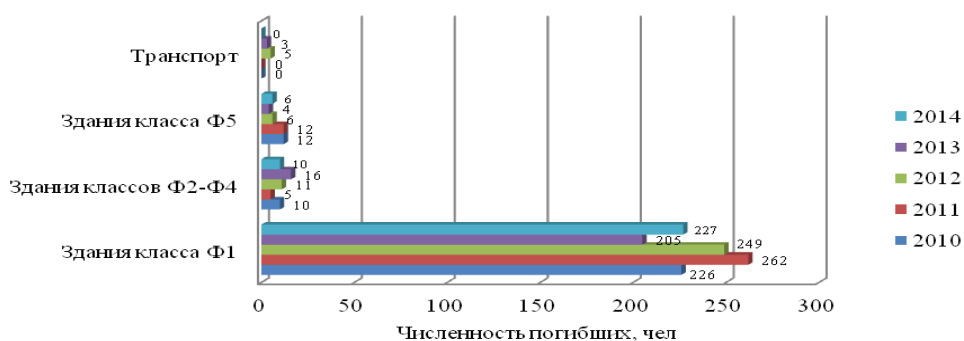


Рисунок 2 – Распределение числа погибших по объектам пожара в Новосибирской области за 2010-2014 годы

Из рисунка 2 видно, что наибольший процент погибших (около 91 %) приходится на здания класса Ф1. Наименьшее число погибших наблюдается на

транспорте. В зданиях функциональной пожарной опасности Ф2-Ф4 и на транспорте число погибших во время пожара имеет тенденцию на повышение.

На рисунке 3 представлены причины возникновения пожаров в Новосибирской области за 2014 год, а также гибель людей от различных причин пожаров

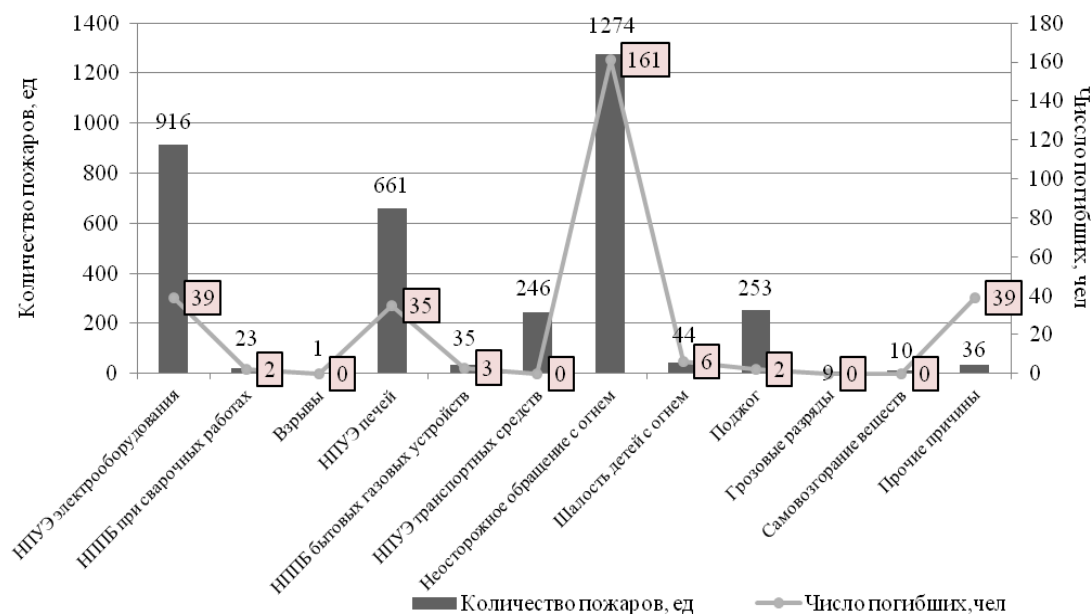


Рисунок 3 – Распределение пожаров по причинам возникновения в Новосибирской области за 2014 год

Из рисунка 3 видно, что наибольшее число пожаров происходит по вине человека (неосторожное обращение с огнем, нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования и печей, нарушение правил пожарной безопасности). По естественным причинам (грозовые разряды и самовозгорание) происходит лишь около 0,54 % всех пожаров, которые очень редко приводят к гибели людей.

Данный анализ показал, в каких зданиях чаще всего происходят пожары и по каким причинам. В дальнейшем на основании этих данных будут рассчитаны вероятности возникновения пожаров с использованием дерева причин, а также сделан прогноз пожаров в зданиях различного функционального назначения, что поможет разработать наиболее подходящие противопожарные мероприятия.

*Выводы:*

1. Уровень пожарного риска в Новосибирской области не соответствует уровню  $10^{-6}$ , установленному в ГОСТ 12.1.004-91 и Федеральном законе № 123.

2. Наибольшая доля пожаров и гибели от них в Новосибирской области приходится на жилые здания. Это может быть обусловлено тем, что жилые здания в достаточной степени не оснащены средствами обнаружения и тушения пожаров, а население не всегда знает, как правильно действовать в случае возгорания, а также другими факторами и требует особого внимания.

3. Основными причинами возникновения пожаров являются неосторожное обращение с огнем, нарушение правил устройства и эксплуатации и нарушение правил пожарной безопасности. На пожары, возникшие по данным причинам, приходится наибольшее число жертв.

## 1. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

2. N. N. Brushlinsky, M. Ahrens, S. V. Sokolov, P. Wagner World fire statistics. – СТИФ, 2015, № 20. – 63 p.;

3. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. Роль статистики пожаров в оценке пожарных рисков// Научный информационный сборник «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций». – 2011, № . – С. 112 – 124;

4. Федеральный закон от 22.07.2008 года № 123 ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»: в ред. от 13.07.2015;

5. Пожары и пожарная безопасность в 2010 году: Статистический сборник. Под общей редакцией В. И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2011, - 140 с.;

6. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году: Статистический сборник. Под общей редакцией В. И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2012, - 137 с.;

7. Пожары и пожарная безопасность в 2012 году: Статистический сборник. Под общей редакцией В. И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2013, - 137 с.;

8. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году: Статистический сборник. Под общей редакцией В. И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2014, - 137 с.;

9. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: Статистический сборник. Под общей редакцией В. И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2015, - 137 с.

## ANALYSIS OF THE FIRE HAZARD LEVEL IN NOVOSIBIRSK REGION

*Kazarik E. L.*, master student e-mail: [evgeniya\\_kazarik@mail.ru](mailto:evgeniya_kazarik@mail.ru);

*Ilyushov N. Ya.*, Ph. D. Eng. Sc., e-mail: [kamchatka1234@rambler.ru](mailto:kamchatka1234@rambler.ru).

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

**Abstract.** Fires and fire risk are topical problems today. Unfortunately in Russian Federation and Novosibirsk region a large number of fires happen every year. The main objective of this paper is to analyze the fire danger level in Novosibirsk region within the period from 2010 up to 2014. The individual fire risk in Novosibirsk region is estimated, the analysis of fires on the objects and its causes are given, and the death toll in fires is analyzed. Individual fire risk in Novosibirsk region outweighs acceptable risk  $10^{-6}$ . Therefore it is necessary to arrange measures for recession of level of individual risk and numbers of fires in Novosibirsk region.

**Keywords:** acceptable risk, burning object, cause of fire, death toll

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ЭВАКУАЦИИ ИЗ ПОТОЧНОЙ АУДИТОРИИ ПРИ ПОЖАРЕ

**Кисилёва Дарья Владимировна, Илюшов Николай Яковлевич**

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

**Кисилёва Д.В.**, email: [gold150494@gmail.com](mailto:gold150494@gmail.com)

**Илюшов Н.Я.**, email: [kamchatka1234@rambler.ru](mailto:kamchatka1234@rambler.ru)

В статье оценивается возможность эвакуации из поточной аудитории при возникновении пожара разлития.

**Ключевые слова:** пожар; эвакуация людей; опасные факторы пожара.

Одним из основных способов защиты от поражающих факторов пожара является своевременная эвакуация людей из помещения [1]. Поэтому необходимо оценивать возможность эвакуации из каждого помещения и определять возможное время её проведения.

Рассмотрим возможность эвакуации из поточной аудитории 5 корпуса, в которой возможно одновременное нахождение до 300 человек. Типовая поточная аудитория имеет три эвакуационных выхода, два из которых выходят в коридор корпуса, а один непосредственно на улицу. Выход, ведущий на улицу, постоянно закрыт на замок, ключи от которого находятся на вахте 6 корпуса. При проведении занятий обычно открывается только нижняя дверь в поточную аудиторию, верхняя же остаётся закрытой.

Помещение имеет достаточное количество воспламеняющихся предметов, а именно учебные столы и стулья из ДСП, а сама аудитория вокруг оббита пластиковыми панелями.

Представим, что произошло возгорание горючей или легковоспламеняющейся жидкости, случайно или умышленно оказавшейся в помещении, например, бензина.

В зависимости от месторасположения разлитой жидкости пожар может возникнуть в центре аудитории (круговое распространение пожара) и у стены (прямоугольное распространение пожара). Так как ряды расположены под углом  $\sim 30^\circ$ , распространения пожара будет происходить как сверху вниз, так и снизу вверх, причем скорость при пожаре снизу вверх будет значительно выше. По методике [2] рассчитываем площадь пожара при разлитии, например, трех литров бензина для каждого возможного случая. Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Результаты расчета площади пожара для круговой и прямоугольной  
схемы развития**

Схема распространения пожара	Площадь пожара, м <sup>2</sup>
Круговое распространение пожара	615,44
Прямоугольное распространение пожара (снизу вверх)	450,76
Прямоугольное распространение пожара (сверху вниз)	225,38

Показателем эффективности процесса эвакуации является время, в течение которого люди могут покинуть помещение. Для этого по методике, изложенной в ГОСТ 12.1.004, рассчитывается критическое время развитие пожара.

Задача заключается в выборе схемы пожара, которая приводит к наиболее быстрому развитию одного из опасных факторов пожара (ОФП). Развитие ОФП зависит от вида горючих веществ и материалов и площади горения, которая, в свою очередь, обуславливается свойствами самих материалов, а так же способом их укладки и размещения [3].

Вычисляется значение критической продолжительности пожара по условию достижения каждым из ОФП предельно допустимых значений в зоне пребывания людей (рабочей зоне) согласно формулам представленных в ГОСТ 12.1.004-91:

- А) по повышенной температуре
- Б) по потере видимости
- В) по пониженному содержанию кислорода
- Г) по предельно допустимому содержанию каждого из газообразных токсических продуктов горения

Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Расчет критического времени развития пожара по ОФП**

ОФП Схема распространения пожара	По повышенной температуре	По потере видимости	По пониженному содержанию кислорода	По предельно допустимому содержанию каждого из газообразных токсических продуктов горения
Круговое распространение пожара	74	95,3	115,8	-



Прямоугольное распространение пожара	107,6	156,7	210,6	-
--------------------------------------	-------	-------	-------	---

Выбираем наиболее опасную схему развития пожара, которая характеризуется наибольшим темпом нарастания ОПФ, в данном случае схема кругового распространения пожара (по повышенной температуре) и определяется критическое время блокирования эвакуационного выхода:

Определяем время необходимое для эвакуации людей:

Расчетное время эвакуации людей по методике, рассматриваемой в ГОСТ 12.1.004, значение должно быть удовлетворено следующему неравенству .

Расчетное время эвакуации людей из помещений и зданий устанавливается по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей [3].

При расчете весь путь движения людского потока из поточной аудитории подразделяется на два участка  $i$  и  $i+1$ . Каждый участок имеет свою длину  $l_i$  и ширину  $b_i$ . Начальными участками  $i-1$  являются проходы между рядами.

Последовательно рассчитывается плотность людского потока и интенсивность движения на каждом участке в месте слияния людских потоков.

В завершении согласно ГОСТ 12.1.004-91 определяем время, за которое выйдут люди с участка:

$$\tau = 78 \text{ секунд}$$

Таким образом, расчетное время эвакуации – не удовлетворяет условие.

### **Вывод**

В результате этого, при разливе трех литров бензина успешная эвакуация людей из поточной аудитории невозможна.

Конструктивное, объемно-планировочное и инженерно-техническое состояние помещения не обеспечило в случае пожара возможность эвакуации людей независимо от их возраста и физического состояния до наступления угрозы жизни и здоровью вследствие воздействия опасных факторов пожара.

Своевременная эвакуация людей при пожаре возможна при соблюдении определенных требований [4]:

- к эвакуационным путям и выходам;
- эвакуационному освещению;
- оснащению зданий, сооружений и помещений эвакуационными знаками;
- разработке планов эвакуации и других документов, регламентирующих порядок эвакуации людей при пожаре;
- системам оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах;
- обучению людей действиям при пожаре.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СТ СЭВ 383-87 «Пожарная безопасность в строительстве. Термины и определения»
2. Верзилин М.М., Повзик Я.С. Пожарная тактика. – М.: Спецтехника НПО, 2007. – 441 с.
3. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. Общие требования»
4. СНиП II-2-80 «Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений»

## THE ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF EVACUATION FROM STUDENT'S AUDIENCE AT THE FIRE

*Kisilyova D. V.*, master student e-mail: [gold150494@gmail.ru](mailto:gold150494@gmail.ru);

*Ilyushov N. Ya.*, Ph. D. Eng. Sc., e-mail:

[kamchatka1234@rambler.ru](mailto:kamchatka1234@rambler.ru).

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

**Abstract.** The analysis of the data about fires and their consequences in the world shows the extremely adverse statistics concerning quantity of victims at fires in Russia.

One of the main ways of protection against the striking factors of the fire is immediate evacuation of people. So it is necessary to estimate time of evacuation of people from each room in the building.

In work calculations of necessary time of evacuation and an estimated time of evacuation were carried out.

Thus it becomes clear that in higher education institution not only actions which provide timely evacuation aren't observed, but also requirements of fire safety regulations about existence of primary fire extinguishing means often are violated.

**Keywords:** fire; evacuation of people; dangerous factors of the fire.

## **РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАЗДАЧЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НАСЕЛЕНИЮ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ**

*Колмагорова Александра Юрьевна, магистрант, Илюшов Николай Яковлевич*  
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,  
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

**Колмагорова А.Ю.**, email [SashkQ@mail.ru](mailto:SashkQ@mail.ru)  
**Илюшов Н.Я.**, email [kamchatka1234@rambler.ru](mailto:kamchatka1234@rambler.ru)

*Адрес для корреспонденции:* **Колмагорова Александра Юрьевна,**  
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,  
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (961)220-47-85

### **Аннотация**

В статье рассматривается чрезвычайная ситуация в питьевом водоснабжении, связанная с загрязнением реки Обь отравляющими веществами либо отравлением воды радиоактивными веществами и изыскиваются меры по обеспечению питьевой водой население города Новосибирск. В ней определено требуемое количество питьевой воды для населения, домашних и сельскохозяйственных животных, а также рассмотрены возможные источники питьевой воды, откуда она будет забираться для раздачи населению. Поскольку основной источник питьевой воды находится на удалении от города, рассчитано, возможна ли своевременная доставка воды от источника до населения. Согласно проделанной работе в итоге сделаны выводы и поставлены задачи для дальнейшего изучения данной проблемы.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, требуемое суточное количество воды, водозаборные скважины, зарезервированный источник, наливные контейнеры.

### **Введение**

Согласно статье 27 СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества [1] чрезвычайной ситуацией в питьевом водоснабжении признают прекращение в поселении на период более суток подачи питьевой воды водопотребителям вследствие аварии, катастрофы, стихийного или иного бедствия, повлекших за собой за собой загрязнение, истощение источников питьевого водоснабжения и (или) повреждение систем питьевого водоснабжения. Наиболее вероятным происшествием, которое может повлечь за собой остановку работы водозаборных сооружений, является

попадание отравляющих веществ в реку Обь выше по течению в результате аварии на производстве или при перевозке отравляющих веществ наземным, железнодорожным и речным транспортом, а также при террористическом акте. При любой чрезвычайной ситуации необходимо действовать быстро и эффективно. План мероприятий по раздаче питьевой воды населению поможет сократить время на организацию всех необходимых приготовлений. На сегодняшний день подобного плана мероприятий для города Новосибирск не существует. Таким образом, целью работы является составление плана мероприятий, обеспечивающих раздачу питьевой воды населению города Новосибирск в чрезвычайной ситуации. Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи:

- определение требуемого количества воды;
- определение возможностей по поставке питьевой воды;
- исследование правовых норм, регламентирующих качество питьевой воды и минимальные нормы водопотребления;
- изыскание способов очистки загрязненной/зараженной воды в источниках водоснабжения;
- определение удобных мест для раздачи питьевой воды;
- рассмотрение мероприятий по раздаче питьевой воды населению;
- расчет сил и средств, задействованных в мероприятиях по снабжению населения питьевой водой;
- расчет необходимых затрат.

### **1. Определение требуемого количества питьевой воды и возможностей по ее поставке**

Согласно данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Новосибирской области [2] на 1 января 2015 года численность населения города Новосибирск составила 1567087 чел (57,1% населения Новосибирской области).

Требуемое суточное количество воды ( $q$ ) для обеспечения населения рассчитывается по формуле (1) [3], м<sup>3</sup> воды в сутки:

$$q = 10^{-3}(N \cdot A_N + n \cdot A_n + 5,5 \cdot N_B) \quad (1)$$

Требуемое суточное количество воды для сельскохозяйственных и домашних животных рассчитано в соответствии с Нормами расходов воды потребителями систем сельскохозяйственного водоснабжения ВНТП-Н-97 от 14 февраля 1995 г. [4].

Общее требуемое количество воды для населения и животных города Новосибирск с запасом 5-7% составляет 52570,296 м<sup>3</sup> воды в сутки.

Питьевую воду для раздачи населению предполагается забирать из следующих источников: действующих водозаборных скважин, зарезервированного на случай чрезвычайной ситуации водозабора, а также у компаний, реализующих бутилированную питьевую воду.

В Новосибирске зарегистрировано 160 недропользователей, имеющих скважины. Общее количество скважин – 290, действующих – 281.

Согласно Правилам резервирования источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения [5] в качестве источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения для обеспечения граждан питьевой водой в случае возникновения чрезвычайной ситуации используются защищенные от загрязнения и засорения подземные водные объекты с разведанными запасами подземных вод, пригодность которых для указанных целей определяется на основании санитарно-эпидемиологических заключений. Согласно Постановлению администрации Новосибирской области от 08.09.2008 N 254-па [6] местонахождение зарезервированного источника определяется как «участок Обской, в 2 км на юго-восток от г. Оби». Измерения в электронном справочнике 2GIS показывают, что примерное расстояние от центра города до зарезервированного водозабора составляет 24 км.

В таблице 1 указаны возможности по поставке питьевой воды из каждого источника водоснабжения.

Таблица 1

Количество питьевой воды, возможное для поставки населению

Способ добычи питьевой воды	Количество добываемой воды, м <sup>3</sup> /сут.
Зарезервированный источник	50000
Действующие скважины в г. Новосибирск	21191
Бутилированная питьевая вода	867,5
Всего	72858,5

Суммарное количество объемов добываемой питьевой воды превышает потребность в ней на 23714,5 м<sup>3</sup>/сут.

## 2. Мероприятия по доставке питьевой воды

Возможно использование следующих вариантов доставки питьевой воды от источника до населения: доставка автоцистернами, наливными контейнерами на бортовых автомобилях, проведение трубопровода либо установка емкостей с запасом питьевой воды в городе.

По предварительным данным количество автоцистерн, принадлежащих муниципальным органам, слишком мало для осуществления доставки питьевой воды. Проведение трубопровода от зарезервированного водозабора до города также не является выходом вследствие удаленности источника.

Таким образом, основным способом транспортирования питьевой воды от источника до временного пункта раздачи воды может быть транспортирование в наливных контейнерах. Согласно проведенным расчетам, наиболее эффективным будет использование бортовых автомобилей, которые могут перевозить одновременно не менее 6 наливных контейнеров. Для транспортирования тары с питьевой водой планируется задействовать

сторонние организации по городским грузоперевозкам.

Поскольку зарезервированные скважины находятся на удалении от центра города, целесообразно рассчитать время, которое затрачивает автомобиль на 1 рейс при доставке питьевой воды от места разлива до временного пункта раздачи воды (табл. 2).

Таблица 2

Расчет времени на 1 рейс

Операция	Время выполнения операций, мин
Заполнение цистерны	15
Дорога от скважины до населенного пункта	40
Время разгрузки автоцистерны	60
Обратная дорога	35
Непредвиденные операции	30
Общее время на 1 рейс	180

1 автомобиль, перевозящий за 1 рейс объем воды, равный  $6 \text{ м}^3$ , за 24 часа работы может сделать 8 рейсов. Для доставки питьевой воды от зарезервированного источника до пунктов раздачи воды понадобится примерно 636 автомобилей. При условии, что на разливочной площадке зарезервированного источника одновременно будут наполняться 1 автомобиль, за 24 часа может быть обслужено 112 автомобилей. Для того чтобы обеспечить бесперебойную работу временных пунктов раздачи воды, необходимо, чтобы одновременно наполнялось минимум 6 автомобилей, в ином случае будет образовываться очередь из автомобилей, ожидающих заполнения контейнеров. Для успешного планирования мероприятий необходимо в дальнейшем изыскать информацию о состоянии и количестве разливочных площадок зарезервированного источника и водозаборных скважин, количестве автоцистерн и бортовых автомобилей, наливных контейнеров и пр. Необходимо также учитывать нагрузку на транспортную сеть города. Несмотря на кажущуюся простоту вопроса, во время планирования возникает множество практических проблем.

### Выводы

Таким образом, запасы питьевой воды превышают потребность города в ней, однако из-за удаленности зарезервированного источника обеспечение питьевой водой населения города является сложной задачей. Для ее решения необходимо одновременное выполнение следующих условий:

- необходимо наполнять на разливочной площадке зарезервированного источника минимум 6 автомобилей одновременно;
- иметь в наличии наливные контейнеры и автоцистерны общим объемом не менее  $6570 \text{ м}^3$ ;

- иметь бортовые автомобили в достаточном количестве и пр.

На примере Ленинского района ранее было рассчитано, что выполнение всех мероприятий для доставки питьевой воды населению требует огромных финансовых вложений и задействует огромное количество людей. Поэтому целесообразно также изыскать пути очистки воды от отравляющих веществ на водоочистных сооружениях.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. [Электронный ресурс] // Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26.09.2001 N 24 (ред. от 28.06.2010) "О введении в действие Санитарных правил" от 31.10.2001 N 3011 Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Численность населения по муниципальным районам и городским округам Новосибирской области на 1 января 2015 года [Электронный ресурс] // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Новосибирской области. - Режим доступа: [http://novosibstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/novosibstat/ru/statistics/population](http://novosibstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/novosibstat/ru/statistics/population).

3. ГОСТ 22.3.006 - 87 В «Система стандартов гражданской обороны СССР. Нормы водообеспечения населения» [Электронный ресурс] // Информационный интернет-портал «Защищенность критически важных объектов». - Режим доступа: [http://prokvo.ru/load/gosty/gost\\_223006\\_87\\_v\\_quotsistema\\_standartov\\_grazhdanskoj\\_oborony\\_sssr\\_normy\\_vodoobespechenija\\_naselenijaquot/11-1-0-219](http://prokvo.ru/load/gosty/gost_223006_87_v_quotsistema_standartov_grazhdanskoj_oborony_sssr_normy_vodoobespechenija_naselenijaquot/11-1-0-219).

4. Нормы расходов воды потребителей систем сельскохозяйственного водоснабжения ВНТП-Н-97 от 14 февраля 1995 г. [Электронный ресурс] // Библиотека ГОСТов и нормативов ОHRANA TRUDA. - Режим доступа: [http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/10/10093/](http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/10/10093/).

5. Правила резервирования источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения [Электронный ресурс] // Постановление Правительства Российской Федерации от 20.11.2006 N 703 "Об утверждении Правил резервирования источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения". Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

6. Постановление администрации Новосибирской области от 08.09.2008 N 254-па (ред. от 29.02.2016) "Об утверждении перечня городов и других населенных пунктов Новосибирской области, для обеспечения питьевой водой граждан которых необходимо осуществить резервирование источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения на случай возникновения чрезвычайной ситуации, и резервировании источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения" [Электронный ресурс] // Законы и постановления РФ. - Режим доступа: <http://zakon-region2.ru/3/183120/>.

## DEVELOPMENT OF MEASURES FOR THE DISTRIBUTION OF DRINKING WATER TO THE POPULATION OF NOVOSIBIRSK CITY AT EMERGENCY

Alexandra Yuryevna Kolmagorova, master student, e-mail: SashkQ@mail.ru  
Nikolay Yakovlevich Ilyushov, Ph.D.Eng.Sc., e-mail: [kamchatka1234@rambler.ru](mailto:kamchatka1234@rambler.ru)  
Novosibirsk State Technical University, 20 Prospect K. Marksa, Novosibirsk, Russia,  
630073

**Abstract.** We consider an emergency in drinking water supply due to a possible pollution of the Ob river by toxic substances. Authors sought measures for providing of drinking water to the population of the Novosibirsk city. The required quantity of drinking water for the population, domestic and farm animals is calculated. Also we consider potential sources of drinking water, from which it will be taken for distribution to the population. Methods of transporting of potable water from the source to the consumer are proposed. Since the main source of drinking water is located at a long distance from the city, authors calculate the possibility of timely delivery of water from the source to the population.

**Keywords:** emergency, required daily amount of water, water wells, reserved water source, containers.

УДК 331.452

## ОЦЕНКА ВЗРЫВООПАСНОСТИ РУДНИЧНОЙ АТМОСФЕРЫ ПО ГАЗОВОМУ СОСТАВУ

*Корыткина Надежда Станиславовна, студентка 2 курса, Илюшов Николай Яковлевич*

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики  
630102, г. Новосибирск, ул. Кирова, 86

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

Корыткина Н.С. e-mail: [nn\\_sim@mail.ru](mailto:nn_sim@mail.ru)

Илюшов Н.Я. e-mail: [kamchatka1234@rambler.ru](mailto:kamchatka1234@rambler.ru)

*Адрес для корреспонденции:* Сибирский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики

630102, г. Новосибирск, ул. Кирова, 86, тел. (913) 919-71-82

### Аннотация

Профессия шахтер - одна из самых опасных и вредных в общем списке профессий. Какие бы меры предосторожности не принимались инженерами и техниками, в забое может случиться непредвиденная или аварийная ситуация.



Опасные условия труда - это повседневная реальность работы горняка. Из-за специфики добычи полезных ископаемых шахтовым методом риск гибели шахтеров весьма высок. Стандарты безопасности условий труда горняков постоянно повышаются, и это оказывает положительное воздействие на безопасность шахтеров, но, к сожалению, аварии на российских шахтах по-прежнему происходят. Одной из важнейших задач по обеспечению взрывопожаробезопасности шахт является своевременная оценка взрывоопасности рудничной атмосферы по газовому составу. Что поможет избежать попадания газовой смеси в зону взрываемости.

**Ключевые слова:** техногенная авария, шахтер, уголь, газ, безопасность труда.

Профессия шахтера не случайно считается одной из самых опасных. Об этом говорит и список наиболее известных и трагических аварии на российских шахтах за последние двадцать лет [1,2]:

- 1 декабря 1992 года, взрыв смеси из угольной пыли и метана на шахте имени Шевякова в Кемеровской области. В результате погибли 25 шахтёров, а сама пришла в нерабочее состояние и была затоплена;
- 2 декабря 1997 года, авария на шахте «Зыряновская» в Кемеровской области, жертвами которой стали 67 человек;
- 21 марта 2000 года, авария на шахте «Комсомолец» в Кемеровской области – под обвалом погибли 12 членов горноспасательного отряда;
- 16 июня 2003 года, авария на шахте «Зиминка» в Кемеровской области – взрыв метана и обвалы породы, под которыми погибли 12 человек, 10 шахтёров получили серьёзные травмы;
- 10 апреля 2004 года, авария на шахте «Тайжина» в Кемеровской области – произошёл мощный взрыв, из-за которого погибли 47 из 54 находившихся в этот момент в шахте горняков;
- 19 марта 2007 года, авария на шахте «Ульяновская» в Кузнецком угольном бассейне – погибли 110 человек, включая значительную часть руководства шахты, проводившего ознакомительную экскурсию для прибывших аудиторов Британского банка;
- 24 мая 2007 года, авария на шахте «Юбилейная» в Новокузнецке – взрыв метана и последовавшие обвалы горной породы унесли жизни 39 человек
- 8-9 мая 2010 года, авария на шахте «Распадская» - два мощных взрыва метана, унесшие в общей сложности жизни 91 шахтёра и горноспасателя.
- 20 января 2013 года, авария на кузбасской шахте №7 –погибли 9 человек.

Основной причиной взрывов и возгораний метановоздушной смеси во всех рассмотренных случаях являлось недостаточное количество воздуха для создания безопасной концентрации не только в забоях очистных и подготовительных выработок, но и в выработанном пространстве, где имеется вероятность образования взрывоопасной смеси.

В результате анализа аварий и инцидентов, произошедших при разработке метаноносных пластов угля, можно сделать следующие выводы:

1. Возгорания и взрывы метана происходят из-за отсутствия надёжных способов прогнозирования природной газоносности угля и учёта этих изменений впереди очистных и подготовительных забоев.
2. Не применяются новые методы прогнозирования газодинамических проявлений, а также новые способы защиты рабочих, находящихся в забое.
3. Методика расчёта расхода воздуха для проветривания забоев подготовительных выработок должна учитывать неравномерность распределения метана в пласте. Очевидно, что необходимо пересмотреть нормы расхода воздуха, минимальную скорость движения воздуха у поверхности забоя и максимальную концентрацию метана у забоя выработки.
4. Применяемые схемы распределения и расход воздуха не справляются с необходимым обеспечением взрывопожаробезопасных условий. Задача вентиляции должна быть не в подаче необходимого количества воздуха для удаления опасных газов из мест нахождения рабочих, а в максимальном удалении опасных газов из подземных выработок и выработанных пространств. Для обеспечения взрывопожаробезопасности при работе в забое необходимо постоянно отслеживать концентрации метана и оценивать взрывоопасность рудничной атмосферы по газовому составу. Для этого определяется зона взрываемости каждой конкретной газовой смеси горючих газов. Данная зона определяется площадью, заключённой внутри так называемого «треугольника взрываемости» (диаграмма взрываемости) - плоской фигуры, построенной в координатах «окислитель (кислород) – горючее (любой горючий газ или смесь горючих газов)». Вершинами «треугольника взрываемости» являются нижний и верхний пределы взрываемости данной смеси и пик ее воспламенения. Нижним и верхним пределами взрываемости называют такие концентрационные соотношения горючих газов и кислорода воздуха ниже и выше которых смеси не способны воспламениться и распространять взрыв. Пиком воспламенения называют такую концентрацию смеси горючих газов, для предотвращения взрыва которой необходимо максимальное снижение содержания кислорода в атмосфере аварийного участка. Диаграмма взрываемости («треугольник взрываемости») строится как для однокомпонентных газовых смесей «кислород – горючий газ», так и для многокомпонентных газовых смесей «кислород – сумма горючих газов». При этом, для однокомпонентных газовых смесей координаты вершин «треугольника взрываемости» имеют строго определенное значение (табличные данные), а для смесей с несколькими горючими газами (многокомпонентная газовая смесь) координаты «треугольника взрываемости» будут смещаться в зависимости от концентраций каждого горючего газа и кислорода в смеси. Для построения «треугольника взрываемости» однокомпонентной газовой смеси берутся табличные данные (нижний и верхний пределы взрываемости горючего газа и пик воспламенения для данного горючего газа), а для построения «треугольника взрываемости» многокомпонентной газовой смеси координаты вершин треугольника рассчитываются с помощью формулы и правила Лешателье, учитывая долю каждого горючего компонента и его

предел взрываемости.

В рудничном воздухе основным взрывчатым газом является метан. Кроме того, при пожарах в горных выработках и во время их ликвидации в составе рудничного воздуха появляются взрывчатые газы водород и оксид углерода. К взрывчатым газам, находящимся в составе рудничного воздуха, относятся также все гомологи метана, как предельного, так и непредельного ряда углеводородов, в том числе и ацетилен. Но в силу того, что концентрации гомологов метана в рудничном воздухе значительно меньше 1 % по объему, то данные газы практически не влияют на взрываемость газовой смеси и при расчете координат вершин «треугольника взрываемости» их можно не учитывать.

В таблице 1 приведены данные по газам, играющим основную роль при формировании газового состава рудничной атмосферы при обычных условиях [3].

Таблица 1.

Взрывчатые газы	Пределы взрываемости, %		Пик воспламенения, %			
	нижний	верхний	для N <sub>2</sub>		для CO <sub>2</sub>	
			по O <sub>2</sub>	по данному газу	по O <sub>2</sub>	по данному газу
CH <sub>4</sub>	4,3	13,5	10,2	5,0	13,5	5,8
H <sub>2</sub>	4,0	75,0	5,0	4,0	5,9	5,0
CO	12,5	74,0	5,6	13,5	5,9	15,0

Примечание:

1. На пределы взрываемости и пик воспламенения существенное влияние оказывает наличие разных факторов, в частности температура, давление, взвешенная угольная пыль (при увеличении содержания угольной пыли в рудничном воздухе нижний предел взрываемости метана может снизиться до 2,0 % об.).

2. Чем шире диапазон взрываемости газа и ниже пик его воспламенения, тем взрывоопаснее горючий газ.

*Последовательность определения взрывоопасности газовой смеси:*

1. Определение нижнего и верхнего предела взрываемости газовой смеси;
2. Определение координат пика воспламенения газовой смеси;
3. Построение «треугольника взрываемости» с полученными вершинами на диаграмме взрываемости – определение зоны взрываемости;
4. Нанесение на диаграмму точки с координатами «кислород – сумма горючих газов» в исследуемой пробе воздуха;
5. Вывод о взрывобезопасности или взрывоопасности данной смеси газов;
6. Принятие мер для устранения взрывоопасности рудничной атмосферы в горной выработке.

Таким образом, оценка взрываемости газовой смеси осуществляется с помощью диаграммы взрываемости. Если точка с координатами (концентрации) «кислород воздуха – горючий газ (сумма горючих газов)» попадает в зону треугольника взрываемости, то делается вывод о том, что данная газовая смесь находится во взрывоопасном состоянии и, следовательно, необходимо в соответствии с рекомендациями принимать соответствующие меры для вывода данной газовой смеси из зоны взрываемости.

Для построения «треугольника взрываемости» можно использовать различные методы:

1. программное обеспечение;
2. расчет с помощью таблиц (приближенный метод);
3. специальное устройство планшет с направляющими и ползунками;
4. графическое представление моделей «треугольников взрываемости» для различного состава горючих газов (Устав ВГСЧ);
5. расчет по формулам.

Для примера построим диаграмму взрываемости для однокомпонентной газовой смеси: «кислород воздуха – метан», где под кислородом воздуха понимается концентрация кислорода в рудничном воздухе (рисунок 1). На данном рисунке вершина А является нижним пределом взрываемости горючего газа, вершина В – верхним пределом взрываемости, а вершина С – пиком воспламеняемости.

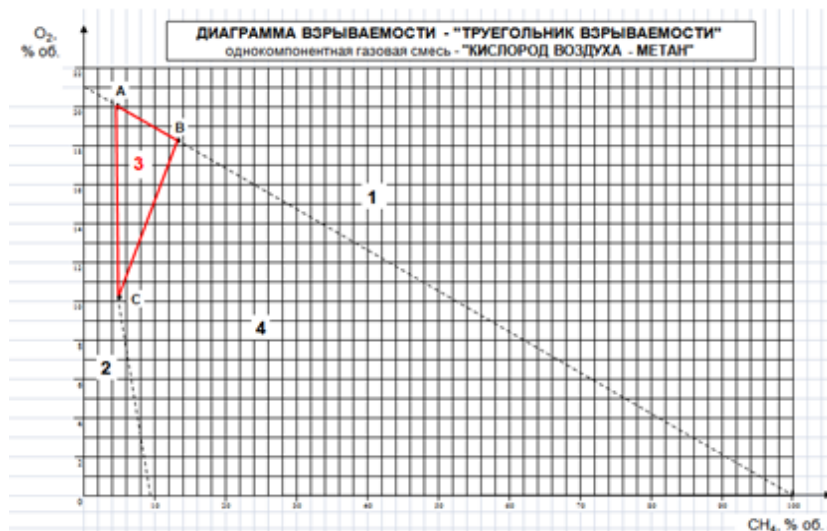


Рисунок 1 – Диаграмма взрываемости однокомпонентной газовой смеси «кислород воздуха – метан»

Построив диаграмму можно произвести оценку взрываемости газовой смеси. Если точка с координатами (концентрации) «кислород воздуха – метан» попадает в зону треугольника взрываемости, то делается вывод о том, что данная газовая смесь находится во взрывоопасном состоянии и, следовательно, необходимо в соответствии с рекомендациями принимать соответствующие меры для вывода данной газовой смеси из зоны взрываемости.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александр Бабицкий. Аварии на шахтах в России: статистика может быть трагической. // URL: <http://www.chuchotezvous.ru/technogenetics-disasters/1223.html>
2. Е.А.Колесниченко, И.Е.Колесниченко. Журнал горная промышленность. Причины и возможные методы предотвращения взрывов метана и пожаров в шахтах России. // URL: <http://www.mining-media.ru/ru/article/prombez/1419-prichiny-i-vozmozhnye-metody-predotvrashcheniya-vzryvov-metana-i-pozharov-v-shakhtakh-rossii>
3. Руководство по изоляции пожаров в шахтах, опасных по газу // М., 1971

## EVALUATION EXPLOSIBILITY OF MINING ATMOSPHERE ABOUT GAS COMPASITION

**Korytkina Nadezhda Stanislavovna, student of the second course, Ilushov**

**Nikolai Yakovlevich**

630102, Novosibirsk, Kirova str., 86

Novosibirsk state technical university, 630073, Russia, Novosibirsk,

Karl Marks avenue, 20,

Korytkina N.S. e-mail: nn\_sim@mail.ru

Ilushov N.Y. e-mail: kamchatka1234@rambler.ru

Address for correspondence: Siberian state university of telecommunication and  
informatics

630102 Novosibirsk, Kirova str., 86, Tel. no.: (913) 919-71-82

### Abstract

Profession miner - is one of the most dangerous and unhealthy in main profession list. Emergency situation may happens in slaughter, whatever precautions weren't taken by engineers and technicians. Dangerous work conditions - is work reality of miners. The risk miners death is very high because of the specifity mineral extraction of mining method. Safety standards of miners' work are increased constantly. This has a positive effect on safety of miners, but unfortunately accidents still have happened on Russian mines. Timely evaluation explosibility of mining atmosphere by gas composition is one of the most important tasks by ensuring explosion and fire-safety of mines. That will help to avoid penetration of gas combination in explosion area.

**Keywords:** man-made accidents, miner, coal, gas, safety.

## **ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ОТКРЫТЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ**

*Кругликова Анастасия Валерьевна, магистрант; Костяной Антон  
Олегович, студент; Браткова Анастасия Николаев, студент*

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет  
(Сибстрин), 630008, Россия, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113

*Кругликова А.В.*, email [nastikrug@mail.ru](mailto:nastikrug@mail.ru)

*Костяной А.О.*, e-mail [anton18-777@yandex.ru](mailto:anton18-777@yandex.ru)

*Браткова А.Н.*, e-mail [bratkova.00@mail.ru](mailto:bratkova.00@mail.ru)

*Адрес для корреспонденции: Кругликова Анастасия Валерьевна, 630008,  
Россия, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 101/2, кв. 65, тел. +7(913)004-04-72*

### **Аннотация**

В данной работе рассматриваются проблемы, связанные с влиянием климатических условий на эффективность работы открытых очистных сооружений канализации. Описываются возможные пути исключения негативного воздействия природно-климатических факторов на качество очистки сточной жидкости на стадии эксплуатации очистных сооружений канализации.

Во второй части статьи приводится анализ существующих методик расчёта основных сооружений (первичных и вторичных отстойников и аэротенков), применяемых в Российской Федерации при проектировании комплексов по очистке сточной жидкости, а также методика, проведенного эксперимента на функционирующих очистных сооружениях канализации. Описываются суть и результаты выполненных исследований.

### **Ключевые слова**

Сточная жидкость; качество очистки; первичные, вторичные отстойники; аэротенки; температура наружного воздуха; охлаждение; нагревание; потери тепла.

### **1. Введение**

Температура сточной жидкости, наряду с концентрацией взвешенных веществ, азотом аммония, БПК<sub>пол</sub> и рН, является одним из важнейших расчётных показателей, применяемых при проектировании городских очистных сооружений канализации (ОСК) или локальных очистных сооружений канализации предприятий химической, фармацевтической и пищевой промышленности. Известно, что снижение температуры сточной жидкости на 10<sup>0</sup>С приводит к снижению скорости окисления органических веществ в сооружениях биологической очистки в 2-3 раза, во столько же раз увеличиваются объемы сооружений биологической очистки (аэротенков),

следовательно, во столько же раз повышаются капитальные затраты на их строительство. Вместе с этим повышение, особенно чрезмерное, 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.

На стадии проектирования ОСК при определении объёмов первичных и вторичных отстойников, аэротенков за расчётную принимают температуру стоков, поступающих в приёмную камеру. В мировой практике большинство проектируемых и функционирующих очистных сооружений канализации выполняются открытого типа (первичные и вторичные отстойники, аэротенки). В России являются исключением городские очистные сооружения канализации населенных пунктов Заполярья, Крайнего Севера, или районов с вечной мерзлотой, где температура наружного воздуха в самую холодную пятидневку может опускаться до  $-60^{\circ}\text{C}$  и даже  $-70^{\circ}\text{C}$ . В этих населенных пунктах комплексы по очистке стоков размещают в крытых отапливаемых помещениях.

В населённых пунктах Западной и Восточной Сибири, где в период самой холодной пятидневки температура воздуха опускаться до  $-40^{\circ}\text{C}$ , первичные отстойники, аэротенки и вторичные отстойники принимаются открытыми.

## **2. Материалы и методы**

В связи с тем, что температура наружного воздуха может оказывать существенное влияние на температуру сточной жидкости, а это в свою очередь влияет на работу сооружений механической и биологической очистки, были проанализированы применяемые в настоящее время в РФ математические модели трёх сооружений, а именно: первичного отстойника, аэротенка и вторичного отстойника.

Был проведен анализ существующих математических моделей первичных отстойников. При проведении теоретических исследований были определены гидравлическая крупности задерживаемых частиц, которая является одной из основных характеристик при расчете первичных отстойников, а также гидравлическая нагрузка на отстойник [1,2].

Для аэротенков были рассмотрены следующие математические модели: расчетное значение БПК после первичных отстойников, а также, продолжительность обработки сточной жидкости в аэротенках [1].

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  $\alpha$ . Данный коэффициент, к сожалению, в формуле, приведенной в СНиПе, отсутствует [3].

После теоретического анализа, с помощью прибора TESTO 905-T1 проводился эксперимент на функционирующих очистных сооружениях канализации г. Новосибирска и г. Искитим.

Суть эксперимента заключалась в следующем, прибор 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 записывались климатические условия, а именно, температура наружного воздуха, атмосферное давление, относительная влажность и скорость ветра.

### **3. Результаты и обсуждение**

Данные теоритических исследования показали, что в первичных отстойниках на эффект осветления существенно влияет температура сточной жидкости, так при температуре 10<sup>0</sup>С эффект составил всего 35%, при нагревании сточной жидкости до 30<sup>0</sup>С эффект увеличился до 52,4%.

Данные, полученных исследований, при определении показателей для аэротенков, имеют наиболее высокую степень точности, так как биологические процессы, протекающие в данных сооружениях, наиболее изучены на сегодняшний день. Расчет был проведен для диапазона температур 10-20<sup>0</sup>С.

При температуре 10<sup>0</sup>С БПК после первичных отстойников составил 165 мг/л, при повышении температуры иловой смеси до 15<sup>0</sup>С снизился до 90 мг/л, а при нагревании до 20<sup>0</sup>С БПК понизился до 15 мг/л. Не мало важно, то, что в формуле по определению БПК после первичных отстойников присутствует эффект осветления, который зависит от температуры сточной жидкости в первичных отстойников [4].

Результаты по определению фактического выноса из вторичных отстойников получились следующими, при температуре 15<sup>0</sup>С вынос составил 9,9 мг/л, при повышении температуры до 25 мг/л вынос упал до 2,3 мг/л, так при охлаждении стоков до 10 мг/л вынос увеличился до 14,6 мг/л, при таком выносе взвешенных веществ улучшается работа вторичных отстойников [4].

Эксперимент на очистных сооружениях канализации г. Новосибирска показал, что при климатических условиях, не характерных для климата Сибири (температура наружного воздуха от -3<sup>0</sup>С до 30<sup>0</sup>С, скорость ветра 0-8 м/с), температура сточной жидкости изменялась от 0,3 до 1,6<sup>0</sup>С. Настя! Почему температура 30<sup>0</sup>С не характерна для Сибири?

Эксперимент на очистных сооружениях канализации г. Искитим показал изменение температуры на 0,3-1,8<sup>0</sup>С (при температуре наружного воздуха от -28<sup>0</sup>С до +23,5<sup>0</sup>С и скорости ветра 1-8,1 м/с). Однако при температуре -28<sup>0</sup>С был зафиксирован спад температуры сточной жидкости на 6,9<sup>0</sup>С.

Данный, полученные за весь период проведения эксперимента отображены графически на рисунке 1 для Новосибирских ОСК и на рисунке 2 для Искитимских ОСК. Анализ полученных данных показал, что изменение температуры сточной жидкости в открытых сооружениях в зимний период происходит в результате воздействия нескольких статей расхода: расход тепла на испарение сточной жидкости с открытой поверхности сооружения, унос тепла с воздухом, который нагнетается в аэротенки в достаточно большом количестве, потери тепла в грунт через ограждающие конструкции сооружений. 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.

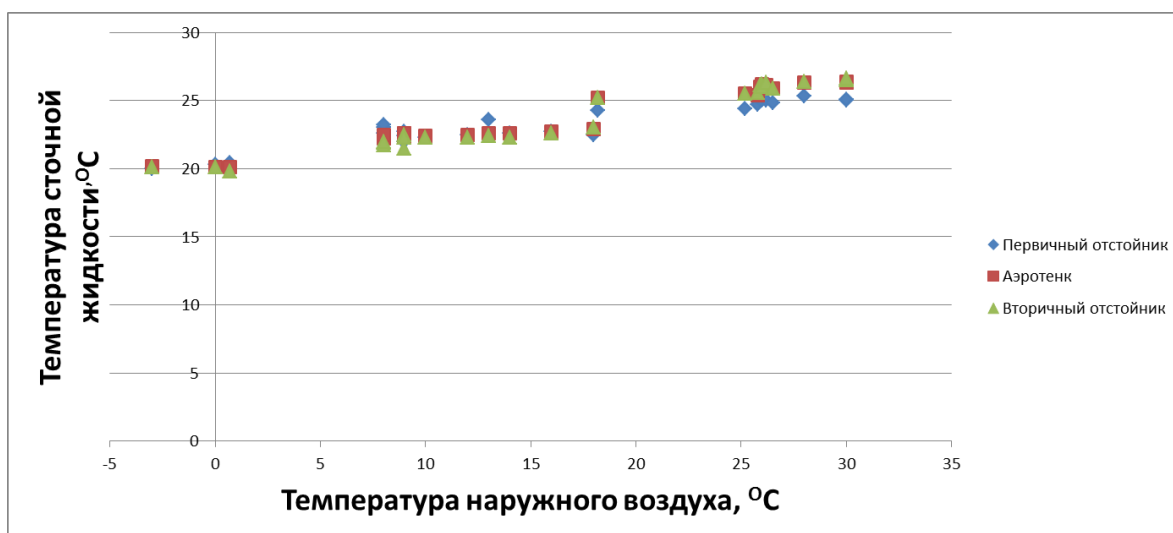


Рис. 1. Влияние температуры наружного воздуха на температуру сточной жидкости (Новосибирск)

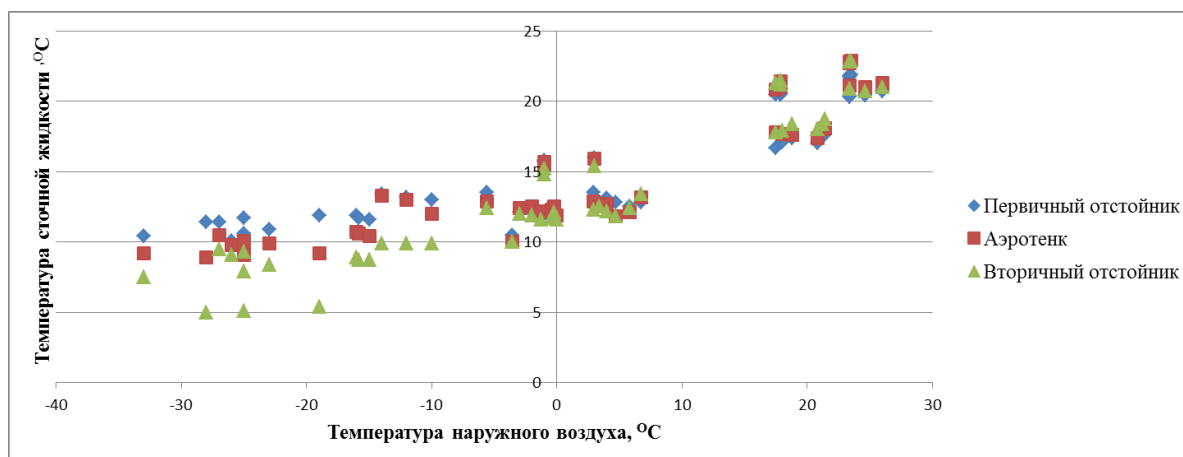


Рис. 2. Влияние температуры наружного воздуха на температуру сточной жидкости (Искитим)

#### 4. Выводы

Данное исследование показало, что температура наружного воздуха и другие климатические факторы существенно влияют на эффективность работы очистных сооружений канализации. При не учете данных факторов степень очистки снижается, что приводит к ухудшению качества сточной жидкости.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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. Kruglikova A.V. Impact of Environment on Sewage Temperature in Open Sewage Treatment Facilities. Proceedings of the IWA 7th Eastern European Young Water Professionals Conference Belgrade, 2015, September, pp. 524 – 530.

## INFLUENCE OF NATURAL CLIMATIC CONDITIONS ON THE EFFICIENCY OF WORK OF OPEN WASTEWATER TREATMENT PLANTS

*Kruglikova Anastasiia Valerevna, Master's Degree student; Kostyanoy Anton Olegovich, student; Bratkova Anastasiia Nikolaevna, student*  
Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), 113  
Leningradskaya Street  
Novosibirsk, 630008  
Russian Federation  
*Kruglikova A.V.*, email [nastikrug@mail.ru](mailto:nastikrug@mail.ru)  
*Kostyanoy A.O.*, e-mail [anton18-777@yandex.ru](mailto:anton18-777@yandex.ru)  
*Bratkova A.N.*, email [bratkova.00@mail.ru](mailto:bratkova.00@mail.ru)

### Abstract

The paper considers issues connected with an environmental impact on efficiency of work of open wastewater treatment plants. Possibilities to avoid a negative impact of natural factors on inline sewage treatment are described.

In the second part of the paper the author analyses current methods of engineering of major facilities (primary and secondary sewage tanks and aerotanks) applied in the Russian Federation in designing of sewage treatment complexes. The main points and results of the research are described.

**Keywords:** Sewage liquor, quality purification, primary, secondary tanks, aerotanks, the outdoor temperature, cooling, heating, heat losses.

## АНАЛИЗ АЭРОИОННОГО СОСТАВА ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЙ

*Манжуева Екатерина Алексеевна магистрант, Коробенков Андрей Дмитриевич*

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

*Манжуева Е. А.*, e-mail: [manzueva@mail.ru](mailto:manzueva@mail.ru);

*Коробенков А. Д.*, e-mail: [voktur@mail.ru](mailto:voktur@mail.ru)

*Адрес для корреспонденции: Манжуева Екатерина Алексеевна,*  
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,  
г.Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8(923)227-07-87

### Аннотация

В статье проводится анализ литературных источников по заданной теме. Рассматриваются вопросы о влиянии аэроионов на здоровье человека.

**Ключевые слова:** аэроионы, легкие ионы, тяжелые ионы, ионизатор воздуха, Люстра Чижевского.

### Введение

На сегодняшний день рабочие места многих сотрудников оснащены мониторами, системными блоками, принтерами и другим компьютерным и копировально-множительным оборудованием. Кроме оргтехники, создающей электростатические поля, в отделке или мебелировке помещений часто используются синтетические материалы или покрытия, которые способны накапливать электростатический заряд. Часто помещения оснащаются системами принудительной вентиляции, очистки и кондиционирования воздуха. Все эти факторы оказывают отрицательное влияние на аэроионный состав воздуха в помещении. В РФ применяется СанПиН 2.2.4.1294-03, в котором указываются требования на соблюдение в воздухе аэроионного состава, как в производственных, так и в общественных помещениях.

Целью данной работы является теоретический анализ аэроионного состава воздуха помещений.

### Анализ аэроионного состава воздуха

Аэроионы – это положительно или отрицательно заряженные ионы [1].

При ионизации воздуха происходит присоединение к атому электрона и так образуется отрицательно заряженный ион и соответственно при отщеплении от атома электрона образуется положительно заряженный ион. В воздухе образуются атомы  $N_2^+$  и  $O_2^-$  причина их появления связана с космическими лучами.

Также существуют понятия легких и тяжелых ионов.

Легкие ионы – отдельные атомы или совокупность атомов, но не более 15 атомов[2].

Тяжелые ионы образуются при присоединении к легким ионам пыли, тумана[2].

На человека оказывают положительное влияние легкие отрицательные ионы.

Одним из первых в нашей стране начал изучать влияние аэроионов на здоровье человека Чижевский Александр Леонидович, который в 1918 году открыл биологическое действие электрических зарядов воздуха на организм. Он пришел к выводу, что воздух, лишенный аэроионов, подобен пище без витаминов или воде без минеральных солей[4].

Чижевский проводил эксперименты над мышами, помещая их в закрытые камеры, куда поступал профильтрованный через вату воздух без ионов, т.е. происходила деионизация. И уже на 5-10 сутки у мышей снижался аппетит, они становились вялыми и последние дни своей жизни проводили без движения. И наоборот мыши, которым подавался ионизированный воздух, чувствовали себя бодрыми, у них был отличный аппетит, происходило увеличение веса. Этот опыт подтверждает важность поддержания оптимальных значений аэроионов в воздухе[4].

Гигиенические и физиологические исследования, проведенные в производственных и общественных помещениях со сниженным уровнем аэроионизации, показали наличие выраженных изменений функционального состояния жизненно важных систем организма человека.

Воздействие аэроионов происходит в основном через дыхательные пути и кожные покровы. Поток легких отрицательных аэроионов сталкивается с поверхностью кожи, повышая ее рецепторы и изменяя тактильную и болевую чувствительность, время роста волос. Но таким путем на долю кожной поверхности человека приходится менее 1% газообмена, следовательно, поступление ионов в организм таким путем чрезвычайно мало. Ионы, поступая через легкие в организм, осуществляют внутренний электрообмен между электрической аэросистемой и электростатической системой организма. Затем через мембрану отрицательные аэроионы поступают в кровь, которая уже в свою очередь разносит их по всему организму [4].

Отрицательные ионы кислорода благотворно влияют на состояние нервной системы, кровяное давление, тканевое дыхание, обмен веществ, на физико-химические свойства крови, содержание сахара в крови Действие положительных ионов строго противоположно.

Для поддержания оптимальных значений аэроионов в помещениях устанавливают ионизаторы. Чижевский А.Л. создал такой ионизатор (люстра Чижевского), который вырабатывает отрицательные ионы.

Данный ионизатор является ионизатором электроэффлювиального типа. От греческого слова эффлювий – стекаю, т.е. электрические заряды "стекают" с иголки, остря – электрода, имеющего малый радиус, на который подается высокое (20...30 кВ) электрическое напряжение отрицательной полярности [5].

Когда Люстра включается в сеть, переменное напряжение увеличивается до

десятков киловольт, далее поступает на выпрямитель, где отбрасывается положительная составляющая, остаются только отрицательные импульсы. Отрицательное напряжение, которое подаётся на ионизирующий электрод, необходимо для создания мощного электростатического поля. В результате коронного разряда с электродов Люстры стекают электроны в воздушное пространство, которые быстрее чем через миллионную долю секунды соединяются с молекулами кислорода и образуют лёгкие отрицательно заряженные аэроионы [5].

Люстра Чижевского способна вырабатывать только отрицательные ионы воздуха, но это нецелесообразно, так как человеческий организм требует, как отрицательных ионов, так и положительных. Поэтому такие ионизаторы используются все реже, а им на смену пришли биполярные ионизаторы. Они способны вырабатывать ионы обеих полярностей. В настоящее время ионизаторы коронного принципа, действия которые способны создавать в помещении допустимые параметры аэроионного состава воздуха, оказывающие положительное влияние на здоровье и самочувствие человека. Однако, при работе ионизаторов может создаваться значительный статический потенциал и другие факторы, оказывающие влияние на безопасность условий труда [5].

#### **Нормирование аэроионного состава воздуха**

Первое упоминание в СССР о нормировании аэроионного состава воздуха было в СанПиН 2152-80 «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений», просуществовав более 20 лет, его заменил СанПин РФ 2.2.4.1294-03. Допустимые значения отрицательных и положительных ионов в составе воздуха остались прежними, однако, в СанПиН 1980 года соотношение концентраций нормировалось с помощью показателя полярности  $\Pi$ , который определён как отношение разности числа ионов положительной  $n_0^+$  и отрицательной  $n_0^-$  полярности к их сумме, т.е.:

$$\Pi = (n_0^+ - n_0^-)/(n_0^+ + n_0^-) \quad (1)$$

При этом допускались значения  $\Pi$  в интервале от -0.05 до +0.05.

В СанПиН 2003 года соотношение концентраций регламентирует коэффициент униполярности  $У$ , который определён как отношение концентрации положительных аэроионов  $n_0^+$  к концентрации отрицательных аэроионов  $n_0^-$ , т.е.

$$У = n_0^+/n_0^- \quad (2)$$

Коэффициент униполярности  $У$  можно пересчитать в показателя полярности, используя простое соотношение.

$$\Pi = (У-1)/(У+1) \quad (3)$$

В соответствии с СанПиН 2.2.4.1294-03 в РФ нормируются значения

концентраций аэроионов и коэффициента униполярности (см. табл. 1).

Таблица 1

Допустимое содержание отрицательных и положительных ионов в помещениях

Нормируемые показатели	Концентрация аэроионов, $\rho_0$ (ионов/см <sup>3</sup> )		Коэффициент униполярности, $Y$
	Положительной полярности	Отрицательной полярности	
Минимальное значение	$\rho_0^+ \geq 400$	$\rho_0^- > 600$	0,4 $\leq$ $Y$ < 1,0
Максимальное значение	$\rho_0^+ < 50000$	$\rho_0^- \leq 50000$	

Коэффициент униполярности, как уже упоминалось, рассчитывается как отношение концентрации положительных ионов  $\rho^+$  к концентрации отрицательных  $\rho^-$  ( $Y = \rho^+ / \rho^-$ ). Из соотношения униполярности видно, что количество отрицательных ионов не может быть меньше количества положительных.

Нужно отметить, что за рубежом практически во всех странах требования к аэроионному составу воздуха помещений не установлены, в частности в США и других западных странах нормируются лишь требования к аэроионизаторам. Лишь в Японии действует стандарт, который определяет допустимые значения аэроионного состава воздуха и метод измерения концентрации данного параметра, соответствующий методу измерения, применяемому в Российской Федерации [6,7,8].

В РФ утверждены следующие нормативные документы в данной области:

- СанПиН 2.2.4.1294-03 «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений»;
- МУК 4.3.1675-03 «Общие требования к проведению контроля аэроионного состава воздуха»;
- МУ 4.3.1517-03 «Санитарно-эпидемиологическая оценка и эксплуатация аэроионирующего оборудования».

#### Обзор исследований по данной теме

Многие авторы освещают данную тему (Черный К.А., Абдрахимов Ю.Р., Вадулина Н.В., Федосов А.В., Скрипетов В.П., Плетенева Т.В., Максимова Т.В., Петрякова О.Д., Алексеев И.С., Храмов А.В.). Эти авторы проводили экспериментальные замеры легких и тяжелых и отрицательных аэроионов в составе воздуха при различных условиях труда работников и жизнедеятельности людей. Помещения были следующие: цех синтетических сеток, лаборатории, студенческие аудитории, жилые квартиры в черте города, загородные дома. Изучая и анализируя их научные труды, статьи и публикации можно прийти к выводу о том, что добиться нормируемых показателей по СанПиНу крайне сложно в промышленных и городских условиях. Примерное количество отрицательных аэроионов в начале дня не превышает 500 в 1 см<sup>3</sup>, а

к его концу падает до 50 – 100 в 1 см<sup>3</sup>. Отношение отрицательных и положительных легких аэроионов меняется в течении дня, при чем число тяжелых положительных аэроионов возрастает до нескольких десятков тысяч в 1 см<sup>3</sup> воздуха. Множество факторов влияют на измеряемый параметр, такие как запыленность помещений, малая вентиляция или ее отсутствие, применение различного оборудования в цехах, эксплуатация большого количества оргтехники, скопление людей в одном помещении и многое другое. Аэроионный состав воздуха начинает приближаться к норме в озелененных и парковых территориях, а загородной чертой находится в пределах допустимых значений. Примерное количество отрицательных аэроионов в таком месте около 1000 в 1 см<sup>3</sup>. Это обусловлено тем, что зелень и водоёмы, которые могут там находиться являются естественными ионизаторами.

### **Заключение**

Таким образом, на основе изученной литературы можно сделать вывод том, что для обеспечения нормативных значений аэроионного состава воздуха в помещениях, необходимо проведение исследований влияния на него различных видов оборудования и других факторов и практических аспектов соблюдения требований норм, также учитывая медицинские аспекты влияния на состояние основных систем жизнедеятельности организма аэроионного состава воздуха, то вопросы оптимизации аэроионного состава воздуха в организациях, компьютерных классах и производственных помещениях необходимо уделять больше внимания. а также изучение вопроса обеспечения безопасности персонала при применении ионизаторов.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. СанПиН 2.2.4.1294-03 «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений» [Текст].- М.: Приор, 2003. – 4с;
2. МУК 4.3.1675-03 «Общие требования к проведению контроля аэроионного состава воздуха» [Текст]. – М.: Приор, 2003. – 6с;
3. МУ 4.3.1517-03 «Санитарно-эпидемиологическая оценка и эксплуатация аэроионизирующего оборудования» [Текст]. – М.: Приор, 2003. – 5с;.
4. Чижевский А.Л. Аэроионы и жизнь. Беседы с Циолковским. - М.: Мысль, 1999. - 716с.
5. Скипетров В.П. Аэроионы и жизнь. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - Саранск: Типография "Красный Октябрь", 2005. 136 с.
6. ANSI/ESD STM 3.1-2006. Part "Ionization", США;
7. ANSI/ESD SP 3.3-2006. Part "Periodic verification of Air Ionisers", США;
8. JIS B 9929:2006. "Standard for measuring methods of airborne ion density"

## **ANALYSIS OF AERO IONIC COMPOSITION OF AIR OF PREMISES**

*Manzhuyeva Ekaterina Alekseevna* master student,

e-mail: [manzueva@mail.ru](mailto:manzueva@mail.ru)

*Korobekov Andrey Dmitriyevich* PhD Tech., e-mail: [voktur@mail.ru](mailto:voktur@mail.ru)

Novosibirsk State Technical University 20, Karl Marx av, Novosibirsk, 630073,  
Russia

**Key words:** air ion, light ion, heavy ion, air ionizer, chandelier Chizhevskogo

**ABSTRACT:** This paper represents the analysis of references on the maintenance of aero ions in air. All premises are subdivided into different categories: workplaces on performances, office, classroom, quarters, country houses and forest-park territories. Many authors were engaged to the matters. They measured aero ionic composition of air by the special device that is called the counter of aero ions. After measurements the conclusion, has been drawn that it is difficult to achieve the required indicators according to the standard. Requirements of standards are fulfilled only for territories of the forest-park space and a country house. Therefore, questions of influence of aero ions on health of the person are consider in the article.

**УДК 612.16:612.79**

## **СПОСОБЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА**

*Никитина Марина Григорьевна, магистрант; Парахин Анатолий Михайлович*

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

*Никитина М. Г.*, email [9139402259m@gmail.com](mailto:9139402259m@gmail.com)

*Парахин А. М.*, e-mail [ilyaxova@corp.nstu.ru](mailto:ilyaxova@corp.nstu.ru)

*Адрес для корреспонденции: Никитина Марина Григорьевна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20*

С каждым днём непрерывно возрастает сложность объектов управления. Технический процесс способствует всё более широкой автоматизации деятельности. Во многих случаях в управлении объектами участвует человек. Для эффективного действия объектов управления необходимо уделять особое внимание изучению динамических свойств человека-оператора.



## Ключевые слова

Человек – оператор; система человек – машина; частота сердечных сокращений; кожно-гальваническая реакция.

### 1. Введение

Трудовая деятельность человека-оператора заключается во взаимодействии с органами управления какого-либо процесса на основе его информационной модели. На рис.1 представлено схематичное изображение системы человек – машина[1].

Машина, получив входные данные, поставляет человеку информацию, которую он воспринимает и интерпретирует. Затем человек производит необходимую установку органов управления машиной, чтобы изменить её выходные данные.

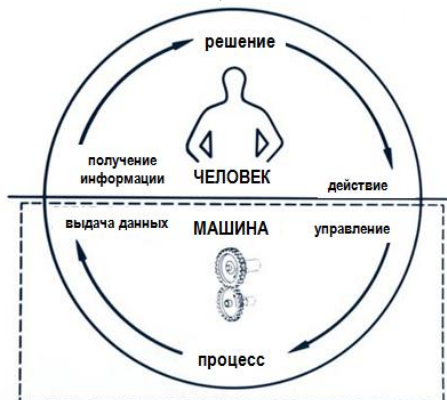


Рис. 4. Система человек – машина

Чтобы оценить состояние человека-оператора, среди прочих параметров, необходимо учитывать частоту сердечных сокращений (далее ЧСС) и кожно-гальваническую реакцию (далее КГР). Для регистрации данных параметров будет использоваться компьютерный полиграф "Барьер 14".

## 2. Параметры оценки состояний оператора

### 2.1 Кожно-гальваническая реакция

Кожа является одним из наиболее сложно организованных органов человеческого тела. Она дополняет функции внутренних органов, в частности выводит продукты, которые не выделяются легкими и почками. Долго время считалось, что электрические процессы (в том числе изменение сопротивления) кожи связаны с деятельностью потовых желез. Большое количество работ посвящено роли секреции потовых желез в генезе электрической реакции кожи. Так, ещё И.Р. Тарханов считал, что причина колебаний КГР заключается в усилении нервной активности человека, что сопровождается повышением секреции пота и проявляется в возникновении гальванического тока на поверхности тока. Однако объяснить электрическую активность кожи только лишь потовыделением невозможно, т.к. время реакции потовых желез значительно больше, чем регистрируемые отклонения кожного сопротивления и других электромагнитных параметров. КГР характеризует изменение электрического сопротивления или разности потенциалов кожи, а также является одним из наиболее результативных способов регистрации

возникновения эмоциональной напряженности у оператора. [2]

На рис.2 приведены кривые изменения электрического сопротивления тела человека под влиянием внешних раздражителей. Из рисунка видно, что изменение электрического сопротивления, возникшее рефлекторно, сохраняется длительное время. Исходное значение сопротивления восстанавливается в некоторых случаях не ранее чем через 10 минут[2].

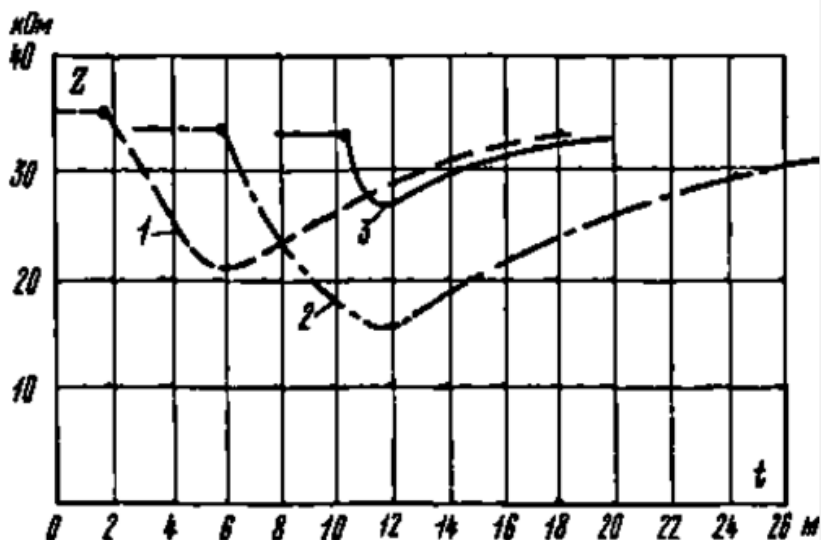


Рис. 2. Зависимость электрического сопротивления тела человека от вида раздражителя.

1 –укол; 2 – неожиданный звук; 3 – легкий удар по руке.

Моменты раздражения обозначены точками

## 2.2. Частота сердечных сокращений

Для анализа вегетативной регуляции ритма часто используется такой простой и доступный метод исследования, как гистография (вариационная пульсография), в основе которой лежит построение гистограммы распределения изучаемого ряда интервалов R-R. По оси абсцисс откладывают значения длительностей интервалов, а по оси ординат - количество интервалов с соответствующими значениями их длительностей.

В стрессовых ситуациях, а также при патологических состояниях диаграмма будет с узким основанием и острой вершиной (эксцессивная). Ассиметричная диаграмма наблюдается при переходных процессах, нарушении стационарного процесса. Многовершинная диаграмма свидетельствует о не синусовом ритме (экстрасистолии, мерцательной аритмии).

Геометрические методы позволяют оценить вариабельность сердечного ритма с помощью следующих параметров: моды, амплитуды моды и вариационного размаха.

Мода ( $M_0$ ) – соответствует количеству RR-интервалов, которые встречаются наиболее часто, следовательно, позволяют оценить реальное состояние систем регуляции пациента.

Амплитуда моды ( $AM_0$ ) – показывает долю интервалов, которые соответствуют значению моды. Этот параметр отражает стабилизирующий эффект централизации управления сердечным ритмом.

Вариационный размах (VAR) – соответствует разности между длительностью самого большого и самого маленького интервалов[3].

Для того чтобы оценить степень адаптации сердечно-сосудистой системы к различным факторам и посмотреть степень регуляции данных процессов используются дополнительные параметры. К ним относят индекс вегетативного равновесия, показывающий соотношение влияния на сердечно - сосудистую систему симпатической и парасимпатической систем, показатель адекватности процессов регуляции, который позволяет определить влияние на синусовый узел симпатического отдела, индекс напряжения регуляторных систем, указывающий на степень влияния нервной системы на работу сердца, и вегетативный показатель ритма, который отражает баланс регуляции работы сердечно-сосудистой системы со стороны симпатического и парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

### **3. Обсуждение и выводы**

Таким образом, при оценке состояния оператора, необходимо учитывать как кожно-гальваническую реакцию, так и частоту сердечных сокращений. Однако полиграф «Барьер 14» позволяет регистрировать также верхнее (грудное), нижнее (брюшное) дыхание; частоту пульса; противодействие тестированию, а также речевой сигнал. На наш взгляд это позволит наиболее полно охарактеризовать состояние оператора.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Ergonomics, safety and railway level crossings / Eric Wigglesworth // HFESA Journal, Ergonomics Australia Vol 21, Number 4, December 07 / January 08 – p.5.
2. Основы электробезопасности / В.Е. Манойлов // Энергия – 1976.
3. Спортивная кардиология / Э.В. Земцовский // Санкт- Петербург: Гиппократ – 1995.

### **METHODS OF EVALUATION OPERATOR'S HEALTH STATUS**

**Nikitina Marina Grigorevna**, master student, [9139402259@gmail.com](mailto:9139402259@gmail.com)

**Parakhin Anatoly Mikhailovich**, Doctor of Science, associate professor, [lyaxova@corp.nstu.ru](mailto:lyaxova@corp.nstu.ru).

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

**Abstract.** There are a lot of automatic control systems all over the world nowadays. One of the basic tenets of ergonomics can be expressed in three words: humans are fallible, it is a well-known fact. Put more precisely, humans have a limited range of capabilities, and outside that range, their ability to perform will suffer.

In order to prevent injury, the task of the ergonomist is to identify those points at which the demands of the system outstrip the capability of the human.

The aim of this article is to study the parameters that characterize the operator such as galvanic skin and heart rate.

**Keywords:** Operator; man-machine system; heart rate; galvanic skin response.

## АНАЛИЗ ШУМА ТРАНСПОРТА В СЕЛИТЕБНОЙ ЗОНЕ

*Туз Александра Сергеевна, бакалавр*

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](mailto:iskandar.mel@gmail.com)

### **Аннотация**

Актуальность темы обусловлена тем, что в последние годы из-за увеличения численности транспорта на дорогах, в городе ухудшается шумовая обстановка. В данной работе были проведены расчеты уровня шума, интенсивности звуковой энергии, эквивалентный уровень шума создаваемыми одиночным транспортом: легковым, карбюраторным и дизельным автомобилями.

### **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 брались автомобили, движущиеся с постоянными скоростями, равными 40 км/ч и 60 км/ч. Расстояния от здания до первой полосы движения дороги – 20 м. Ниже приведены расчетные формулы. [1]

Уровень шума:

$$L_p = 30 \lg V + K \quad (1)$$

где,  $V$  - скорость автомобиля;

$K$  - коэффициент регрессии, зависящий от модели автомобиля, для легковых – 21,2; дизельных – 34,8;

Уровень шума на произвольном расстоянии от источника:

$$L_i(r_i) = L_{ip} - 20 \lg \frac{r_i}{7.5} \quad (2)$$

где,  $L_{ip}$  - расчетный уровень шума;

$r_i$  - расстояние от точки наблюдения до источника.

Расстояния от точки наблюдения до источника:

$$r_i = \sqrt{x_i^2 + y^2} \quad (3)$$

где,  $x_i$  - текущая координата автомобиля;

$y$  - расстояние от точки измерения до посолы движения.

Интенсивность звуковой энергии в точке измерения:

$$I = 10^{0.1L-12} \quad (4)$$

Интенсивность звуковой энергии в точке наблюдения:

$$I_i(r) = \frac{56.25 I_{ip}}{x_i^2 + y^2} \quad (5)$$

где,  $I_{ip}$  - расчетный уровень звуковой интенсивности.

Интегральная интенсивность:

$$I_{интi} = 56.25 \int_{x_1}^{x_2} \frac{I_{ip}}{x_i^2 + y^2} dx \quad (6)$$

Эквивалентная интенсивность звука:

$$I_{экви} = \frac{I_{интi}}{x_1 - x_2} = \frac{I_{интi}}{T(x_1 - x_2)} \quad (7)$$

где,  $x_1 - x_2$  - участок дороги;

$T$  - время наблюдения.

Все полученные результаты были занесены в таблицу, а также построены графики, для наглядности и анализа приведены примеры четырех графиков.

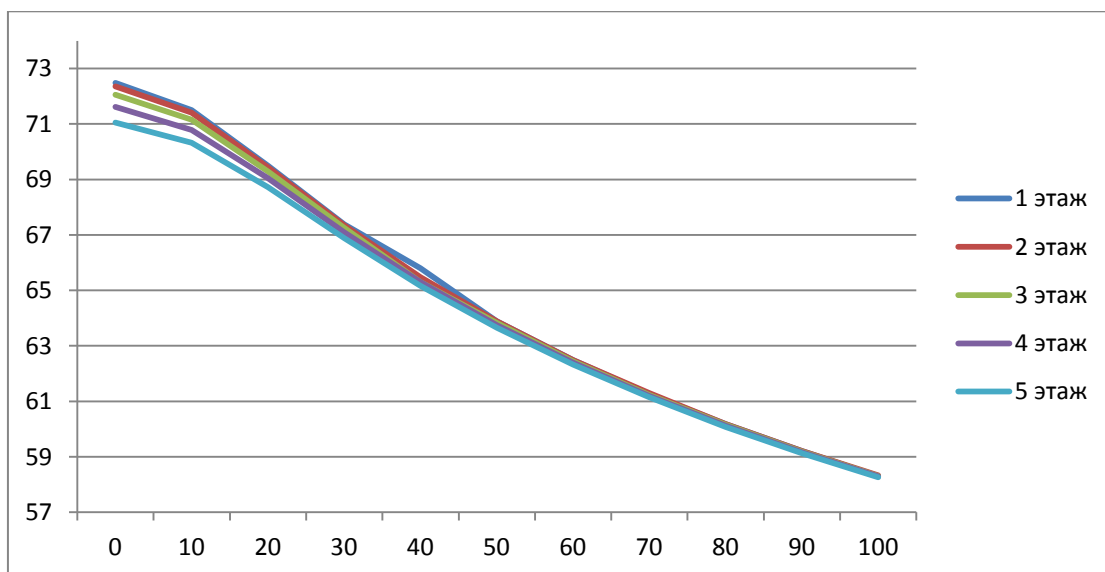


График 1. Зависимость уровня шума дизельного автомобиля от расстояния, при скорости равной 40 км/ч

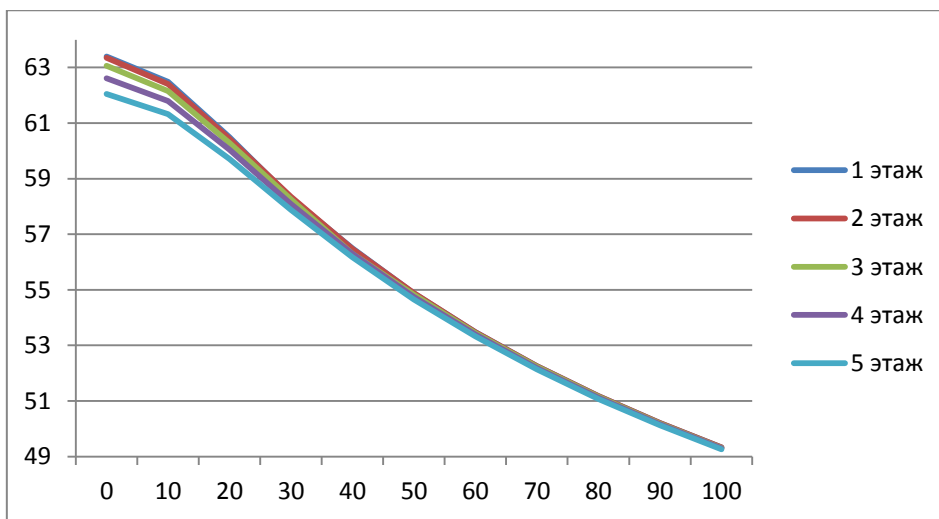


График 2. Зависимость уровня шума легкового автомобиля от расстояния, при скорости равной 40 км/ч

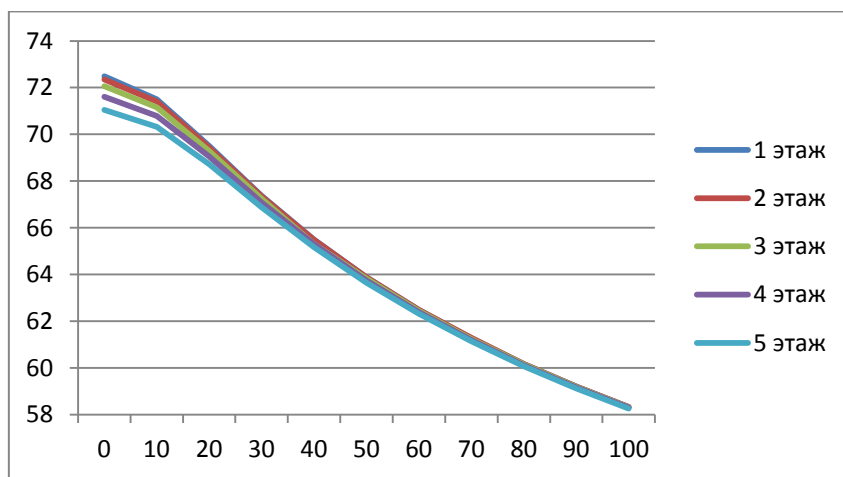


График 3. Зависимость уровня шума дизельного автомобиля от расстояния, при скорости равной 60 км/ч

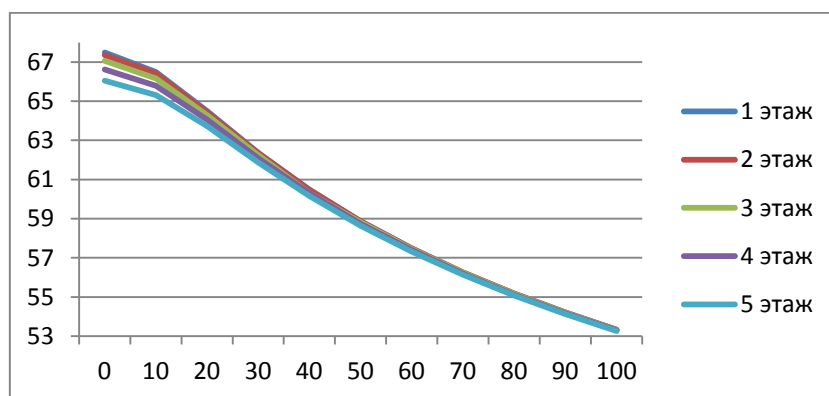


График 4. Зависимость уровня шума легкового автомобиля от расстояния, при скорости равной 60 км/ч

Результаты показали, что чем выше этаж, тем ниже уровень воздействия шума. В данном случае брался пятиэтажный дом, и разница между первым и пятым этажом получилась небольшая. Если бы высота дома была больше, допустим двадцатиэтажный дом, то разница бы соответственно выросла.

Были рассмотрены различные способы снижения шума. Для нижних этажей лучше всего подходят шумозащитные экраны и зеленые насаждения, а для верхних - звукоизолирующие окна. [2]

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Дьяков А.Б., Игнатьев И.В., Конилин Е.П. Экологическая безопасность транспортных потоков / Под ред. Дьякова А.Б. — М.: Транспорт, 1989.
2. 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

### **ANALYSIS OF NOISE TRANSPORT IN RESIDENTIAL ZONE**

*Tuz Alexandra Sergeevna, bachelor degree*

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk,  
pr. Karla Marksa, 20, tel. (913) 005-48-19

*Tuz A.S.*, email [iskandar.mel@gmail.com](mailto:iskandar.mel@gmail.com)

#### **Abstract**

Actuality of theme conditioned by the fact that in recent years due to the increase in the number of transport on the roads in the city worsens noise situation. In this paper, calculations of noise, the intensity of sound energy that is equivalent to the noise created by a single transport have been carried out: cars, gasoline and diesel cars. 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.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕРЕБРЕНИЯ ВОДЫ В СХЕМЕ ВОДОПОДГОТОВКИ

*Хохлова Анна Борисовна, магистрант; Горбатенков Михаил Дмитриевич*  
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,  
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (952)947-16-36  
**Хохлова А.Б.**, email [annasunny2015@mail.ru](mailto:annasunny2015@mail.ru)

*Адрес для корреспонденции:* **Хохлова Анна Борисовна**, Новосибирский  
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.  
Карла Маркса, 20, тел. (952)947-16-36

### **Аннотация**

В данной работе рассмотрена применяемая в настоящее время в Новосибирске схема обеззараживания питьевой воды (ультрафиолетовое облучение воды с последующей обработкой промышленным гипохлоритом натрия) и предложенная альтернативная схема (ультрафиолетовое облучение с последующим серебрением воды). Рассмотрена суть методов – ультрафиолетового облучения, обработка промышленным гипохлоритом натрия и серебрения воды. Сравнены достоинства и недостатки обеих схем. Доказано, что использование в качестве второй ступени серебра и меди в пропорции 1:10 целесообразно.

### **Ключевые слова**

Серебрение воды, ультрафиолетовое облучение, промышленный гипохлорит натрия, водоподготовка, бактерицидный эффект.

### **1. Введение**

Вода оказывает значительное влияние на здоровье человека. По данным ВОЗ, около 90% болезней человека вызывается употреблением для питьевых нужд некачественной воды. По данным геронтологов, есть прямая корреляция между качеством потребляемой воды и продолжительностью жизни людей.

В настоящее время единственный источник водоснабжения – река Обь с Новосибирским водохранилищем, которая полностью обеспечивает потребности города в воде. По результатам контроля, в Новосибирске *на пунктах водоподготовки* качество воды полностью соответствует СанПин 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»

Несмотря на то, что водопроводная вода в Новосибирске соответствует принятым санитарным нормам, она остается далеко не чистой. Основные причины - хлорирование воды и состояние водопровода. В настоящее время



срок службы стальных трубопроводов 15-20-летней давности прокладки заканчивается, и начинается их массовый выход из строя. Поэтому потребитель может сталкиваться с проблемой микробиологической безопасности воды – ведь даже вода из подземных источников может содержать единичные клетки патогенных микроорганизмов, но основную угрозу представляет вода, вторично загрязняемая микробами при нарушении герметичности водопроводной сети.

Обеззараживание питьевой воды – санитарно-технические мероприятия по уничтожению в воде бактерий и вирусов, вызывающих инфекционные заболевания. Различают химические (реагентные) и физические (безреагентные) способы обеззараживания питьевой воды. К химическим способам обеззараживания относят хлорирование воды, обработка воды гипохлоритом, озонирование, обеззараживание ионами тяжелых металлов и другие, к физическим – обеззараживание ультрафиолетовыми лучами, ультразвуком и т.д.

Методы обеззараживания воды, используемые в настоящее время в Новосибирске – ультрафиолетовое облучение воды с последующей обработкой промышленным гипохлоритом натрия.

Целью данной работы является сравнение используемой схемы очистки воды и предложенной альтернативной – ультрафиолетовое облучение с последующим серебрением воды.

Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи:

- рассмотрение используемых методов;
- рассмотрение предложенного метода;
- сравнение их достоинств и недостатков, условий их применения.

## **2. Теория**

Метод обеззараживания воды с использованием *ультрафиолетового излучения* применяется для обработки питьевой воды, воды для промышленного и бытового использования, для обеззараживания сточных вод. УФ-излучение при длине волны 254 нм обладает сильным бактерицидным эффектом. Ультрафиолетовая установка состоит из ультрафиолетовых ламп, защищенных кварцевыми чехлами. Установка смонтирована таким образом, чтобы обеззараживаемая вода омывала лампы тонким слоем.

Ультрафиолетовая лампа нейтрализует все известные болезнетворные бактерии с большим запасом надежности. Излучение разрушает молекулы ДНК в клетках микроорганизмов, препятствуя их размножению. Кишечная палочка, бацилла дизентерии, возбудители холеры и тифа, вирусы гепатита и гриппа, сальмонелла, цисты *Giardia lamblia* и *Cryptosporidium* погибают при дозе облучения менее 10 мДж/см<sup>2</sup>, в то время как ультрафиолетовая лампа обеспечивает дозу облучения 30 мДж/см<sup>2</sup>. Потребность электроэнергии при УФ-облучении – 0,02 кВт\*час/м<sup>3</sup>.

При УФ-облучении воды не существует проблемы передозировки, так как повышение дозы не приводит к гигиенически значимым неблагоприятным изменениям свойств воды и образованию побочных продуктов.

Недостатком данного метода является то, что длительность действия такого обеззараживания равна нулю, так как в воде не остаётся ни одного реагента, который бы мог угнетать вирусы и бактерии, появившиеся в воде на какой-либо стадии ее транспортировки до потребителя.

Поэтому для обеспечения пролонгированного обеззараживания питьевой воды применяется добавление *гипохлорита натрия*, получаемого непосредственно в электролизерах. Гипохлорит натрия представляет собой соль хлорноватистой кислоты. Действующим началом гипохлорита является гипохлоритный ион (OCI<sup>-</sup>). Применяют два способа электрохимического обеззараживания: получение гипохлорита натрия электролизом с последующим введением его в обрабатываемую воду и непосредственный электролиз обрабатываемой воды. Получение гипохлорита натрия в электролизере производят в периодическом или непрерывном режимах. При периодическом режиме работы исходный раствор соли заливают в непроточный электролизер, проводят электролиз до получения требуемой концентрации гипохлорита натрия, затем сливают в бак-накопитель и используют его оттуда по мере необходимости. Проточный режим предусматривает непрерывный электролиз раствора хлорида натрия с одновременным дозированием гипохлорита в обрабатываемую воду.

При использовании такой комбинированной схемы обеззараживания воды возможно значительное сокращение дозировки хлорирующих агентов в  $8 \div 10$  раз, что приводит соответственно и к уменьшению содержания в воде хлорированных углеводов.

*Недостатки:*

- Хлор и хлорсодержащие реагенты не уничтожают спорообразующие бактерии;
- Некоторые микроорганизмы и водоросли могут приспосабливаться к хлору;
- Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая», содержание связанного активного остаточного хлора в водопроводной воде перед подачей в распределительную сеть должно находиться в пределах 0,8-1,2 мг/л. Остаточная концентрация активного хлора 1,5 мг/л не обеспечивает необходимой эпидемиологической безопасности в отношении вирусов;
- Хлор и хлорсодержащие реагенты обладают способностью вступать в реакции замещения, в результате чего образуются хлорсодержащие токсины, канцерогенные, мутагенные и иммунотоксичные вещества, а также яды. Постепенно накапливаясь в организме, могут быть причиной болезней сердца, анемии, повышенного давления, атеросклероза;
- Применение промышленного гипохлорита натрия связано с повышенным риском вследствие агрессивности промышленного раствора NaOCI (12-19%), возможности возгорания при контакте с органическими горючими веществами (опилки, ветошь) и образования хлора, относящегося ко 2-му классу опасности, при взаимодействии с кислотой.

Конкурирующим вариантом обеззараживания питьевой воды может служить облагораживание ее *серебром*. Ионы серебра используют в медицине как сильное бактерицидное средство. Их применяют для сохранения запасов воды на флоте, в космических полетах и быту.

Известны различные способы получения серебряной воды. Первый способ – контактный, путем контакта воды с частицами серебра или посеребренными поверхностями различных предметов. Второй способ предусматривает растворение в воде необходимого количества азотнокислого серебра. Третий способ основан на электрохимическом растворении металлического серебра в ходе электролиза. При электролизе металлического серебра количество поступающих в воду ионов серебра зависит от силы постоянного тока, проходящего между электродами.

Способ обеззараживания воды электролитическим серебром был разработан академиком Украинской АН Л.А. Кульским в 1930 году. Он описал целебные свойства серебряной воды и методы ее использования в медицинской практике. Ученый доказал, что серебро в концентрации 0,1 – 0,2 мг/л подавляет и обеззараживает в течение часа возбудителей дизентерии, сальмонеллеза и энтеропатогенную кишечную палочку. Сейчас этот метод применяют в США, Франции, Чехии, Германии и других странах. Было установлено также, что серебро обладает ценным свойством консервировать воду на длительное время: вода, обработанная серебром в концентрации 0,02 мг/л, сохраняет высокие санитарно-гигиенические показатели в течение года и более.

Наряду с серебром *медь* также имеет клеточно-убивающее действие. Так как медь не является драгоценным металлом, а только полудрагоценным, то её действие больше распространяется на предотвращение размножения водорослей в воде, что удастся применить в системах водоподготовки. В Европе в отдельных местностях уже применяется подготовка воды, основанная на подаче ионов серебра и меди, производящихся при помощи соответствующего электролиза электродов, в определённых концентрациях (как правило, 1:10). Ионы серебра обеспечивают бактериостатические качества, медь служит для борьбы с образованием водорослей и хлопьевидного осадка бактерий. Проходя через песочный фильтр, эти соединения удаляются из воды и остаются в песке фильтра.

Примером этому служит общественный бассейн в Бельгии - Санта Вит в Валоне. В сопровождении исследователей университета из Лоевенига в бассейне Св.Вит производят водоподготовку закрытого бассейна в течении 20 лет при помощи ионов меди и ионов серебра. Таким образом посетители бассейна Св.Вит владеет наслаждаются одним из двух бассейнов в Бельгии, которые совершенно не содержат хлора.

Основное преимущество медно-серебряной ионизации перед другими способами дезинфекции - это полное устранение из воды водорослей и возбудителей инфекционных заболеваний при минимуме энергозатрат, отсутствие затрат на покупку химических препаратов (альгицидов, рН-корректоров, дезинфектантов) и длительный пролонгирующий эффект

дезинфекции (в отдельных случаях эффект дезинфекции при выключенной установке может продолжаться до одного месяца).

По данным ВОЗ, выраженный бактерицидный эффект (т.е. способность гарантированно убивать определенные бактерии) наблюдается при концентрациях ионов серебра свыше 150 мкг/л. При концентрациях 50-100 мкг/л ионы серебра обладают бактериостатическим действием (т.е. способностью сдерживать рост и размножение бактерий). Бактериостазис - процесс обратимый и после прекращения действующего фактора, рост и размножение бактерий возобновляются. Исключением является только случай длительного бактериостатического воздействия. Концентрация серебра в воде, разрешенная действующими нормативами - 50 мкг/л по российскому СанПиН. С этой точки зрения, серебрение можно использовать как способ продления срока хранения воды (при несоблюдении правил хранения и в зависимости от концентрации соединений серебра возможно выпадение осадка и изменение цвета воды).

*Недостатки:*

- Серебро в СанПиН 2.1.4.1074-01 относится ко 2 классу опасности.
- Как типичный тяжелый металл медленно выводится из организма и постоянно накапливается. При длительном накоплении серебра возможно проявление признаков аргироза – отравления серебром.
- Физиологическая роль соединений серебра плохо изучена. По данным ВОЗ серебро обычно поступает в организм в малых количествах 7 микрограмм в сутки.
- Ионы серебра убивают отнюдь не все бактерии. Целый ряд микроорганизмов, например, спорообразующие бактерии более устойчивы к их воздействию.

### **3. Результаты и обсуждение**

Метод УФ-облучения надежен и безвреден, но не обладает пролонгированным действием. Так как предельно допустимая концентрация серебра в питьевой воде (0,05 мг/л) обладает бактериостатическим эффектом, то серебрение воды может использоваться в качестве второй ступени бактериологической очистки воды после предварительной обработки ее УФ-облучением. Преимуществом является более длительный срок сохранения высоких санитарно-гигиенических показателей (более года) по сравнению с хлорированием (порядка нескольких недель), недостатком – более длительный срок обработки.

Более целесообразным представляется использование в качестве второй ступени серебра и меди в пропорции 1:10, что позволит снизить затраты серебра при достижении того же эффекта. Предельно допустимая концентрация меди 1мг/л (класс опасности ниже, чем у серебра – 3-й). К тому же медь, в отличие от серебра, представляет собой жизненно необходимый элемент для человеческого организма. Всемирная Организация Здравоохранения сформулировала правило относительно содержания меди в организме человека: риск недостатка меди значительно превышает риск от избытка меди в

организме человека. По рекомендации ВОЗ суточная норма меди, необходимая для нормального функционирования организма, составляет 1,5-3 мг. Предельно допустимая доза, поступающая в организм с продуктами питания, составляет 5 мг. Из потребляемой пищи усваивается лишь 5-10% содержащейся в продуктах меди. Рекомендуемый для дезинфекции уровень концентрации меди в плавательных бассейнах должен поддерживаться в пределах 0,5–0,7 мг/л., а для питьевой воды концентрация меди должна быть несколько меньше. Следовательно, поступление меди с питьевой водой не должно оказывать негативного влияния на здоровье человека.

#### 4. Выводы

Посеребренную воду с содержанием ионов серебра в пределах действующих нормативов можно считать безопасной. Вопрос о принятии внутрь лишнего тяжелого металла, который в обычных условиях человек получает в малых дозах - личный выбор каждого, при условии, что он информирован о всех плюсах и минусах.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инженерная экология: Часть 4. Основы экологии производства: учеб. пособие / А.П. Быков. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. – 104 с.
2. Действие ионизации [Электронный ресурс] // Project Aqua Технология здоровой жизни. - Режим доступа: <http://project-aqua.ru/index.php/dejstvie-ionizatsii>
3. Сравнение обработки воды хлором и способом ионизации [Электронный ресурс] // Project Aqua Технология здоровой жизни. - Режим доступа: <http://project-aqua.ru/index.php/sravnenie-metodov>
4. Обеззараживание воды [Электронный ресурс] // ПромЭкоВектор. - Режим доступа: <http://ecovector.ru/book/export/html/135>
5. Серебрение воды [Электронный ресурс] // RuTalk. - Режим доступа: <http://www.rutalk.co.uk/archive/index.php/t-83805.html>
6. Избыток меди [Электронный ресурс] // Neboleem.net. - Режим доступа: <http://www.neboleem.net/izbytok-medi.php>
7. Обеззараживание воды в бассейне ионами серебра и меди [Электронный ресурс] // АКОН Дилерский интернет магазин. - Режим доступа: <http://www.acon-market.ru/stati/2014-04-09/obezzarazhivanie-vody-v-basseyne-ionami-serebra-i-medi>
8. Повышение экологической безопасности в технологиях производства питьевой воды из поверхностных источников / Ф.И. Лобанов, Ян Гао // Тезисы докладов V международной научно-производственной конференции, г. Новосибирск, 2009 г.
9. Практика применения концентрированного гипохлорита натрия для обеззараживания воды в технологии водоподготовки / В.Д. Соколов, В.М. Низковских // Тезисы докладов VI международной научно-производственной конференции, г. Новосибирск, 2010 г.

## USE OF WATER SILVERING IN WATER TREATMENT SCHEME

*Khokhlova Anna Borisovna, Master student; email [annasunny2015@mail.ru](mailto:annasunny2015@mail.ru)  
Gorbatenkov Mikhail Dmitrievich, Associate Professor (Eng.Sc.)  
Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,  
630073, Russia*

### **Abstract**

In this paper we considered the drinking water treatment scheme currently applied in Novosibirsk (ultraviolet irradiation and sodium hypochlorite) and then we offered an alternative scheme (ultraviolet irradiation and water silvering). We considered methods: ultraviolet radiation, treatment of water with sodium hypochlorite and water silvering. We compared the merits and demerits of both schemes. We offered arguments why the use of water silvering with silver and copper in 1:10 ratio in the second stage of water treatment is expedient.

### **Keywords**

Water silvering, ultraviolet irradiation, sodium hypochlorite, water treatment, bactericidal effect.

УДК 532.11

## АНАЛИЗ НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

**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: [step\\_up\\_21@mail.ru](mailto:step_up_21@mail.ru)

*Илюшов Н.Я.*, email: [kamchatka1234@rambler.ru](mailto:kamchatka1234@rambler.ru)

В статье рассмотрены виды нагрузок на гидротехнические сооружения которые, могут стать причиной его разрушения и привести к катастрофическим последствиям. Объектом исследования является здание Новосибирской ГЭС.

**Ключевые слова:** гидротехнические сооружения, нагрузки и воздействия, давление, прочность.

Нагрузки на гидротехнические сооружения (ГТС) подразделяются на постоянные и временные (длительные, кратковременные и особые).

К постоянным нагрузкам относят: собственный вес сооружений, а также вес основного технологического оборудования; давление воды на поверхности

сооружений со стороны верхнего и нижнего бьефов; фильтрация воды.

К временным длительным нагрузкам относят: давление наносов; нагрузки от транспортных средств.

К кратковременным нагрузкам относят: давление волн и льда; снеговые и ветровые нагрузки.

К особым нагрузкам относят: температурные воздействия для года с экстремальными климатическими условиями; сейсмические воздействия; динамические воздействия от промышленных взрывов[1].

Так как главной особенностью функционирования гидротехнических сооружений является их постоянное взаимодействие с водой, то при исследовании нагрузок большое значение придается определению сил воздействия воды на сооружение, оказывающих наибольшее давление на ГТС.

Давление воды складывается из гидростатического и гидродинамического воздействия. Гидростатическое давление раскладывается на горизонтальные составляющие  $W_1$  и  $W_2$  и вертикальные составляющие  $W_3$  и  $W_4$ .

Вертикальные составляющие (пригрузка водой)  $W_3$  и  $W_4$  равны весу воды в объеме тела давления, например, в соответствии с рис 1.

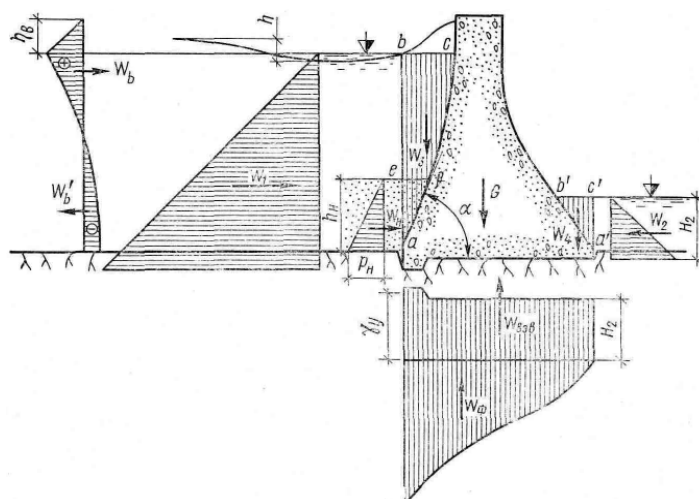


Рисунок 1. Нагрузки и воздействия на водоподпорное сооружение

Для нахождения объема тел давления недостаточно исходных данных, поэтому невозможно определить вертикальные составляющие гидростатического давления  $W_3$  и  $W_4$ .

Горизонтальные составляющие рассчитывают по формулам гидравлики:

$$W_1 = \gamma_0 \frac{H_1^2}{2} * b,$$

$$W_2 = \gamma_0 \frac{H_2^2}{2} * b,$$

где  $\gamma_0$  - удельный вес воды, Н/м<sup>3</sup>;

$H_{1,2}$  – глубина погружения расчетного сечения под уровень воды, м;

$b$  – длина сооружения, м.

Гидродинамическое воздействие создаётся потоком воды при его прохождении через водосбросные и водосливные отверстия. Силу гидродинамического давления на конструкцию в потоке определяют по формуле Ньютона[1]:

$$W_d = C_x * S_m * \rho * \frac{v^2}{2}$$

где  $C_x$  – коэффициент лобового сопротивления, зависящий от формы обтекаемого водой тела (определяется экспериментально);

$\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$S_m$  - площадь миделева сечения, м<sup>2</sup>;

$v$  – средняя скорость, м/с.

Волновое давление возникает в результате воздействия на гидротехнические сооружения ветровых и судовых волн. При этом вода оказывает на стенки сооружения дополнительное (сверх гидротехнического) давление[2].

Максимальное давление горизонтальной волновой нагрузки  $P_{xc}$  на вертикальную стену сооружения наблюдается при нахождении отметки волновой поверхности между отметками, соответствующими гребню и ложбине волны (рис. 2).

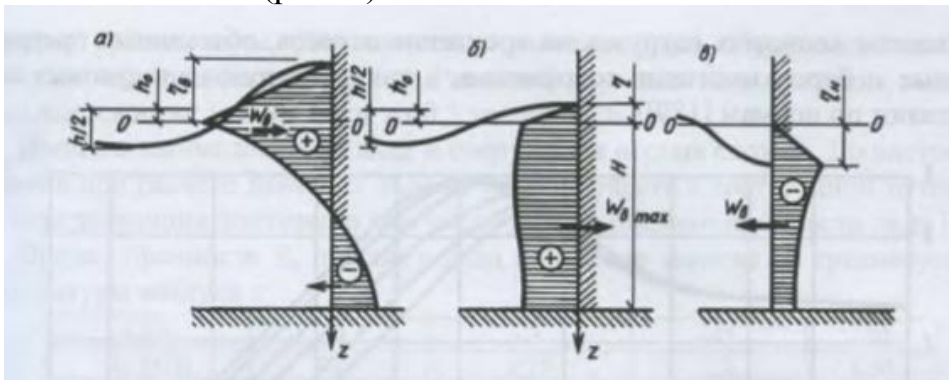


Рисунок 2. Эпюры волнового давления стоячей волны на вертикальную стену:  
а – при гребне волны; б – в момент максимальной нагрузки; в - при ложбине волны.

Горизонтальную нагрузку на вертикальную стену при воздействии стоячей волны рекомендуется принимать по эпюре волнового давления в соответствии с нормативной документацией [3].

Различные воздействия на гидротехнические сооружения оказывают ледяной покров и отдельные льдины: статическое; динамическое (удар плавающих льдин); выдергивающее — при подъеме уровня воды подо льдом, примерзшим к элементам сооружения; истирающее — при движении льда, вдоль стенок сооружений и т. п. [2]

Нагрузку от воздействия движущихся ледяных полей на секцию протяженного сооружения (рисунок 3)  $F_{c,w}$ , МН, по формуле [3]

$$F_{c,w} = 2,2 * 10^{-3} v h_d \sqrt{A k_v \rho R_c}$$

где  $v$  – скорость движения ледяного поля, м/с;

$h_d$  – толщина ровного льда, м;

$A$  – максимальная площадь ледяного поля, м<sup>2</sup>,

$R_c$  - предел прочности пресного льда на сжатие принимается в зависимости от



среднесуточной температуры воздуха  $t_{cp}$ , МПа;

$k_v$  – коэффициент, зависящий от эффективной скорости деформации льда в зоне его соприкосновения с сооружением.

$\rho$  - плотность воды.

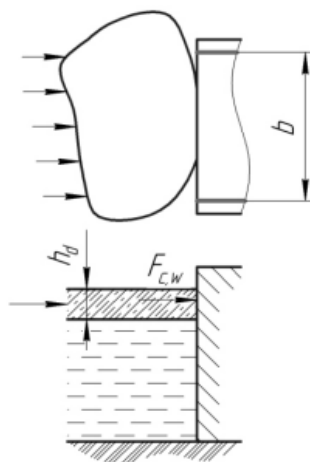


Рисунок 3. Схема приложения нагрузки от движущегося ледяного поля на секцию сооружения

Нагрузку от воздействия остановившегося поля ровного льда, наваливающегося на сооружение при действии течения воды и ветра  $F_s$ , МН, необходимо определять по формуле [3]

$$F_s = (p_\mu + p_v + p_i + p_{\mu,a})A$$

в которой величины  $p_\mu, p_v, p_i, p_{\mu,a}$ , МПа, определяются в соответствии методикой [3].

В скобках суммируются следующие силы, отнесенные к единице площади ледяного поля: сила трения потока о нижнюю поверхность поля; гидродинамического давления на кромку поля; сила, обусловленная влиянием уклона поверхности потока; сила трения воздуха о наружную поверхность ледяного покрова [1].

Итак, были рассчитаны некоторые из нагрузок, которые воздействуют на исследуемое гидротехническое сооружение.

Давление каждой нагрузки на квадратный метр сооружения составило:

#### Давление от нагрузок на ГТС

Вид нагрузки	Давление, кПа
Гидростатическое давление: - со стороны верхнего бьефа - со стороны нижнего бьефа	117,72 39,24
Гидродинамическое давление	0,5

Волновое давление - При максимальном значении горизонтальной волновой нагрузки на стену;	7,14
- при наименьшем значении отметки волновой поверхности у стены	4,1
Давление льда: - давление от движущихся ледяных полей	15,8
- давление остановившегося поля ровного льда, наваливающегося на сооружение при действии течения воды и ветра	28,58

Значения давлений, представленные в таблице, являются нормативными для исследуемого объекта, то есть бетон, использованный при строительстве сооружения, для которого рассчитаны нагрузки, должны обладать заданной прочностью, способной выдержать эти давления.

Прочность при сжатии является основным показателем механических свойств бетона, которая определяется пределом прочности при сжатии стандартных образцов-кубов размером 150x150 см.

Для возведения ГТС применяется бетон марки М400. Данной марке соответствует класс В30, значение прочности на сжатие которого для предельных состояний первой и второй группы равно 17000 и 22000 кПа соответственно[4]. Отсюда следует вывод, что стены сооружения, при строительстве которых используется бетон класса В30, даже при минимальной толщине 150 см способны выдержать максимальное из рассчитанных давлений, соответствующее гидростатическому воздействию воды. При этом значения пределов прочности бетона больше значения гидростатического давления воды в 145 и 186,9 раза соответственно.

Это значит, что здание ГЭС Новосибирск, устойчиво к воздействию постоянных, временных длительных и кратковременных нагрузок, что и подтверждается на практике.

Но не следует исключать вероятность воздействия таких особых нагрузок, как природные катаклизмы (например, сейсмические воздействия), динамические воздействия от промышленных и террористических взрывов.

Не смотря на то, что наиболее неблагоприятные воздействия от особых нагрузок учитываются при проектировании и строительстве сооружения, все возможные сценарии их протекания трудно поддаются прогнозированию.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Гидротехнические сооружения. Часть 1. Учебник для вузов. - Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 576 с.

2. Волков И. М., Кононенко П. Ф., Федичкин И. К., Гидротехнические сооружения, М., Колос, 1968.

3. СНиП 2.06.04-82 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)»

4. СНиП 2.06.08-87 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений»

## ANALYSIS OF LOADINGS AND IMPACTS ON HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTIONS

Khudyakova Yu.I., student, email: [step\\_up\\_21@mail.ru](mailto:step_up_21@mail.ru)

Ilyushov N. Ya., Ph.D. (Engineering) email: [kamchatka1234@rambler.ru](mailto:kamchatka1234@rambler.ru)  
Novosibirsk state technical university, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave.,  
20, ph. (913)005-48-19

This article discusses types of loads on hydraulic engineering constructions which can become the reason of its destruction and lead to catastrophic consequences. Object of research is the building of Novosibirsk hydroelectric power station.

In work it was studied how water, ice and waves exert impact on durability.

After carrying out necessary calculations and the analysis of durability of construction materials it has become that the investigated construction can sustain influence of the main loadings.

But it isn't necessary to exclude probability of influence of such special loadings as natural cataclysms (for example, seismic influences), dynamic influences from industrial and terrorist explosions. It is difficult to predict scenarios of its course.

Keywords: hydraulic engineering constructions, loadings and influences, pressure, durability.

### УДК

### ОХРАНА ТРУДА --КЛЮЧ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ

*Яковлева Юлия Павловна*

### Аннотация

Крайне важно развитие сотрудничества во всех элементах системы управления и устранение негативных проявлений на производстве. Формирование условий труда позволит активизировать профессиональный потенциал работников, а также увеличить продолжительность оперативного времени за счет прекращения нерегламентированных перерывов в работе, которые иногда доходят до 40% от оперативного времени. В этом случае охрана труда становится целью организации производства, а не составной его частью. Должное внимание вопросам охраны труда позволит обеспечить снижение затрат, сохранение и старение организма работника, повышение работоспособности, возможность увеличить фактический фонд рабочего времени, сократить простои исправного оборудования, снижение травматизма и заболеваемости, текучести кадров. Новая система ведения охраны труда на основе изменения потока отклонений и нарушений от требований законодательных актов, правил и инструкций по охране труда позволяет

повысить эффективность работы по обеспечению безопасности.

### **Ключевые слова**

Деятельность по охране труда, концепция охраны труда, полная ориентационная основа, эффективность деятельности, поток отклонений, нормативная документация, оперативное время.

Согласно ст.1 ФЗ «Об основах охраны труда РФ» под охраной труда понимается система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия. Целью мероприятий является создание условий труда, которые будут отвечать требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе их трудовой деятельности.

Производительные силы в настоящее время достигли такого уровня, что каждый работник производит продукции значительно больше, чем использует для своего потребления. Эффективность труда зависит от конечного продукта и затрат на его производство:

$$\mathcal{E}_T = P_K / (T_{\text{ж}} + T_{\text{ов}})$$

где:

$\mathcal{E}_T$  - эффективность труда;

$P_K$  - конечный продукт;

$T_{\text{ж}}$  - затраты живого (стандартного, современного) труда;

$T_{\text{ов}}$  – затраты овеществленного труда.

Конечный продукт  $P_K$  должен быть конкурентоспособным и пользоваться платежеспособным спросом. Однако, многие работодатели производители продукции назначают низкие цены для поддержания конкурентоспособности не за счет использования достижений научно-технического прогресса, совершенствования применяемого оборудования и технологий, передового опыта, а используя привилегии и льготы, снижая реальный уровень зарплаты работников, не соблюдая технические регламенты на ремонт, техническое обслуживание, обновление техники. Такие предприниматели, не владеющие полной ориентационной основой деятельности, как правило, разоряются. В данной ситуации не срабатывает и рыночный механизм.

Для устранения указанных негативных явлений предлагается концепция полной ориентационной основы трудовой деятельности.

Согласно указанной концепции, под полной ориентационной основой понимается – создание условий для развития, жизни, труда и отдыха работника, с учетом его возможностей и потребностей, потребностей и возможностей других индивидуумов объединений подсистем и систем. В указанной зависимости нельзя изменять и представлять составляющие элементы, так как это может привести к формированию конфликтующей саморазрушающейся системы.

Использование полной ориентационной основы будет способствовать развитию сотрудничества во всех элементах системы управления и устранению

таких негативных проявлений в производстве как низкий технический уровень технологий, изношенность основных фондов, достигшая критического уровня, необеспеченность средствами индивидуальной защиты, нарушение работы средств и систем коллективной защиты, массовые нарушения технологической и производственной дисциплины, низкий уровень профессиональной и специальной подготовки, несоблюдение режимов труда и отдыха, резкое сокращение медицинских осмотров, отсутствие стимулирования безопасного труда.

Бытует мнение: «Средств на охрану труда негде взять», - поэтому работодатели, в первую очередь, сокращают службу охраны труда и совершенно не занимаются профилактической работой.

Обязательная проработка мероприятий по улучшению условий труда формирует мнение у работодателей, что изначально любое производство можно начинать с нарушением требований охраны труда и санитарных норм. При этом работодателями не учитывается тот факт, что неблагоприятные условия труда приводят к резкому снижению работоспособности. Для восстановления своих сил работник делает нерегламентированные перерывы в работе, которые достигают иногда до 40 % от оперативного времени. При этом простаивает исправное оборудование и здания, не ведутся технологии, не производится продукция. Производительность труда падает не менее чем на 20 %. Становится очевидным, что решающим элементом оздоровления условия труда должно стать не их улучшение, а формирование соответствующих санитарным нормам условий труда для обеспечения высокоэффективного труда. При этом охрана труда должна стать не составной частью, а целью организации производства, обеспечивающая резкий рост производительности труда.

В настоящее время существует распространенное мнение, что основную долю несчастных случаев на производстве 70...90 % составляют случаи по причинам организационного и личностного характера, под которыми подразумеваются, неудовлетворительная организация производства работ, недостатки в обучении работников по охране труда, нарушения требований безопасности, нарушения трудовой дисциплины и т.д. Однако в данном случае, причины носят смешанный характер, что приводит к негативным последствиям, коллективной безответственности и занижению роли человеческого фактора в повышении результативности труда.

Традиционная система профилактики травматизма на основе устранения выявленных причин травматизма носит тупиковый характер, так как даже в актах Н-1 принимаемые меры не соответствуют выявленным причинам.

Поэтому предлагается новый механизм ведения ОТ, который включает следующие составляющие:

Ключ к обеспечению безопасности на предприятии – регулярный анализ и контроль отклонений на производстве от требований законодательных актов, правил и инструкций по охране труда, объективность и гласность этой работы.

Неписанный закон для всех участников производства – каждый делает все от него зависящее для пунктуального выполнения требований

законодательных актов, правил и инструкций по охране труда.

Решающий мотив – уменьшение случаев отклонения от требований законодательных актов, правил и инструкций по охране труда повышает работоспособность и безопасность, обеспечивает рост производительности и результативности труда.

Критериями оценки эффективности работы являются:

1. Коэффициент риска – отношение числа выявленных отклонений к общему числу оцениваемых позиций.

$$K_p = N_o / N_n$$

где:  $K_p$  – коэффициент риска;  $N_o$  – количество выявленных отклонений;

$N_n$  – количество оцениваемых позиций.

Оцениваемые позиции могут укрупняться, делиться или полностью исключаться в зависимости от достигнутых рубежных результатов или потери значимости. Коэффициент применяется для оценки безопасности в однородных подразделениях.

2. Приведенный коэффициент риска – определяется умножением коэффициента риска на коэффициент приведения.

$$K_{пр} = K_p * K_n$$

где:  $K_{пр}$  – приведенный коэффициент риска;  $K_n$  – коэффициент приведения.

Применяется для оценки разнородных подразделений.

3. Коэффициент приведения – отношение числа контролируемых позиций в подразделении к среднему числу контролируемых отклонений от требований законодательных актов, норм и правил охраны труда по предприятию в целом.

$$K_n = N_{кпп} / N_{ср}$$

где  $N_{ср}$  – среднее число контролируемых позиций;  $N_{кпп}$  – число контролируемых позиций в подразделении.

Объективность и гласность подведения итогов данной работы достигается при комиссионной оценке. Комиссия назначается из числа выборных представителей трудового коллектива и администрации с обязательным участием инженера по охране труда. К работе комиссии могут привлекаться эксперты, занимающиеся обучением и аттестацией по охране труда на данном предприятии или учебных центрах. В компетенцию комиссии входит изменение числа контролируемых позиций. Данное решение оглашается при очередном обсуждении результатов работы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трудовой кодекс Российской Федерации 30 декабря 2001 года. №197-ФЗ. Принят государственной думой 21 декабря 2001 года. Одобрено Советом Федерации 26 декабря 2001 года.
2. Безопасность труда в агропромышленном комплексе: учебное пособие / Т.И. Гуляева и [др.]. Орел: изд-во Орел ГАУ, 2008, 504 с.
3. Фатыхов, Д.Ф. Охрана труда в торговле, общественном питании, пищевых производствах в малом бизнесе и быту: Учеб. пособие – М.: Издательский центр «Академия», 2003. - С. 224 с.

4. Чирикова А. Бизнес как субъект социальной политики в современной России//Общество и экономика. 2006. № 5. С. 110-113. Ширшков, А.И. Менеджмент охраны труда: Учебник. – Ростов-на-Дону: «Феликс», 2000. -С. 384. 4. Программа действий по улучшению условий и охраны труда // Социальная защита. – 2007. - №12. – С.1-24. – (Библиотека журнала)
5. Буренко Л.А., Зотов Н.В. Рекомендации по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в сельскохозяйственной области агропромышленного комплекса РФ // Труды ГОСНИТИ. 2008. 3 КАКОЙ С. 169-171.
6. Охрана труда в АПК России от возникновения до прекращения трудовых отношений. Воронеж: изд-во им. Е.А. Болховитинова, 2007. Кн. 3: Обеспечение безопасных условий и охраны труда в организации – обязанность работодателя. / В.А. Охинько и [др.]. 1070 с.
7. Определение опасности и оценка рисков для снижения травмоопасности и уменьшения количества несчастных случаев на предприятии / О. В. Павлова, А. В. Гуськов, К. Е. Милевский // Наука. Промышленность. Оборона : тр. 16 Всерос. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию Победы Великой Отечественной войне (Новосибирск, 22–24 апр. 2015 г.). – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015.
8. Анализ возможных последствий аварии на ООО "ЗСМ 7" / А. В. Гуськов, К. Е. Милевский, А. О. Сильченко // Наука. Промышленность. Оборона : тр. 15 Всерос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 23–25 апр. 2014 г. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014.

## LABOUR SAFETY - A KEY TO SAFETY

Yakovleva Julia P.

### **Abstract**

The paper presents the concept of full employment orientation basis of any employee, which will promote cooperation in all elements of the control system and eliminate the negative developments in the industry. Formation, rather than improving working conditions, will strengthen the professional capacity of workers and to extend the operating time by eliminating unregulated work breaks, which sometimes reach 40% of operating time. At the same labor protection should not become an integral part, purpose and organization of production, providing a sharp rise in labor productivity. Due consideration will ensure the protection of labor cost savings for self-preservation and aging of the employee; increase efficiency of each person the opportunity to increase the actual fund of working hours, reducing downtime serviceable equipment, reducing injury and illness, turnover. The new system of safety on the basis of changes flow deviations and violations of the requirements of laws, rules and regulations on labor protection improves the effectiveness of the security.

### **Key words**

Activities for the protection of labor, the concept of safety, the complete orientation basis, the efficiency of the flow deviations, regulatory documentation, operative time.

# **СЕКЦИЯ: ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

УДК 550.424

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА МИГРАЦИЮ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ВЫСОКОСУЛЬФИДНЫХ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ**

*Акимова Татьяна Николаевна<sup>1</sup>, студент;*

*Мягкая Ирина Николаевна<sup>2</sup>, к.г.-м.н.*

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, 630073,  
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

<sup>2</sup>Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 630090,  
Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3

**Акимова Т.Н.**, e-mail [akimovatn92@gmail.com](mailto:akimovatn92@gmail.com)

**Мягкая И.Н.**, e-mail [i\\_myagkaya@igm.nsc.ru](mailto:i_myagkaya@igm.nsc.ru)

*Адрес для корреспонденции: Акимова Татьяна Николаевна,*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.  
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (953)779-18-34

### **Аннотация**

Представлены данные об изменении химического состава (основного ионного состава, содержания тяжелых металлов, минерализации, рН и Eh) поровых вод отходов обогащения Урского хвостохранилища (Кемеровская область) в ходе воздействия отрицательных температур. Установлено, что содержания Cu, Zn, Fe, Cd и Al снижаются постепенно относительно исходного порового раствора с каждым этапом замораживания, а Hg, Pb и As в поровых растворах, в том числе и исходном, распределены довольно неравномерно. Процесс выщелачивания проходит также и при отрицательной температуре, как и при длительном хранении отходов на открытом воздухе.

### **Ключевые слова**

Тяжелые металлы, хвостохранилище, криопрцессы.

### **1. Введение**

Складированные высокосульфидные отходы в хвостохранилищах несут проблему загрязнения близлежащих территорий, поскольку за счет влияния атмосферных факторов происходит окислительное выщелачивание отходов с образованием кислого дренажного раствора, в котором элементы, в том числе и токсичные, переходят в растворенную форму [1]. Исследование способности окисления сульфидов при низких температурах хорошо известно с термодинамической точки зрения [2]. На примере зоны вечной мерзлоты выявлено, что, не смотря на то, что образование льда ограничивает перенос



тяжелых металлов в растворенном состоянии, при этом происходит так называемый эффект криоконцентрирования [3] за счет того, что растворы вымораживаются, и как результат, становятся высококонцентрированными [4]. Однако повышенная концентрация элементов приводит к уменьшению температуры замерзания воды, вследствие чего увеличивается содержание незамерзшей воды, которая способствует дальнейшему окислению сульфидов при отрицательных температурах [3]. Таким образом, при промерзании сульфидсодержащего вещества процессы окислительного выщелачивания происходят быстрее. Изучение непосредственно сульфидсодержащих природно-техногенных объектов в условиях низких температур только стали набирать обороты [5,6]. Это обусловлено процессами глобального потепления, а в районах вечной мерзлоты стали находить подобные объекты [3,7,8]. Изучение воздействия криопроцессов на трансформацию отходов и проблема экологической безопасности территорий, прилегающих к хвостохранилищам, обуславливает актуальность работы в настоящее время. Цель работы – изучить влияние низких температур на скорость выщелачивания элементов из высокосульфидных отходов обогащения.

Хвостохранилище образовано более 80 лет назад в пос. Урск и сложено отходами обогащения первичных полиметаллических руд (ОПР) и отходами руд зоны окисления (ОРЗО) Ново-Урского месторождения в виде двух самостоятельных куч. В отходы первичных руд преобладает барит и пирит, в отходах руд зоны окисления соединения Fe(III), барит, кварц, алюмосиликаты и др. В отходах первичных руд и отходов руд зоны окисления содержания обсуждаемых элементов составляют (г/т): Cu 290 и 100, Zn 286 и 160, Cd 1,36 и 0,37, Hg 75 и 36, Pb 2867 и 2000. Отходы в кучах не закреплены и размываются дождевыми и паводковыми водами. Естественный ручей, дренируя отвалы, превращается в кислый дренажный ручей (концентрации в КДР: Cd=0.018 мг/л, Zn=11 мг/л, Fe=780 мг/л, Cu=2.5 мг/л, Pb=0.11 мг/л, Al >26 мг/л, Hg=0.011 мг/л, As=0.63 мг/л) переносящий вещество отходов далее по потоку рассеяния [1].

## **2. Методика экспериментального исследования**

Во время полевых работ сотрудниками ИГМ СО РАН был проведен отбор проб твердого вещества отходы первичных руд и отходы руд зоны окисления. В лаборатории был поставлен эксперимент с целью оценки скорости выщелачивания тяжелых металлов при отрицательных температурах. Суть эксперимента – поэтапное замораживание вещества с последующим отжимом из него поровых растворов ручным гидравлическим прессом под давлением 150 г/см<sup>3</sup>. Растворы каждого типа собирались в одной емкости, далее замерялся pH и Eh портативным анализатором «Анион 7051» (Инфраспек-Аналит) и затем они фильтровались через обеззоленный бумажный фильтр «синяя лента». Далее растворы были законсервированы HNO<sub>3</sub> в пропорции 4 мл кислоты на 1 л раствора. Часть раствора не консервировалась для определения анионного состава. Отжатые образцы заливались 160 мл дистиллированной воды с целью дальнейшей заморозки. Первая заморозка образцов проводилась в течение 3

дней, вторая заморозка образцов – 70 дней, третья заморозка – 9 дней.

Для выявления степени влияния замораживания на выщелачивание элементов, после отжима поровых вод, из не замороженного ни разу вещества однократно была приготовлена водная вытяжка в пропорции навеска:  $H_2O_{\text{дист}} = 1 : 20$  на 24 часа. Фильтрация и консервация проводилась аналогично.

Аналитические исследования были выполнены на базе аналитического центра ИГМ СО РАН, где определялся элементный состав полученных после эксперимента растворов атомно-абсорбционным методом (аналитики Л.Н. Букреева, Ж.О. Бадмаева), используя фотометр Solar М6 (Thermo Electron), а также в ИНХ СО РАН, где определялся анионный состав водных проб методом ионной хроматографии на приборе 883 BasicICPlus (Metrohm) (аналитик Т.Е. Романова).

### 3. Результаты и обсуждение

Исходные поровые воды отходов первичных руд согласно классификации вод А.И. Перельмана [9] относятся к водам, переходным в рассол (минерализация 39 г/л), сильнокислые (рН 1,52 и Eh 550 мВ) железо-алюминий-сульфатного типа. Исходные поровые растворы ОРЗО относятся к соленым водам (минерализация 9,6 г/л), сильнокислые (рН 2,35 и Eh 576 мВ) Ca- Fe- Al-сульфатного типа. Исходные поровые растворы отходов обоих типов обладают более высокой минерализацией, чем растворы кислого дренажа (минерализация 4,8 г/л). Значение рН дренажного ручья (1,9) выше, чем в исходном поровом растворе ОПР, но ниже, чем в исходном поровом растворе ОРЗО. Показатель Eh в дренажном ручье превышает значения (655 мВ) этого показателя в исходных поровых водах отходов обоих типов.

Поровые растворы отходов обоих типов на всех стадиях эксперимента - сильнокислые (рН от 1,52 до 2,93). Растворы ОПР кальций-алюминий-железного типа, растворы ОРЗО железо-алюминий-кальциевого типа. Минерализация поровых растворов после каждого этапа заморозки уменьшается – с 39 до 7 г/л (для случая с ОПР) и с 9 до 5 г/л (для случая с ОРЗО), тогда как значение рН повышается с 1,52 до 2,16 (ОПР), а в растворах ОРЗО – с 2,35 до 2,65. Показатель Eh в водах из отходах обоих видов на всех стадиях эксперимента ведет себя непостоянно – после 1 и 2 заморозок увеличивается (I этап: с 550 до 561 мВ для ОПР, с 576 до 594 мВ для ОРЗО; II этап: с 561 до 674 мВ для ОПР, с 594 до 694 мВ для ОРЗО), после 3 заморозки уменьшаются (до 652 мВ для ОПР и до 675 мВ для ОРЗО).

В ходе анализа полученных данных было установлено, что элементы, обсуждаемые в работе, ведут себя не одинаково. Для первой группы - Cu, Zn, Fe, Cd и Al, характерны максимальные значения концентраций в исходных поровых растворах, которые снижаются постепенно с каждой заморозкой (рис.). При этом преобладают элементы в растворе из отходов первичных руд по сравнению с раствором ОРЗО. Снижения концентраций Cu, Zn и Al по мере замораживания в среднем составляют в 4-6 раз в водах отходов обоих типов. В поровых водах ОРЗО содержание Fe и Cd снижается в 8-10 раз. В водах ОПР

содержание Fe уменьшается в 5 раз, а Cd в 26 раз.

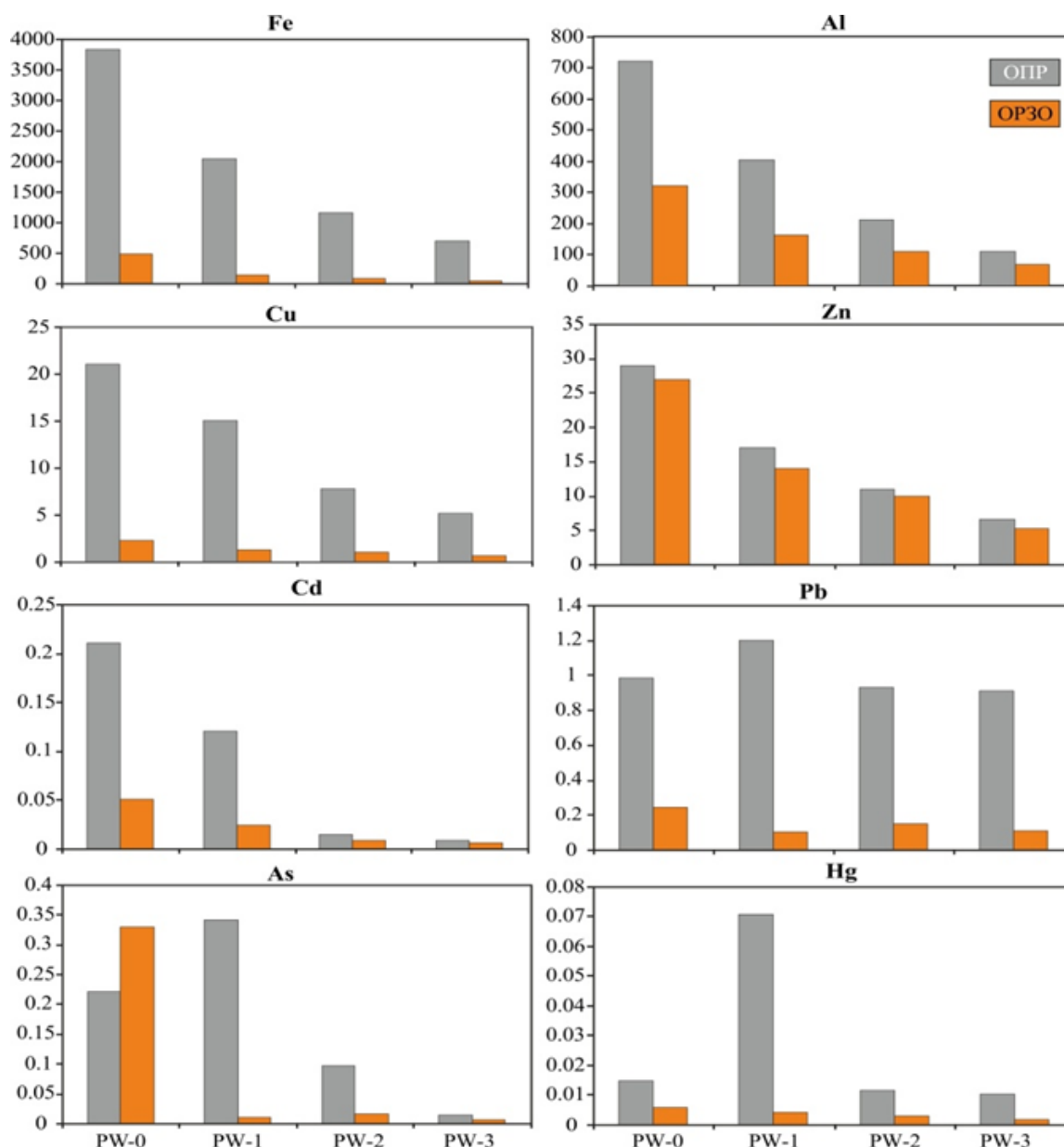


Рис. Концентрация тяжелых металлов в поровых растворах отходов первичных руд (ОПР) и отходов руд зоны окисления (ОРЗО), мг/л. PW-0 – исходный поровый раствор,

PW-1 – поровый раствор после 1 заморозки, PW-2 – поровый раствор после 2 заморозки, PW-3 – поровый раствор после 3 заморозки.

Концентрации Hg, Pb и As в поровых водах, в том числе и исходной, распределены довольно неравномерно. Концентрации этих элементов в водах отходов первичных руд после первой заморозки наиболее высокие по сравнению с исходным раствором, и водами последующих этапов заморозок. В поровых водах ОРЗО содержание Hg уменьшается после каждого этапа заморозки с 0,006 до 0,002 мг/л. Свинец и As снижаются после 1 заморозки (с 0,24 до 0,1 мг/л для Pb, с 0,33 до 0,01 мг/л для As), но на 2 этапе заморозки концентрации увеличиваются (до 0,15 мг/л для Pb, до 0,016 мг/л для As), а

после 3 заморозки снова уменьшаются до уровня, соответствующего 1 этапу эксперимента.

Концентрации всех обсуждаемых элементов в поровых водах ОПР более высокие, чем в дренажном ручье. Значения Fe, Cu, Pb в водах ОПР превышают значения в водах КДР в среднем в 5-9 раз, а Al в 28 раз. Концентрации Hg, Zn и Cd в поровом растворе ОПР превышают значения кислого дренажа, но после 2 и 3 заморозки значения этих металлов становятся ниже. Концентрации Zn, Cd и Pb в исходном поровом растворе и в растворе после 1 заморозки в отходах руд зоны окисления выше, чем у КДР, но после 2 заморозки концентрации этих металлов становятся меньше. А концентрации Hg, Fe, Al, Cu и As в растворах ОРЗО не превышены по сравнению с кислым дренажным ручьем.

Минерализация водных вытяжек обоих типов отходов не превышает 0,5 г/л, по геохимической классификации их можно отнести к пресным водам [9] с довольно высоким содержанием кальция (21 мг/л у ОПР, 114 мг/л у ОРЗО) и сульфатов (232 мг/л у ОПР, 380 мг/л у ОРЗО), чем отличаются от исходных поровых вод. По значению pH отходов обоих типов вытяжки менее кислые (не превышает 2.56 и 2.9), а показатель Eh имеет значение 643 мВ у ОПР и 651 мВ у ОРЗО.

Водные вытяжки из отходов обоих типов содержат близкие концентрации Cd и As – 0,01 и 0,1 мг/л соответственно, как и Zn – 0.34-0.36 мг/л. Концентрации Hg, Fe, Cu, Al и Pb в водной вытяжке отходов первичных руд выше (Hg 0,011 мг/л, Fe 15 мг/л, Cu 0,4 мг/л, Al 7,7 мг/л, Pb 0,62 мг/л), чем из отходов руд зоны окисления (Hg 0,001 мг/л, Fe 0,43 мг/л, Cu 0,1 мг/л, Al 3,7 мг/л, Pb 0,1 мг/л). По содержанию Hg, Cd, As водные вытяжки близки к поровым растворам, а концентрации Fe, Al, Cu, Zn, Pb в водных вытяжках ниже, чем в поровых растворах в отходах первичных руд. Поровые растворы отходов руд зоны окисления имеют высокие концентрации Hg, Fe, Al, Cu, Zn по сравнению с водными вытяжками, при этом обладают близкими содержаниями Pb, Cd, As. Содержания Fe, Al, Cu, Zn и As в КДР превышают содержания этих металлов в водных вытяжках отходов обоих типов. Значения концентрации Hg, Pb, Cd кислого дренажа схожи с концентрациями водных вытяжек.

#### **4. Выводы**

По результатам эксперимента установлено, что происходит постепенное снижение концентраций Cu, Zn, Fe, Cd и Al в поровых растворах отходов обоих типов с каждым последующим этапом заморозки. При этом концентрации элементов в растворах отходов первичных руд выше, чем в растворах отходов руд зоны окисления, что, скорее всего, связано с предварительной обработкой последних. Концентрации Hg, Pb и As в поровых водах, в том числе и исходной, распределены довольно неравномерно. Водные вытяжки, не смотря на то, что кислые и могут способствовать выщелачиванию элементов из вещества, не столь насыщены как по минерализации, так и по содержанию элементов, чем поровые воды отходов. После замораживания поровых вод концентрации увеличиваются относительно водной вытяжки, что, как раз

указывает, на наличие процесса выщелачивания при отрицательной температуре.

Авторы выражают благодарность к.г.-м.н. М.А. Густайтис и к.г.-м.н. Е.В. Лазаревой за помощь в проведении экспедиции. Работа выполнена при финансировании программы ФАНО № VIII.72.2.3(330-2014-0016) и РФФИ № 15-05-05362.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gold and silver in a system of sulfide tailings. Part 1: Migration in water flow / I.N. Myagkaya, E.V. Lazareva, M.A. Gustaytis, S.M. Zhmodik // *Journal of Geochemical Exploration*. – 2016. – №160. – P. 16-30.
2. Моделирование криогеохимических процессов в зоне окисления сульфидных месторождений с участием кислородных соединений азота / А.Б. Птицын, Т.И. Маркович, В.А. Павлюкова, Е.С. Эпова // *Геохимия*. – 2007. – №7. – С. 795–800.
3. Effect of temperature on the weathering of various waste rock types from the Raglan Mine / M.-P. Ethier, B. Bussière, M. Benzaazoua, P. Garneau // *Cold Regions Engineering*. – 2012. – P. 800–810.
4. Химическое выветривание пирита с водой и различными растворами при положительных и отрицательных температурах / А. В. Иванов, В. Б. Базарова // *Миграция химических элементов в криолитозоне*. Новосибирск: Наука. – 1985. – С. 115-124.
5. Особенности криогеохимических процессов в зоне окисления сульфидных месторождений (по экспериментальным данным) / А.Б. Птицын, Т.И. Маркович, В.А. Павлюкова, Е.С. Эпова // *ДАН*. – 2006. – Т. 411, № 3. – С. 381–383.
6. Роль атмосферных выпадений в процессах криогенеза в зонах окисления сульфидных месторождений / А.Б. Птицын, Т.И. Маркович, В.А. Павлюкова, Е.С. Эпова // *Вестник СВНЦ ДВО РАН*. – 2005. – №1. – С. 33–35.
7. Acid Rock Drainage and Rock Weathering in Antarctica: Important Sources for Iron Cycling in the Southern Ocean / B. Dold, E. Gonzalez-Toril, A. Aguilera, E. Lopez-Pamo, M. E. Cisternas, F. Bucchi, R. Amils // *Environmental Science & Technology*. – 2013. – № 47 (12). – P. 6129–6136.
8. Early evolution of weathering and sulfide depletion of a low-sulfur, granitic, waste rock in an Arctic climate: A laboratory and field site comparison // J. B. Langman, D. W. Blowes, S. A. Sinclair, A. Krentz, R. T. Amos, L. J. D. Smith, H. N. Pham, D. C. Seago, L. Smith // *Journal of Geochemical Exploration*. – 2015. – № 156. – P. 61–71.
9. Перельман А.И. *Геохимия природных вод*. – Москва: Наука, 1982.

# ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF SUBZERO TEMPERATURES ON MIGRATION ELEMENTS FROM HIGH SULFIDE TAILINGS

*Akimova T.N.<sup>1</sup>, Myagkaya I.N.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Novosibirsk State Technical University, 20, Karl Marx Avenue, Novosibirsk,  
630073, Russia

<sup>2</sup>V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of  
Russian Academy of Science, 3, Koptyug Avenue. Novosibirsk, 630090, Russia

**Akimova T.N.**, e-mail: [akimovatn92@gmail.com](mailto:akimovatn92@gmail.com)

**Myagkaya I.N.**, e-mail: [i\\_myagkaya@igm.nsc.ru](mailto:i_myagkaya@igm.nsc.ru)

*Corresponding address: Akimova T.N.,*

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

## **Abstract**

Presented data on changes in the chemical composition (main ionic composition, contents of heavy metals, TDS, pH, Eh) pore water of the Ursk tailings (Kemerovo region) during exposure to freezing temperatures. It is found that the content of Cu, Zn, Fe, Cd and Al is gradually reduced relative to the original pore solution to each freezing step, and Hg, Pb and As in the pore solution, including the source, are distributed quite unevenly. The leaching process takes place and also at subzero temperatures, like the long-term storage of waste in the open air.

## **Keywords:**

Heavy metals, tailings, cryoprocess.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ТЕРМОАКТИВИРОВАННОГО ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ

*Александров Виктор Юрьевич<sup>1</sup>, к.х.н.; Ключева Снежана Константиновна<sup>1</sup>,  
магистрант; Садыкова Алена Анатольевна<sup>1</sup>, магистрант;  
Булгаков Виктор Владимирович, вед. инженер<sup>2</sup>; Полубояров Владимир  
Александрович<sup>2</sup>, д.х.н.*

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

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии  
твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИХТТМ СО РАН), 630128, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе 18

*Александров В.Ю.*, e-mail: [viktoral48@yandex.ru](mailto:viktoral48@yandex.ru)

*Ключева С.К.*, e-mail: [89050951068@yandex.ru](mailto:89050951068@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 изучены отходы Ачинского глиноземного комбината, определены возможности их вовлечения во вторичное использование с целью снижения платы за размещение отходов и получения прибыли от реализации продукции.

**Ключевые слова:** отходы глиноземного комбината, оксид алюминия, фазовый состав, сорбенты, катализаторы

### **1. Введение**

Основные принципы и приоритетные направления государственной политики в области обращения с отходами, которые определены в Федеральном Законе от 24.06.1998 N 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления" + заключаются, в том числе, в утилизации отходов. В свою очередь, утилизация это использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация). [1]

Вышеназванные правовые приоритеты и определили направление настоящей работы в части отходов Ачинского глиноземного комбината (АГК).

*Актуальность работы* заключается в решении экологической задачи по сокращению площадей шламонакопителей, в которых размещают отходы

гидроксида алюминия. Внедрение технологии по утилизации отходов гидроксида алюминия позволит:

- снизить экологически платежи за размещение отходов;
- получить прибыль от реализации продукта из вторичного сырья на рынке сбыта.

### ***Постановка цели и задач***

Объект исследования: отходы термоактивированного гидроксида алюминия, образовавшиеся в процессе производства катализатора.

Цель работы: На лабораторном уровне разработать способ получения гранулированных продуктов из отходов гидроксида алюминия АГК

Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Изучить физико-химические свойства отходов, необходимые для рекомендации их использования, как сырья, в производстве товарных продуктов на основе оксида алюминия.
2. Провести рентгенофазовый анализ отходов в исходном состоянии и после прокалики
3. Показать возможность получения гранул из исходных порошков отходов
4. Провести измерение удельной поверхности полученных образцов
5. Определить пористую структуру (общий объем пор, распределение объема пор по их радиусам)
6. Показать возможность нанесения каталитически активной фазы на гранулы
7. Дать рекомендацию по перспективам использования полученных продуктов

### **1. Методика экспериментального исследования**

#### ***Исследование потери веса при прокаливании***

По данным изменения веса отходов при разных температурах прокаливании (время прокаливании 1 час при каждой из температур) получен график зависимости потери веса ( $\Delta P$ ) от температуры прокаливании (ПВП). Зависимость представлена на рис. 1.



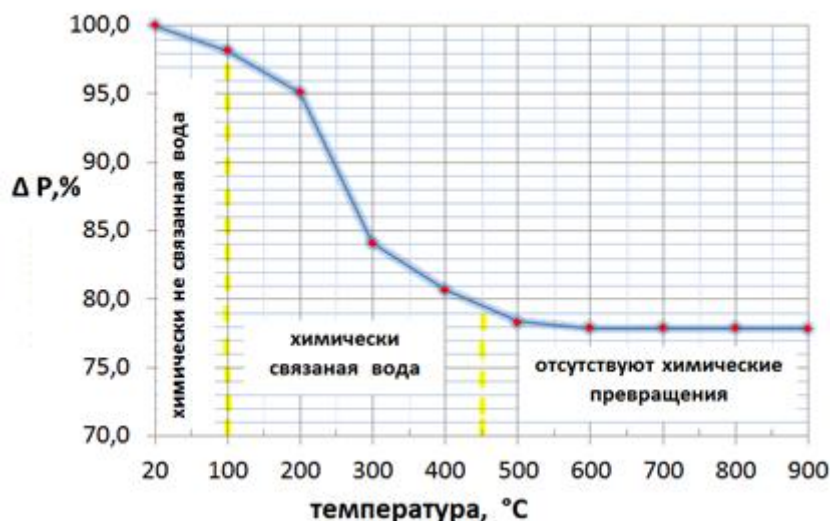


Рис. 1 - График зависимости потери веса ( $\Delta P$ ) от температуры прокалывания ( $^{\circ}C$ )

где:  $\Delta P = (1 - P_0 - P_t / P_0)$  где:  $P_0$  - навеска исходных отходов;  $P_t$  - навеска отходов. Каждая точка – усредненные данные по 5 параллельным пробам.

Анализ графика ПВПП от температуры (рис. 1), с привлечением данных РФА, выявил три области:

1. При 20 – 100  $^{\circ}C$  удаление химически не связанной воды (влаги)  $\Delta P = 1,8\%$  - (близко к данным АГК по массовой доле влаги).
2. При 100 – 500  $^{\circ}C$  удаление химически связанной воды  $\Delta P = 20\%$  - (близко к данным АГК по ПВПП).
3. При 500 – 900  $^{\circ}C$  постоянство веса (отсутствие химических превращений)

**Рентгенофазовый анализ (РФА)** показал:

а) В исходном образце выявлена смесь фаз:

- бемит  $AlO(OH)$  (углы отражения ( $\theta$ )  $290^{\circ}$  и  $390^{\circ}$ );
- гиббсит  $Al(OH)_3$  ( $\theta$   $180^{\circ}$ - $200^{\circ}$ ), график представлен на рис.2.

б) В исходном образце после опытов ПВПП выявлены фазы оксида алюминия не относящиеся к чистым гамма-, альфа - фазам (появление по сравнению с исходным образцом линий при  $\theta \sim 67^{\circ}$ , исчезновение пиков гидратированных форм в области  $\theta \sim 20^{\circ}$ ). Данные представлены на рис 3.

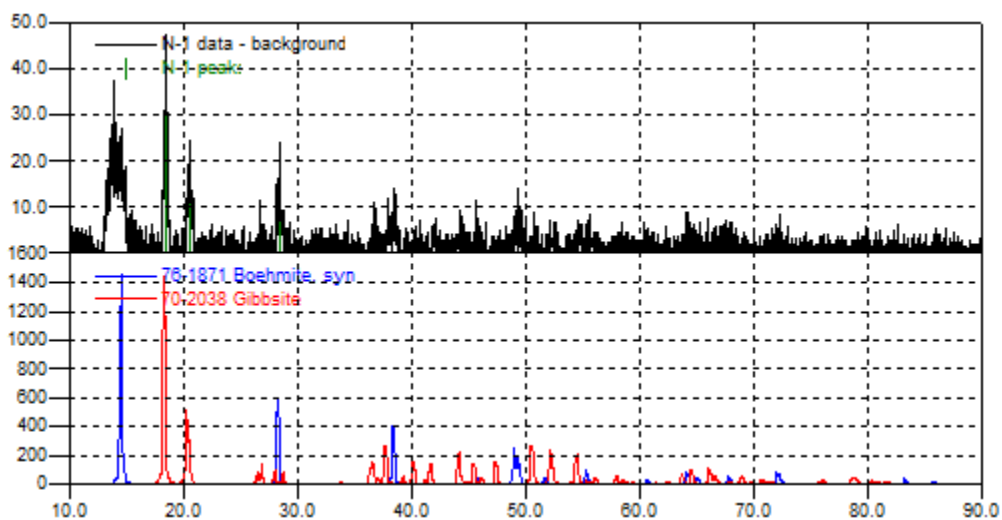


Рис. 2. Результат исследования РФА исходного образца

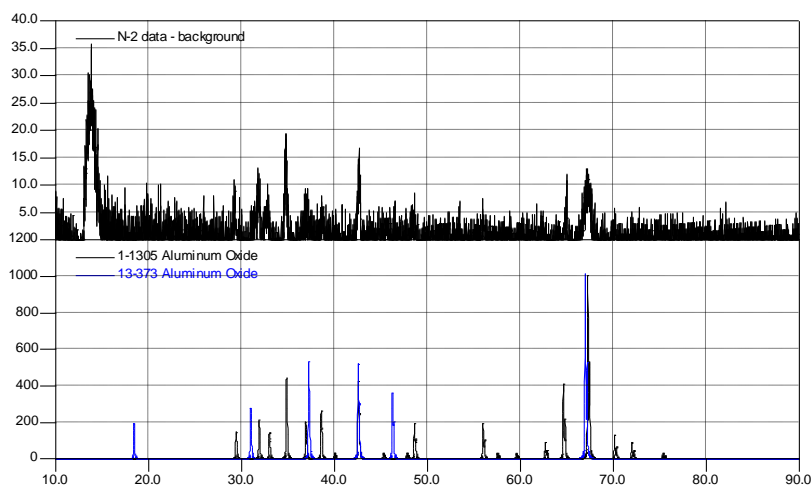
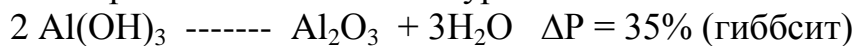


Рис. 3 - Результат исследования РФА образца после опытов ПВПП (время прокаливания при максимальной температуре 900 °С составляло 1 час)

с) Увеличение времени прокаливания при 900 °С до 4-х часов приводит к появлению фазы корунда, наряду с которой присутствует  $\theta$ -фаза (рост пика при  $\theta$  67°). График исследования представлен на рис. 4.

d) Расчеты теоретической ПВПП по уравнениям:



проведены для получения ожидаемых величин потери веса при переходе гидратированных форм в чистый оксид алюминия. Полученная экспериментально величина  $\Delta P = 20\%$  попадает в интервал теоретически рассчитанных величин  $\Delta P = 15 - 35\%$  для удаления воды из названных гидратированных форм алюминия.

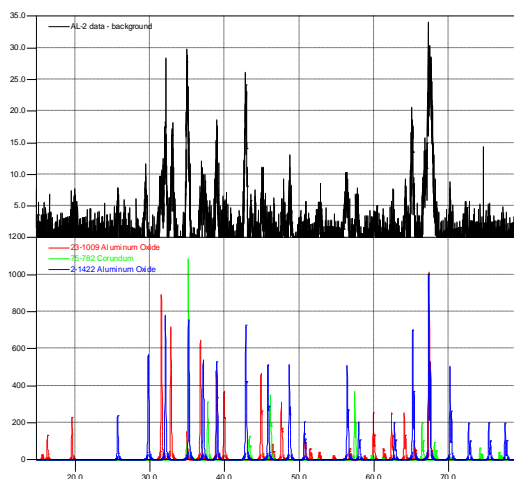


Рис. 4 - Результат исследования РФА образца после прокаливания при температуре 900 °С в течение 4 час.

### 3. Результаты и обсуждение

#### *Гранулирование гидроксида алюминия*

В патенте № 2209182, заявленном Институтом химии твердого тела и механохимии СО РАН [3], показана возможность гранулирования гидроксида алюминия в жидкой среде. Изобретение относится к способам получения сферического оксида алюминия, который может найти применение в качестве носителей для катализаторов и для изготовления энтеро- и гемосорбентов.

Для проведения гранулирования порошкообразные отходы увлажняли азотной кислотой с концентрацией 0,64 %, загружали в стакан из нержавеющей стали, заполненный гексаном, после чего перемешивали лопастной механической мешалкой. Сформованные гранулы сушили, для удаления гексана, обрабатывали насыщенными парами воды (пропаривали), после чего прокаливали 450 С, 2 часа. Температура прокалики выбрана для достижения полной дегидратации (см. рис. 1.), при сохранении максимальной удельной поверхности. Нормы загрузки компонентов и условия опыта представлены в таблице.

Таблица

Нормы загрузки компонентов и условия проведения опытов

Отходы Масс.часть	HNO <sub>3</sub>		C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> масс.частей	Время перемешивания, мин.	Кол-во оборотов в минуту	Время пропаривания, мин
	%	масс. частей				
30	0,64	14	100	10	1650	30

Полученные гранулы представлены на рис. 5.



Рис. 5 - Гранулированный оксид алюминия

В монографии Г.К. Борескова «Гетерогенный катализ» [3] сформулированы требования к приготовлению носителей и катализаторов различных химических процессов. В частности, хорошие показатели в реакции глубокого окисления вредных промышленных выбросов, установлены для хромита меди, нанесенного на гранулы оксида алюминия. Возможность получения такого катализатора экологического назначения показана и для гранул оксида алюминия, полученных в настоящей работе. Нанесение активной фазы проводили пропиткой гранул в 10%-ном растворе хромового ангидрида и карбоната меди в воде. Прокалку проводили при 400 °С, 3 час.

На рис. 6 показано фото шлифа хромита меди нанесенного на сферические гранулы оксида алюминия



Рис. 6 - Хромит меди на носителе гранулы оксида алюминия  
(увеличение \*10)

#### 4. Выводы

1) Получена температурная зависимость потери веса при прокаливании, из которой видно, что после 500 °С химические превращения отсутствуют.

2) На основе исследования фазового состава продуктов прокаливании выбраны условия получения продуктов с заданными свойствами и получены сферические гранулы из порошков отходов Ачинского глиноземного комбината.

3) Показана возможность нанесения на гранулы хромита меди -

активной фазы катализаторов глубокого окисления вредных промышленных выбросов.

Таким образом, полученные показатели продукта, позволят определить его место в системе установленных требований к сорбентам и носителям из оксида алюминия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 24 июня 1998 г. N 89-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12112084/1/>.
2. Пат. 2209182 Российская Федерация, МПК C01F7/02. СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СФЕРИЧЕСКОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ [Текст] / Полубояров В.А., Коротаева З.А., Эунап О.А., Карпан В.В., Бурылин С.Ю.; заявитель и патентообладатель Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН. - № 2002103817/12; заявл. 11.02.2002; опубл. 27.07.2003.
3. Боресков, Г.К. Гетерогенный катализ / Г.К. Боресков. – Москва : Наука, 1986. – 304 с.

## DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY WASTE DISPOSAL THERMAL ACTIVATION OF ALUMINUM HYDROXIDE

**Alexandrov Victor Yu., PhD in Chemistry, assistant professor,**  
e-mail: [viktoral48@yandex.ru](mailto:viktoral48@yandex.ru)

**Klyuyeva Snezana K. Master of Engineering sciences, [89050951068@yandex.ru](mailto:89050951068@yandex.ru)**  
Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx prospect, Novosibirsk,  
630073, Russia

### Abstract

This work is aimed at studying the waste Achinsk Alumina Refinery for further opportunities to involve them in the recycling in order to reduce fees for waste disposal and the profit from the sale of products on the market.

### Keywords:

waste of aluminous combine, aluminum oxide, phase structure, sorbents, catalysts

## РАЗДЕЛЕНИЕ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ НА КОМПОНЕНТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫМ МЕТОДОМ ОРГАНСОЛЬВЕНТНОЙ ВАРКИ

*Афиногенова Ирина Игоревна<sup>1</sup>, студент магистратуры НГТУ; Аюшеев  
Артеми́й Буладович<sup>2</sup> к.х.н., н.с. ИК СО РАН; Таран Оксана Павловна<sup>1,2</sup> д.х.н.,  
профессор РАН, в.н.с. ИК СО РАН, профессор кафедры ИПЭ НГТУ*

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, 630073,  
Россия, Новосибирск, проспект К. Маркса, 20

<sup>2</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630090 Россия,  
Новосибирск, пр. Лаврентьева 5

Афиногенова И.И., e-mail [Afn.Irene@gmail.com](mailto:Afn.Irene@gmail.com)

Аюшеев А.Б., e-mail [Aysheev@catalisys.ru](mailto:Aysheev@catalisys.ru)

Таран О.П., e-mail [Oxanap@catalisys.ru](mailto:Oxanap@catalisys.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**

В работе было проведено исследование процесса разделения древесины березы на основные компоненты (холоцеллюлозу и лигнин) путем органосольвентной варки в водно-этанольной смеси. В качестве исходного сырья использовалась механически активированная в вихревой мельнице ВМЭ-350 древесина березовая со средним размером частиц 20 мкм. Анализ состава древесины показал следующее распределение по компонентам: экстрактивные вещества - 1,5 вес. %; лигнин – 27,4 вес. %; целлюлоза - 44,3 вес. %; гемицеллюлозы – 26,8 вес. %. Установлены оптимальные параметры варки в водно-этанольной смеси, при которых удается достичь высокой степени делигнификации древесины без значительного разрушения ее полисахаридной структуры. Наиболее эффективное разделение на компоненты достигается при температуре 180 °С, в течение 90 минут в смеси этанол/вода с соотношением компонентов 60/40 об. %.

### **Ключевые слова**

Лигноцеллюлозная биомасса; древесина березы; органосольвентная варка; лигнин; холоцеллюлоза; целлюлоза;

### **1. Введение**

Возобновляемая растительная биомасса может служить практически неисчерпаемой сырьевой базой для получения востребованных химических веществ, материалов и компонентов топлив. В связи с этим в развитых странах мира активно ведутся исследования направленные на комплексное использование возобновляемой растительной биомассы, как альтернативы



ископаемому сырью. Основными компонентами лигноцеллюлозной биомассы являются целлюлоза, гемицеллюлозы и лигнин, процентное соотношение между которыми может изменяться в зависимости от вида сырья.

Одной из ключевых стадий технологии переработки биомассы является стадия разделения растительного сырья на основные компоненты – целлюлозу, гемицеллюлозы и лигнин. Промышленные технологии производства целлюлозы из древесины наносят ущерб окружающей среде вследствие использования агрессивных химических реагентов. Кроме того, данные технологии не позволяют обеспечить эффективное использование гемицеллюлоз и лигнина, которые либо сжигаются, либо вовсе не перерабатываются из-за их высокой загрязненности. Известно, что на территории России накоплено примерно 95 млн. т гидролизного лигнина [1], что может представлять серьезную экологическую угрозу.

Цель данной работы – разработка экологически безопасного органосольвентного метода разделения древесины березы на холлоцеллюлозу (целлюлоза и гемицеллюлозы) и лигнин для последующей переработки компонентов в ценные химические вещества.

## 2. Экспериментальное исследование

Важную роль в процессах переработки играет предварительная подготовка материала. Исследование механической активации лигноцеллюлозных материалов в мельницах различного типа [2] позволило определить оптимальные условия для измельчения. На основании полученных результатов, в качестве исходного сырья в данной работе выбрана древесина березы, механически активированная в вихревой мельнице ВМЭ – 350 в течение 2-х минут, что позволяет уменьшить средний размер частиц древесины с ~3700 до ~20 мкм. Микрофотография древесины представлены на рисунке 1.

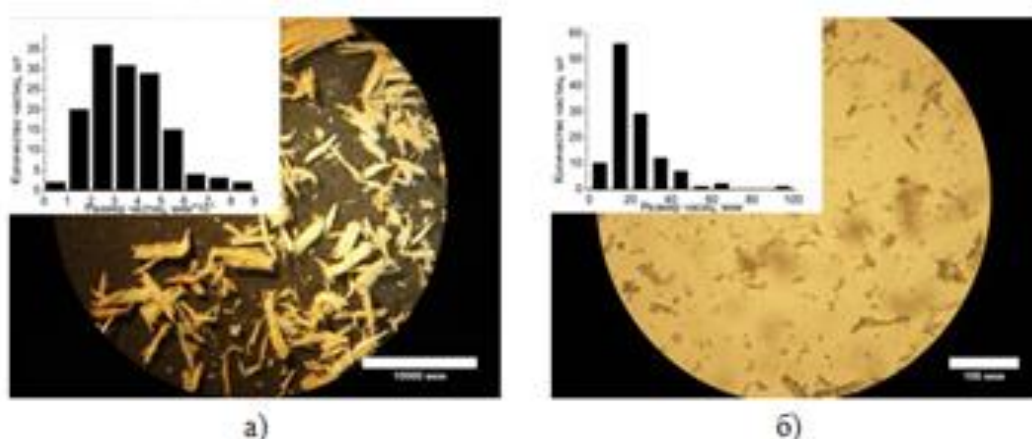


Рис. 1 - Микрофотографии образцов древесины березы  
а – древесина березы без обработки; б – древесина после активации в течение 2 мин;

Состав березовой древесины был определен по стандартным методикам [3]. Распределение основных компонентов следующее: экстрактивные вещества

- 1,5 вес. %; лигнин – 27,4 вес. %; целлюлоза - 44,3 вес. %; гемицеллюлозы – 26,8 вес. %.

После предварительной обработки опилки были подвержены обессмоливанию в аппарате Сокслета диэтиловым эфиром в течение 4 часов и высушены до постоянной массы. Дальнейшей обработки подвергались обессмоленные воздушно-сухие опилки.

В качестве основного метода разделения древесины на компоненты был выбран органосольвентный процесс. Данный процесс основан на экстракции лигнина водно-этанольной смесью, в результате чего лигнин переходит в раствор, а полисахариды (холоцеллюлоза) остаются в качестве нерастворимого осадка. Полученный таким способом лигнин является низко полимеризованным и не содержит серу, что значительно расширяет возможности его дальнейшей переработки в низкомолекулярные продукты.

Органосольвентную варку проводили в автоклаве высокого давления. Параметры процесса выбирались на основе анализа литературных данных [4-6]: загрузка сырья 10 г предварительно проэкстрагированных опилок, растворитель EtOH/H<sub>2</sub>O 60:40 об.%, P<sub>Ар</sub> = 10 атм, время реакции 90 мин, интервал температур T = 160-200°C. После проведения варки образцы нерастворенного осадка промывались водно-этанольной смесью, а лигнинсодержащий раствор упаривался для удаления растворителя. Полученные в виде твердых порошков образцы анализировали методами ИК-спектроскопии и ГХ-МС анализа. Так же твердый осадок холоцеллюлозы анализировали на содержание остаточного лигнина сернокислотным методом [3]. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Разделение компонентов древесины березы методом органосольвентной варки

№	Растворитель	T, °C	P <sub>Ар</sub> , МПа (T <sub>комн</sub> )	P <sub>Ар</sub> , МПа (T <sub>реакц</sub> )	Выход продукта, %				
					Твердый осадок (холоцеллюлоза)		Компоненты в растворе (лигнин)		
					Общее количество, %	Остаточный лигнин, %	Общее количество, %	Лигнин, %	Сахара, %
1	EtOH/H <sub>2</sub> O 60:40 v/v	160	1,0	2,1	89,7	21,3	10,3	6,5	3,9
2	EtOH/H <sub>2</sub> O 60:40 v/v	170	1,0	2,3	82,3	17,6	17,7	10,2	7,6
3	EtOH/H <sub>2</sub> O 60:40 v/v	180	1,0	2,7	73,7	12,9	26,3	14,9	11,4
4	EtOH/H <sub>2</sub> O 60:40 v/v	190	1,0	2,9	58,2	9,4	41,8	18,4	23,3



### 3. Результаты и их обсуждение

Полученные результаты показывают, что увеличение температуры варки приводит к уменьшению количества твердого осадка при одновременном увеличении количества органического вещества перешедшего в раствор. Однако в процессе проведения органосольвентной варки в заданных условиях не происходит полного разделения компонентов. Часть лигнина остается в осадке вместе с холоцеллюлозой, а часть сахаров переходит в раствор вместе с лигнином. Это подтверждается данными ИК-спектроскопии и ГХ-МС анализа. С увеличением температуры реакции увеличивается не только степень делигнификации, но и количество моносахаридов, перешедших в раствор в результате гидролиза гемицеллюлоз. При температуре 190 °С количество остаточного лигнина в составе холоцеллюлозы минимально и составляет менее 10%. Однако в этом случае гемицеллюлозы практически полностью переходят в раствор. Дальнейшее повышение температуры до 200 °С приводит к большим потерям исходного вещества из-за термической деструкции.

Исходя из полученных результатов, наиболее оптимальной является варка при температуре 180 °С. При более низкой температуре, выделяется значительно меньшее количество лигнина, а при более высокой содержание сахаров в растворе увеличивается практически в 2 раза.

Дальнейшие исследования будут направлены на поиск способов увеличения эффективности процесса. Планируется использование катализаторов различной (кислотной и основной) природы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будаева В.В., Митрофанов Р.Ю., Золотухин В.Н. и др. Пути полной и экологически чистой переработки возобновляемого растительного сырья // Ползуновский вестник. – 2010. – №4-1. – С. 158-167.
2. Пестунов А.В., Кузьмин А.О., Яценко Д.А., Правдина М.Х., Таран О.П. Механическая активация чистой и содержащейся в древесных опилках целлюлозы в мельницах различного типа // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Химия. - 2015. Т. 8. № 3. – С. 386-400.
3. Оболенская А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы / Оболенская А.В. , Ельницкая З.П., Леонович А.А. - М.: Экология, 1991. – 320 с.
4. Dos Santos P. S. B., De Cademartori P. H. G., Prado R. Composition and structure of organosolv lignins from four eucalypt species // Wood Science and Technology. - 2014. - V. 48. - N. 4. - P. 873-885.
5. Wildschut J., Smit A. T., Reith J. Ethanol-based organosolv fractionation of wheat straw for the production of lignin and enzymatically digestible cellulose // Bioresource Technology. - 2013. - V. 135. - N. 4. - P. 58-66.

6. Zhao X., Cheng K., Liu D. Organosolv pretreatment of lignocellulosic biomass for enzymatic hydrolysis // Applied Microbiology and Biotechnology. - 2009. - V. 82. - N. 5. - P. 815-827.

## THE SEPARATION OF LIGNOCELLULOSIC MATERIAL INTO COMPONENTS BY ENVIRONMENT-FRIENDLY ORGANOSOLVENT METHOD

*Afinogenova Irina Igorevna*<sup>1</sup>, MSc (Engineering), [Afn.Irene@gmail.com](mailto:Afn.Irene@gmail.com)

*Ayushev Artemiy Buladovich*<sup>2</sup>, PhD (Chemical); researcher,

[Ayshev@catalisys.ru](mailto:Ayshev@catalisys.ru)

*Taran Oxana Pavlovna*<sup>1,2</sup>, Professor RAS, PhD (Chemical); leading  
researcher, [Oxanap@catalisys.ru](mailto:Oxanap@catalisys.ru)

<sup>1</sup>Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, 20  
prospect K. Marks

<sup>2</sup>Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 5  
Lavrentieva av.

### Abstract

One of the key stages of the biomass pretreatment technology is the lignocellulosic materials separation. The process of birch separation for the main components (lignin & holocellulose) by organosolvent pretreatment in ethanol-water mixture was studied in this work. The birch sawdust with an average particle size of 20 µm was used as raw material. Sawdust was mechanically activated by the vortex mechanically driven mill. Composition analysis of the wood showed the following distribution of the components: extractive compounds – 1,5 wt.%; lignin – 27,4 wt.%; cellulose – 44,3 wt.%; hemicelluloses – 26,8 wt.%. Optimal parameters of the ethanol-water pretreatment, which allows a high degree of delignification to be achieved without significant degradation of the polysaccharide structures, were found. The most efficient separation of the biomass into components occurs at the temperature of 180 °C with usage of the ethanol / water mixture with ratio 60:40 v/v during the 90 minutes. At lower temperatures much lower amount of lignin was obtained. However at higher temperatures sugars content in the solution increased significantly. Further investigation will be aimed on the development the methods for the increasing the efficiency of this process using the acid-base catalysts.

### Keywords:

lignocellulose, birch wood, organosolvent pretreatment, lignin, holocellulose, cellulose.

## РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА НОРМАТИВОВ ПДВ ДЛЯ ОАО «ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩАЯ КОМПАНИЯ»

*Быков Анатолий Павлович, Сидорова Мария Сергеевна - магистрант,*  
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,  
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19  
*Сидорова М. С., email [mssidorova93@gmail.ru](mailto:mssidorova93@gmail.ru)*

### **Аннотация**

В работе проводится расчет нормативов предельных допустимых выбросов в атмосферный воздух для ОАО «Теплогенерирующая компания», расположенной в городе Бердск. Нормативы ПДВ установлены для восьми источников выбросов предприятия по 12 загрязняющим веществам, а так же рассчитана экономическая эффективность внедрения мероприятий по уменьшению выбросов вредных веществ в атмосферу. Величины ПДВ в целом по предприятию составили 4483,43 т/год. Плата за выбросы вредных веществ в атмосферу составила 2,2 млн руб/год, а экономическая эффективность – 52,8 млн рублей в год.

### **Ключевые слова**

Выбросы; загрязняющие вещества; нормативы ПДВ; инвентаризация.

### **1. Введение**

Норматив предельно допустимого выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух устанавливается для стационарного источника загрязнения атмосферного воздуха с учетом технических нормативов выбросов и фоновое загрязнение атмосферного воздуха. Норматив ПДВ устанавливается раз в пять лет для каждого предприятия, имеющего выбросы в атмосферный воздух, поэтому необходимо регулярно проводить данные расчеты. Проект нормативов ПДВ позволяет сократить выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, улучшить экологическую обстановку в районе исследуемого производства а так же снизить затраты на выплаты за выбросы загрязняющих веществ.

Целью данной работы является разработка нормативов ПДВ для ОАО «Теплогенерирующая компания», для чего необходимо провести инвентаризацию источников выделения загрязняющих веществ, расчеты КОВ и КОП, расчеты рассеивания загрязняющих веществ, а так же привести экономическую эффективность внедрения нормативов ПДВ.

### **2. Расчеты выбросов загрязнений**

Нормирование выбросов загрязняющих веществ на предприятиях производится в соответствии с едиными общегосударственными нормативными требованиями с учетом специфики энергетического производства.

Государственному учету подлежат источники выбросов вредных веществ

в атмосферный воздух, и перечни этих веществ устанавливаются для организаций в целом на основании данных о результатах инвентаризации выбросов вредных веществ в атмосферный воздух.

Инвентаризация источников выделения и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух – это систематизация сведений о распределении источников выделения выбросов, о количестве и составе выбросов на территории предприятия.

Определение ЗВ и расчет их концентраций проводятся в соответствии с методическими документами [1]. Итоги инвентаризации и расчетов выбросов вредных веществ в атмосферу для ОАО «Теплогенерирующая компания» приведены в таблице 1.

Таблица 1

Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу  
ОАО «Теплогенерирующая компания»

Код загр. вещества	Наименование вещества	ПДК <sub>м.р.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>с.с.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Выброс вещества а г/с	Выброс вещества т/год
1	2	3	4	5	6	7
0123	Железо (III) оксид	-	0,04	3	0,1012	0,2918
2704	Бензин	5	1,5	4	0,0086	0,0182
2732	Керосин	1,2**	-	-	0,8178	0,9919
2754	Углеводороды предельные С12-19	1	-	4	0,0246	0,0296
2909	Пыль неорганическая: ниже 20% двуокиси кремния	0,5	0,15	3	0,0783	0,4617
3714	Зола углей	0,3**	-	-	264,34	3130,995
Вещества, обладающие эффектом суммарного вредного воздействия						
0301	Азота диоксид	0,2	0,04	3	27,7573	314,9013
0304	Азота оксид	0,4	0,06	3	4,50171	51,14661
0330	Азота оксид	0,5	0,05	3	64,1118	761,87453
0333	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0,008	-	2	0,0002	0,0002
0337		5	3	4	18,5547	222,535
2904	Углерод оксид	-	0,002	2	0,0148	0,1836
	Мазутная зола					
	Мазутная зола теплоэлектростанции					
	<b>ВСЕГО:</b>				384,3110	4483,43

Наименование источника выделения загрязняющих веществ	Номер источника выброса	Код вещества	Наименование вещества	Выбросы загрязняющих веществ		
				г/с	мг/м <sup>3</sup>	т/год
Дымовая труба котельной	0001	301	Азота диоксид	26,137	144,631	309,6249
		304	Азота оксид	4,2472	23,502	50,314
		330	Сера диоксид	63,9246	353,732	761,4577
		337	Углерод оксид	18,0832	100,065	220,7935
		904	Мазутная зола	0,0148	0,082	0,1836
		714	Зола углей	264,34	1483,088	3130,995
Корпус дробления	0004	909	Пыль неорганическая	0,0773	336,138	0,4486
Бункерная галерея котельной	0005	909	Пыль неорганическая	0,000001	0,0004	0,000008
Сварочный пост	0009	123	Железо (III) оксид	0,015	4,545	0,0647
Узел приема угля	6002	337	Углерод оксид	0,000003	-	0,00002
Открытый склад угля	6003	909	Пыль неорганическая	0,001	-	0,0131
Мазутное хозяйство	6006	333	Сероводород	0,0002	-	0,0002
		754	Углеводород	0,0246	-	0,296
Работа бульдозера на складе угля	6007	301	Азота диоксид	0,0529	-	0,5329
		304	Азота оксид	0,0086	-	0,0866
		328	Сажа	0,0109	-	0,0109
		330	Сера диоксид	0,0065	-	0,0065
		337	Углерод оксид	0,0534	-	0,0534
		732	Керосин	0,0151	-	0,1904

На основании полученных данных рассчитывается категория опасности веществ по воздействию на атмосферу в соответствии с выражением [2]:

$$КОВ_i = \left( \frac{M_{\text{факт}}}{ПДК_{\text{сс}}} \right)^{a_i}$$

где  $M_{\text{факт}}$  – валовый или фактический выброс вещества (т/год),  
 $ПДК_{\text{сс}}$  – среднесуточная предельнодопустимая концентрация вещества ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ),  
 $a_i$  – безразмерный коэффициент, учитывающий класс опасности вещества.  
 Результаты расчета КОВ представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Коэффициенты опасности веществ, выбрасываемых в атмосферу

вещество	бензин	керосин	углеводороды	пыль	Зола углей	NO <sub>2</sub>	NO	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>	Мазутная зола
КОВ	0,01 8	6,69 2	0,33 4	3,08	32862, 8	7872,5	852,4	15237,5	0,165	48,2	356,2

Коэффициент опасности предприятия определяется по формуле:

$$КОП = \sum_1^n КОВ_i = 57247,3$$

Так как  $10^6 > КОП > 10^4$  следовательно у данного предприятия вторая категория опасности.

### 3. Расчеты рассеивания полей концентраций

На следующем этапе работы необходимо провести расчеты полей концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе.

Проведение расчетов загрязнения атмосферы целесообразно проводить по тем веществам, для которых выполняются следующие условия [3]:

$$\frac{M}{ПДК_{\text{м.р.}}} > \Phi;$$

где  $M$  – суммарное значение выброса от всех источников предприятия, ( $\text{г}/\text{с}$ );  
 $ПДК_{\text{м.р.}}$  – максимальная разовая предельно допустимая концентрация, ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ).

$$\Phi = 0,01\bar{H} > 10\text{м}$$

$$\Phi = 0,01 \cdot 120 = 1,2$$

$\bar{H}$  – средневзвешенная по предприятию высота источника выброса, равняется 120м.

Проведенные расчеты показали, что целесообразно проводить расчеты по следующим веществам: зола углей, NO<sub>2</sub>; NO; SO<sub>2</sub>; CO<sub>2</sub>.

Расчет рассеивания вредных веществ в атмосферу проводится по унифицированным программам. Базовой формулой, по которой рассчитывается максимальное значение приземной концентрации вредного вещества в приземном слое атмосферы, является формула [4]:

$$C_M = \frac{A \times M \times F \times t \times n \times \eta}{H^2 \times \sqrt[3]{V_1} \times \Delta T}$$

где:  $\eta$  - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности;

A - безразмерный коэффициент, зависящий от климатических условий;

F - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

m, n - безразмерные коэффициенты, связанные с особенностями поступления выбросов в атмосферу;

M - количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, г/с;

H - высота источника над уровнем земли, м;

V - объем газов, поступающих в атмосферу из источников, м<sup>3</sup>/с;

$\Delta T$  - разность между температурой выбрасываемых газов ( $T_g$ ) и окружающего воздуха ( $T_b$ ), °С.

Доли ПДК приземных концентраций диоксида азота, диоксида серы, оксида углерода и золы углей указаны на рисунке 1.

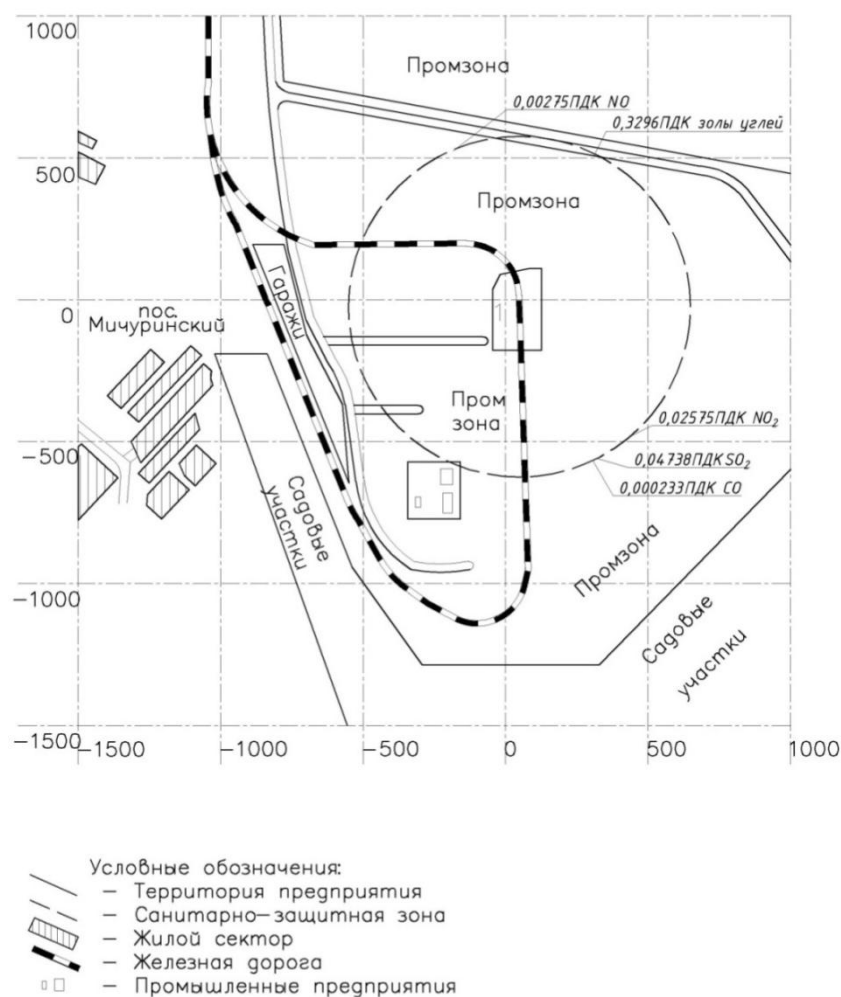


Рис. 1 - Доли ПДК на границе СЗЗ

Анализ расчетных концентраций показывает, что превышений ПДК на

границе санитарно-защитной зоны и в селитебной территории по веществам: NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, золе углей, нет. По всем веществам существующие выбросы рекомендуется принять в качестве нормативов ПДВ.

Плата за загрязнение окружающей среды в размерах, не превышающих установленные ПДВ, рассчитывается по формуле [5]:

$$П_n = \sum_{i=1}^n C_{ni} \cdot M_i \cdot K_1 \cdot K_2$$

где:

$C_{ni}$  - расчетная ставка платы за выброс 1 тонны  $i$ -го загрязняющего вещества в пределах ПДВ, руб;

$M_i$  – фактический выброс  $i$ -го загрязняющего вещества, т;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий экологические факторы, по территории Российской Федерации;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий инфляцию.

Плата за выбросы вредных веществ в атмосферу в пределах ПДВ, которая с учетом коэффициента индексации (2,45, для SO<sub>2</sub> – 1,98) и экономического коэффициента местности (1,44) составляет 2,2 млн руб/год.

### 3. Анализ и выводы

Подчеркнем, что до настоящей работы предприятие ОАО «Теплогенерирующая компания № 1» не имело оформленного в установленном порядке разрешения на выброс, следовательно, вся масса загрязняющих веществ учитывалась как сверхлимитная, и плата определялась как за сверхлимитное загрязнение окружающей природной среды в двадцати пяти кратном размере, что составляет 55 млн. руб/год. Если работа будет принята, то, экономическая эффективность от введения нормативов ПДВ составит 52,8 млн. руб/год.

Таким образом, в данной работе представлена разработка нормативов ПДВ для ОАО «Теплогенерирующая компания», для чего была проведена инвентаризация источников выделения загрязняющих веществ, расчеты КОВ и КОП, расчеты рассеивания загрязняющих веществ, а так же рассчитана экономическая эффективность внедрения нормативов ПДВ. Нормативы ПДВ установлены для восьми источников выбросов предприятия по 12 загрязняющим веществам. Ни по одному из этих веществ превышений на границе СЗЗ предприятия и в прилегающей жилой зоне с учетом фона концентраций выше ПДК<sub>мр</sub> не имеется. Существующие выбросы предлагается принять в качестве нормативов ПДВ, что составит 4,79 т/год. Экономическая эффективность при внедрении мероприятий по уменьшению выбросов вредных веществ в атмосферу составит 52,8 млн рублей в год.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон РФ «Об охране атмосферного воздуха» от 21.05.1999г № 96-ФЗ
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2000г. № 373 [Электронный ресурс] «Положение о государственном учете вредных воздействий на атмосферный воздух и их источников».
3. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Санкт-Петербург: НИИ «Атмосфера», 2013г. - 212с.
4. ОНД - 86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. - Л.. Гидрометеиздат, 1987. -92 с.
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 августа 1992 г. № 632 «Об утверждении порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия».

## PROJECT DEVELOPMENT STANDARDS FOR MAXIMUM PERMISSIBLE EMISSIONS OF “HEAT GENERATING COMPANY”

*Bykov Anatoly Pavlovich, Sidorova Maria Sergeyevna - master student*, Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia.

*Sidorova M.S.* email: [mssidorova93@gmail.com](mailto:mssidorova93@gmail.com)

### **Abstract**

The work is devoted to calculation of permissible emissions of pollutants in atmosphere. The standards for maximum permissible emissions for the OJSC "Heat generating company", located in the city Berdsk are performed. The standards of maximum permissible emissions are set for eight enterprise-emitting sources 12 pollutants is took into account in the paper. Cost-effectiveness of the implementation of measures to reduce emissions of harmful substances into the atmosphere is considered. Maximum permissible emissions values for the whole company are 4483.43 tons per year. Payment for emissions of harmful substances into the atmosphere should be 2.2 million rubles per year, and economic efficiency is 52.8 million rubles a year.

### **Keywords**

Emissions; contaminants; MPE standards; inventory.

## ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ ВОДОРОДА В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД БЕЗРЕАГЕНТНЫМ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

*Воробьёв Леонид Юрьевич*<sup>1</sup>, инженер-исследователь;

e-mail: [turbo.techno.nsk@gmail.com](mailto:turbo.techno.nsk@gmail.com)

*Воробьёв Юрий Федорович*<sup>2</sup>, к.т.н.; с.н.с.

e-mail: [turbo.techno.nsk@gmail.com](mailto:turbo.techno.nsk@gmail.com)

*Ларичкин Владимир Викторович*<sup>1</sup>, д.т.н., профессор; зав. кафедрой  
инженерных проблем экологии, e-mail: [larichkin@corp.nstu.ru](mailto:larichkin@corp.nstu.ru)

*Червяков Владимир Юрьевич*<sup>1</sup>, директор опытно-экспериментального  
производства; e-mail: [chervjkov2008@mail.ru](mailto:chervjkov2008@mail.ru)

*Лобов Валерий Владимирович*<sup>1</sup>, инженер-исследователь;

e-mail: [ooo\\_arkona@ngs.ru](mailto:ooo_arkona@ngs.ru)

*Соловей Мария Владимировна*<sup>1</sup>, аспирант;

[solovey@corp.nstu.ru](mailto:solovey@corp.nstu.ru)

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

<sup>2</sup> Институт гидродинамики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Ак.  
Лаврентьева, 15

*Адрес для корреспонденции: Червяков Владимир Юрьевич, Новосибирский  
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.  
К. Маркса, 20, тел. (913)792-87-36*

### **Аннотация**

В работе представлены результаты измерений концентрации ионов водорода в процессе очистки бытовых сточных вод комбината общественного питания с помощью безреагентного аэрогидродинамического метода. Разработанная технология может быть использована для очистки вод загрязнённых, как органическими, так и неорганическими примесями.

### **Ключевые слова**

Сточная вода, органические и неорганические примеси, безреагентный аэрогидродинамический метод очистки, концентрация ионов водорода, рН-метр

### **1. Введение**

При использовании в технологических процессах вода загрязняется различными органическими и неорганическими веществами, т.е. образуются сточные воды. Для отведения этих вод в естественные водоёмы, реки, озёра, моря и др., они подвергаются очистке механическими, химическими, физико-химическими, биологическими и термическими методами до необходимого качества. В свою очередь, эти методы очистки подразделяются на

*рекуперационные*, предусматривающие извлечение из сточных вод и дальнейшую переработку всех ценных веществ и *деструктивные*, в которых вещества, загрязняющие воду, подвергаются разрушению путём их окисления или восстановления. В последнем случае продукты разрушения удаляются из воды в виде газов или осадков. Выбор метода очистки и подбор оборудования осуществляют с учётом:

- санитарных и технологических требований, предъявляемых к качеству очищенных вод с учётом дальнейшего их использования;
- количества образующихся сточных вод;
- наличия у предприятия необходимых для процесса обезвреживания ресурсов (пар, топливо, сжатый воздух, электроэнергия, реагенты, сорбенты и др.), а также необходимой площади для размещения очистных устройств;
- эффективности процесса обезвреживания [1].

Основную часть органических загрязнений бытовых сточных вод комбината общественного питания составляют белковые вещества, жиры, углеводы и продукты их разложения. Неорганическую часть загрязнений составляют соли, присущие питьевой воде и образующиеся в процессе обменных реакций в организме человека, а также песок и глинистые частицы, попадающие в сточную воду после мытья овощей и фруктов, уборки помещений и т.д. Особую категорию составляют биологические загрязнения в виде разнообразных микроорганизмов, в том числе и патогенных. Поэтому для их очистки, как правило, применяют биологические методы.

Цель работы – исследование концентрации ионов водорода в процессе очистки бытовых сточных вод комбината общественного питания безреагентным аэрогидродинамическим методом.

## **2. Описание экспериментальной установки и методики измерений**

На основании патента [2] изобретателей Ю.Ф. Воробьева и Л.Ю. Воробьева, была создана модельная экспериментальная установка, представленная на рис. 1.



Рис. 1 - Общий вид экспериментальной установки для безреагентной очистки сточной воды комбината общественного питания

- 1 – рН метр, 2 – конвертор, 3 – насос К20/30 и патрубок, соединяющий две камеры, 4 – камера № 1, 5 – камера № 2

В реализованном на практике методе предполагается, что химическое

превращение загрязняющих компонентов, входящих в состав сточной воды происходит за счёт специально организованных закрученных потоков и подобранных скоростей газовой и жидкой фаз.

Очистительный модуль состоял из двух камер №1 и №2. Предварительно в камеру №2 заливалась холодная водопроводная вода и с помощью рН-метра несколько раз замерялась величина водородного показателя. Среднее значение рН оказалось равным 7.6, что соответствует по санитарным правилам и нормам нейтральной воде. Погрешность рН-метра составляла 0,1.

В камере № 1 располагался конвертор, вне камеры находилась система подачи воды (насос К20/30). Камеры соединялись между собой переливными патрубками.

В ходе испытаний варьировались скорость и время работы конвертора. В ходе работы установки и после её выключения в обеих камерах проводили измерения показателя рН.

### 3. Результаты и обсуждение

На рис. 2 показан характер изменения водородного показателя в камерах №1 и №2.

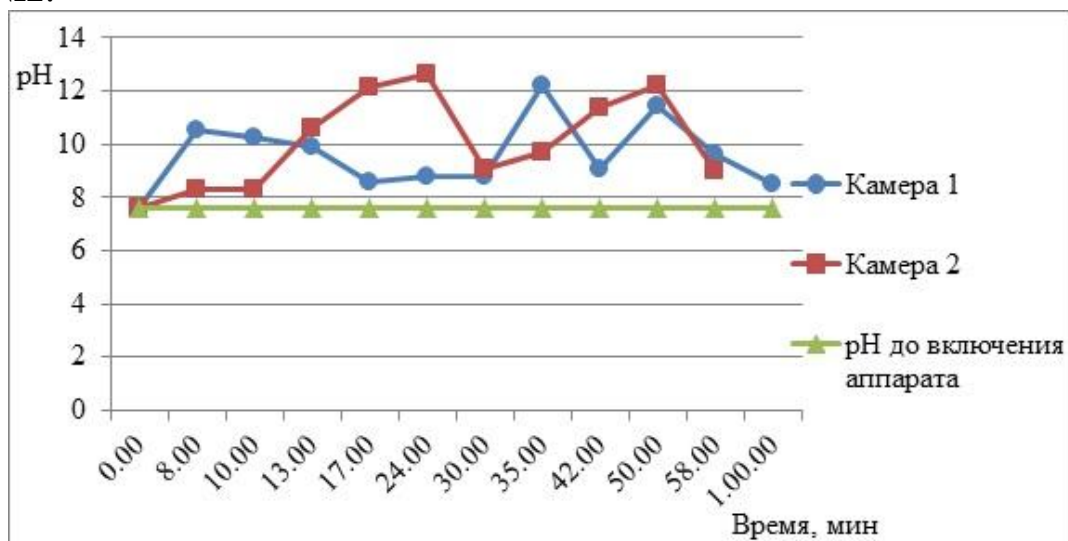


Рис. 2. Зависимость водородного показателя рН от времени работы очистительного модуля

Видно, что изменение показателя рН в обеих рабочих камерах происходит в сторону увеличения щёлочности среды, но какой-либо характерной тенденции не наблюдается. Тем не мене, этот результат наглядно показывает, что диссоциация воды происходит. Объяснение хаотичности результата может быть в том, что в атомарном виде кислород может находиться малое время, а время фиксации водородного показателя по сравнению с этим процессом существенно больше.

Заметим также, что во время работы очистного модуля в лабораторном помещении стоял запах перекиси водорода ( $H_2O_2$ ). Это предполагает, что под действием конвертора вода распадается на атомарные кислород и водород, которые в свою очередь могут образовывать более сложные соединения с загрязнителями.

#### 4. Выводы

Таким образом, исследование концентрации ионов водорода в процессе очистки бытовых сточных вод комбината общественного питания безреагентным аэрогидродинамическим методом подтвердило наличие при включенном аппарате процесса диссоциации воды, что также подтверждает запах перекиси водорода. В дальнейшем предполагается провести детальные ресурсно-эксплуатационные испытания лабораторной установки с целью обоснования возможности создания очистных сооружений, работающих на предложенном принципе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривошеин Д.А. Системы защиты среды обитания. В 2 т. Т. 2. – М.: Изд. Центр «Академия», 2014. – 368 с.
2. Патент 2483028 Российская Федерация, МПК C02F1/74 (2006.01). Способ очистки воды от примесей и устройство для его осуществления / Воробьев Л.Ю., Воробьев Ю.Ф.; патентообладатель Воробьев Леонид Юрьевич; заявл. 21.04.2008, опубл. 20.06.2012. – 3 с.

#### MODULE TEST ON NONCHEMICAL WASTEWATER TREATMENT OF LOCOMOTIVE DEPOT

*Leonid Yu. Vorobyev*<sup>1</sup>, *research engineer;*

e-mail: [turbo.techno.nsk@gmail.com](mailto:turbo.techno.nsk@gmail.com)

*Yuri F. Vorobyev*<sup>2</sup>, *candidate of technical Sciences;*

e-mail: [turbo.techno.nsk@gmail.com](mailto:turbo.techno.nsk@gmail.com)

*Vladimir V. Larichkin*<sup>1</sup>, *doctor of technical Sciences, Professor; head of Department of engineering ecology,* e-mail: [larichkin@corp.nstu.ru](mailto:larichkin@corp.nstu.ru)

*Vladimir Yu. Chervjakov*<sup>1</sup>, *Director of experimental production;*

e-mail: [chervjakov2008@mail.ru](mailto:chervjakov2008@mail.ru)

*Valery V. Lobov*<sup>1</sup>, *research engineer;* e-mail: [ooo\\_arkona@ngs.ru](mailto:ooo_arkona@ngs.ru)

*Maria V. Solovey*<sup>1</sup>, *graduate,* e-mail: [solovey@corp.nstu.ru](mailto:solovey@corp.nstu.ru)

<sup>1</sup> Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx prospect, Novosibirsk, 630073, Russia

<sup>2</sup> Lavrentyev Institute of Hydrodynamics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 15 Ak. Lavrentyeva prospect, Novosibirsk, 630090, Russia

#### Abstract

The results of measuring of concentration of hydrions are in-process presented in the process of cleaning of domestic effluents of combine of public food consumption the c help of reagentless aérohydrodynamic method. The worked out technology can be used for cleaning of waters muddy, by both organic and inorganic admixtures.

**Keywords:** Sewer water, organic and inorganic admixtures, reagentless aerohydrodynamic method of cleaning, concentration of hydriions, pH- meter

УДК 70.25.09: 628.316.12

## ИСПЫТАНИЯ МОДУЛЯ ПО БЕЗРЕАГЕНТНОЙ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО

*Воробьёв Леонид Юрьевич*<sup>1</sup>, инженер-исследователь;

e-mail: [turbo.techno.nsk@gmail.com](mailto:turbo.techno.nsk@gmail.com)

*Воробьёв Юрий Федорович*<sup>2</sup>, к.т.н.; с.н.с.

e-mail: [turbo.techno.nsk@gmail.com](mailto:turbo.techno.nsk@gmail.com)

*Ларичкин Владимир Викторович*<sup>1</sup>, д.т.н., профессор; зав. кафедрой инженерных проблем экологии, e-mail: [larichkin@corp.nstu.ru](mailto:larichkin@corp.nstu.ru)

*Червяков Владимир Юрьевич*<sup>1</sup>, директор опытно-экспериментального производства; e-mail: [chervjkov2008@mail.ru](mailto:chervjkov2008@mail.ru)

*Лобов Валерий Владимирович*<sup>1</sup>, инженер-исследователь;

e-mail: [ooo\\_arkona@ngs.ru](mailto:ooo_arkona@ngs.ru)

*Соловей Мария Владимировна*<sup>1</sup>, аспирант;

[solovey@corp.nstu.ru](mailto:solovey@corp.nstu.ru)

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

<sup>2</sup> Институт гидродинамики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 15

*Адрес для корреспонденции: Червяков Владимир Юрьевич, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, тел. (913)792-87-36*

### Аннотация

В работе представлены результаты по очистке сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами при мойке тепловозов в локомотивном депо с помощью запатентованного безреагентного метода. Идея метода основана на взаимодействии встречных организованных закрученных потоков жидкости (сточной воды) с эжектированием атмосферного кислорода (воздуха). Испытания модуля свидетельствуют о снижении концентрации нефтепродуктов в сточной воде примерно в 3-4 раза. Разработанная технология может быть использована для очистки производственных и бытовых сточных вод.



## **Ключевые слова**

Сточная вода, безреагентный метод очистки, нефтепродукты, испытания комплекса оборудования, фурье-спектрометр

### **1. Введение**

В настоящее время для очистки сточных вод промышленных предприятий применяются реагентные (химические, физико-химические) и безреагентные методы. Главное преимущество безреагентных методов более низкая их стоимость за счёт отсутствия дорогих реагентов и зачастую более высокая эффективность [1].

В частности, электрофильтрация позволяет эффективно делать очистку воды от наиболее устойчивых загрязнений, характеризующихся высокой дисперсностью, крайне затрудняющих применение реагентных методов очистки. Кроме того, как безреагентный метод, электрофильтрация предоставляет ценные возможности для получения воды с минимальным количеством примесей, в том числе ионных.

Перспективным методом очистки производственных сточных вод от коллоидных и эмульгированных примесей служит такой безреагентный метод, как электрокоагуляция. В отличие от реагентных методов он является более технологичным, не требует больших производственных площадей и является высокоэффективным для очистки сточных вод от тонкодиспергированных мономеров и полимеров.

Достаточно высокую эффективность безреагентной очистки природных вод повышенной мутности показывают методы поэтапного фильтрования на зернистых фильтрах. Использование цеолитов и модифицированных адсорбционных глин позволяет удалять из воды не только взвешенные, но и коллоидные частицы минерального происхождения. Применение этих материалов является перспективным при решении проблемы обеззараживания воды и глубокого ее осветления.

Например, разработанная компанией Альфа Лаваль совместно с Wallenius Water, PureBallast технология представляет собой полностью автоматизированную высокоэффективную систему очистки водного балласта на борту морских судов. Она очищает воду путем комбинированного использования фильтрации и усовершенствованной технологии окисления (advanced oxidation technology, AOT). Данная система способна уничтожать организмы величиной до 10 микрон в количествах, превышающих требования нормативов IMO.

Технико-экономический эффект безреагентной очистки в значительной степени зависит от характеристики обрабатываемой воды. Поэтому в одних случаях применение того или иного безреагентного метода очистки может оказаться высокоэффективным, в других - малоэффективным.

Цель работы – провести испытания аэрогидродинамического модуля по безреагентной очистке сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами при мойке тепловозов в локомотивном депо с помощью запатентованного безреагентного

метода [2].

## 2. Описание модуля очистки сточных вод

Принцип работы оборудования по очистке сточных вод основан на взаимодействии встречных организованных закрученных потоков жидкости (сточной воды) с эжектированием атмосферного кислорода (воздуха) [2]. Таким образом, с помощью специальных конверторов за счет физических действий без химреактивов в воде проводятся химические реакции. Органические вещества, в конечном итоге, распадаются на воду и углекислый газ ( $H_2O$  и  $CO_2$ ), так как состоят из углеводородов разной конфигурации молекул. Присутствующие в органике азот, фосфор, хлор, сера и другие минеральные элементы под действием специальных режимов обработки выводятся, либо в виде нерастворимых веществ, либо в свободном состоянии в виде газов, таких как, азот и водород.

Химическое превращение компонентов, входящих в состав сточной воды происходит за счёт специально организованных вихревых потоков и подобранных скоростей газовой и жидкой фаз. В конверторе создается три основных потока: два встречных прямых и два встречных закрученных, которые обеспечивают скоростную диссоциацию и ионообмен в камере конвертора.

Общий вид безреагентного аэрогидродинамического модуля для очистки сточных вод показан на рис. 1.



Рис. 1 - Общий вид безреагентного модуля для очистки сточных вод

Сточные воды из коллектора с помощью насоса попадают в устройство грубой очистки, находящееся в емкости сбора сточных вод. Устройство отделяет мусор, попавший в коллектор. Отделившийся мусор собирается в шламоприёмник, который очищают по мере заполнения.

Насос-конвертор организует взаимодействие потоков грубо очищенной



сточной воды, что приводит к принудительной диссоциации солей на ионы с образованием нерастворимых (или труднорастворимых) солей и активного кислорода. Вода с образовавшимися взвесями перекачивается насосами в гидроловушку, где происходит отделение твердых взвесей, а условно чистая вода по трубопроводу направляется в накопительную ёмкость, откуда направляется в оборотную систему технического водоснабжения или в пруд-накопитель.

## 2. Методика экспериментального исследования

Для оценки эффективности работы оборудования по очистке сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами при мойке тепловозов в локомотивном депо были отобраны и проанализированы на фурье-спектрометре 3 пробы. Образец 1 – исходное вещество, представлял собой маслянистую жидкость тёмного цвета с резким запахом. Нефтепродуктом предположительно являлось соляровое масло. Образец 2 – представлял собой взвесь, полученную после обработке воды в модуле в течение нескольких минут. Визуально было видно, что после начальной обработки произошло разделение неоднородных жидкостей. Образец 3 – представлял собой осветлённую, но по-прежнему мутную жидкость, полученную после обработке сточной воды в конверторе в течение 20 минут.

## 3. Результаты и обсуждение

На рис. 1 представлены инфракрасные спектры трёх отобранных образцов сточной воды и водопроводной воды, полученные на фурье-спектрометре ФТ-801 производства «НПФ Симекс» с использованием приставки НПВО с кристаллом селенида цинка.

На рисунке полоса  $3000 - 3700 \text{ см}^{-1}$  и пик  $1632 \text{ см}^{-1}$  отвечают за наличие воды, полоса  $2800 - 3000 \text{ см}^{-1}$  и пики  $1459 \text{ см}^{-1}$   $1377 \text{ см}^{-1}$  – за присутствие нефтепродукта.

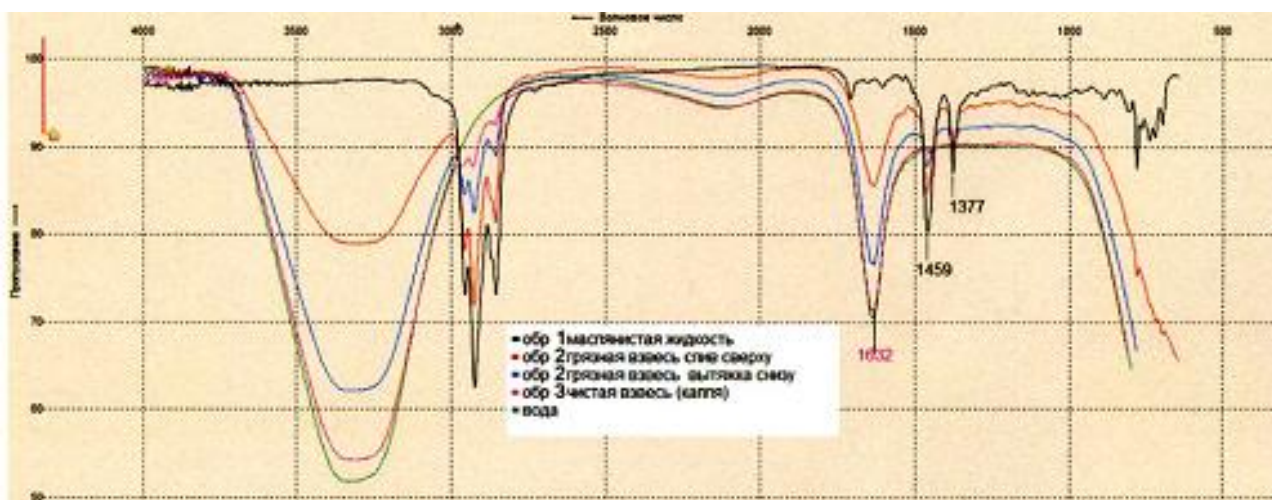


Рис. 1. Нормированные спектры поглощения различных образцов сточной воды и водопроводной воды

Следует отметить, что оценить погрешность измерений крайне

затруднительно, вследствие того, что интенсивность пропускания в полосах спектра нелинейно зависит от концентрации, а в образцах присутствовала неоднородность взвесей.

В то же время, результаты анализа однозначно показывают последовательное уменьшение концентрации нефтепродукта от увеличения времени обработки сточной воды в конвекторе. Если лёгкой фракции образца 2 интенсивности полос нефтепродукта и воды находятся в соотношении 1.3/1, то для образца 3 – в соотношении 0.1/1, что свидетельствует о значительной степени очистки.

Вместе с тем, видно, что следы нефтепродукта в образце 3 в незначительном количестве присутствуют. Количественно их можно оценить величиной  $0,16 \pm 0,04$  мг/л. В принципе, они могут быть устранены дополнительной обработкой.

#### **4. Выводы**

Таким образом, испытания безреагентного модуля для очистки сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами при мойке тепловозов в локомотивном депо показали высокую эффективность и экономичность предложенной технологии. При исходной концентрации нефтепродукта в сточной воде примерно 0,48 мг/л после обработки воды в течение 20 мин концентрация снижается до менее 0,16 мг/л.

Исследования показывают, что разработанная технология может быть использована для очистки вод загрязнённых, как органическими, так и неорганическими примесями.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Справочник химика 21 века - Chem21.info chem21.info/index. Химия и химические технологии.
3. Патент 2483028 Российская Федерация, МПК C02F1/74 (2006.01). Способ очистки воды от примесей и устройство для его осуществления / Воробьев Л.Ю., Воробьев Ю.Ф.; патентообладатель Воробьев Леонид Юрьевич; заявл. 21.04.2008, опубл. 20.06.2012. – 3 с.;

## MODULE TEST ON NONCHEMICAL WASTEWATER TREATMENT OF LOCOMOTIVE DEPOT

*Leonid Yu. Vorobyev*<sup>1</sup>, *research engineer;*

e-mail: [turbo.techno.nsk@gmail.com](mailto:turbo.techno.nsk@gmail.com)

*Yuri F. Vorobyev*<sup>2</sup>, *candidate of technical Sciences;*

e-mail: [turbo.techno.nsk@gmail.com](mailto:turbo.techno.nsk@gmail.com)

*Vladimir V. Larichkin*<sup>1</sup>, *doctor of technical Sciences, Professor; head of  
Department of engineering ecology, e-mail: [larichkin@corp.nstu.ru](mailto:larichkin@corp.nstu.ru)*

*Vladimir Yu. Chervjakov*<sup>1</sup>, *Director of experimental production;*

e-mail: [chervjkov2008@mail.ru](mailto:chervjkov2008@mail.ru)

*Valery V. Lobov*<sup>1</sup>, *research engineer; e-mail: [ooo\\_arkona@ngs.ru](mailto:ooo_arkona@ngs.ru)*

*Maria V. Solovey*<sup>1</sup>, *graduate, e-mail: [solovey@corp.nstu.ru](mailto:solovey@corp.nstu.ru)*

<sup>1</sup> Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx prospect, Novosibirsk,  
630073, Russia

<sup>2</sup> Lavrentyev Institute of Hydrodynamics, Siberian Branch of the Russian  
Academy of Sciences, Novosibirsk, 15 Ak. Lavrentyeva prospect,  
Novosibirsk, 630090, Russia

### **Abstract**

The paper presents the results of wastewater contaminated with petroleum products when washing locomotives in the locomotive depot using patented reagentless method. The idea of the method is based on the interaction of organized counter swirling flows of liquid (sewage) with the ejection of atmospheric oxygen (air). The tests of the module testify to the decline to the concentration of oil products in sewer water approximately in 3-4 times. The worked out technology can be used for cleaning of productive and domestic effluents.

**Keywords:** Waste water, chemical-free cleaning method, petroleum products, testing of complex of equipment, Fourier spectrometer

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СУЛЬФОКИСЛОТНЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Габова Наталья Евгеньевна<sup>2</sup>, студент; Коскин Антон Павлович<sup>1</sup>, научный сотрудник; Толстихина Дарья Владимировна<sup>2</sup>, студент.*

<sup>1</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5

<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

*Габова Н.Е.*, e-mail: [atashka94@mail.ru](mailto:atashka94@mail.ru)

*Коскин А.П.*, e-mail: [koskin@catalysis.ru](mailto:koskin@catalysis.ru)

*Толстихина Д.В.*, e-mail: [daradasha@mail.ru](mailto:daradasha@mail.ru)

*Адрес для корреспонденции: Габова Наталья Евгеньевна*, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, ул. Блюхера, 30/1, тел. (999)-465-2477

### Аннотация

Углеродные материалы с химически-связанными сульфогруппами (УСМ) перспективны для ряда промышленно важных кислотно-катализируемых реакций (алкилирование, нитрование, этерификация, дегидрирование и др.). Применение материалов подобного типа в гетерогенно-каталитических процессах, наряду с известными твердыми кислотами, может рассматриваться как альтернатива стандартным гомогенно-каталитическим процессам с использованием серной кислоты в качестве катализатора.

В работе оптимизирована методика синтеза УСМ методом прямого сульфирования мезопористых углеродных носителей серной кислотой и олеумом (подбор эффективного катализатора процесса и условий сульфирования). Синтез УСМ проводили сульфированием углеродных нановолокон полученных разложением углеводородов на катализаторах Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ni-Cu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( $S_{уд}=110-411$  м<sup>2</sup>/г). Показано, что при использовании катализатора сульфирования V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> удается достичь наиболее высокой концентрации сульфогрупп (0.71 ммоль/г). Проведено тестирование полученных материалов в реакции жидкофазной этерификации карбоновых кислот.

### Ключевые слова

Кислотный катализ, этерификация, сульфатированные углеродные материалы.

### 1. Введение

Сульфокислотные углеродные материалы представляют из себя графитизированный носитель, с химически связанными сульфогруппами. Данные материалы сочетают в себе высокую удельную поверхность наряду с высокой кислотностью и являются относительно не дорогим аналогом твердых

кислот перспективных для ряда промышленно важных кислотнокатализируемых реакций (алкилирование, нитрование, этерификация и дегидрирование) [1]. Применение материалов подобного типа в гетерогенно-каталитических процессах, наряду с известными твердыми кислотами, может рассматриваться как альтернатива стандартным гомогенно-каталитическим процессам с использованием серной кислоты в качестве катализатора [2].

Ключевыми характеристиками УСМ, определяющими каталитическую активность являются величины концентрации кислотных центров (количество сульфогрупп, ммоль/г) и удельная площадь поверхности ( $\text{м}^2/\text{г}$ ). Проведенный анализ литературных данных [3...7] позволил выявить 4 основных метода синтеза УСМ (см. схему на рис. 1). Наиболее перспективным, с точки зрения площади поверхности является группа методов I (до  $1000 \text{ м}^2/\text{г}$ ), однако в этом случае недостижима высокая концентрация кислотных центров ( $< 0,7 \text{ ммоль/г}$ ). В случае метода II достигается высокое количество химически-связанных сульфогрупп на поверхности углеродного носителя (до  $3,6 \text{ ммоль/г}$ ), однако низка удельная поверхность ( $< 10 \text{ м}^2/\text{г}$ ).

Работа посвящена оптимизации метода I а за счет подбора условий реакции прямого сульфирования мезопористых углеродных носителей. Каталитическая активность синтезированных образцов протестирована в реакции жидкофазной этерификации карбоновых кислот.

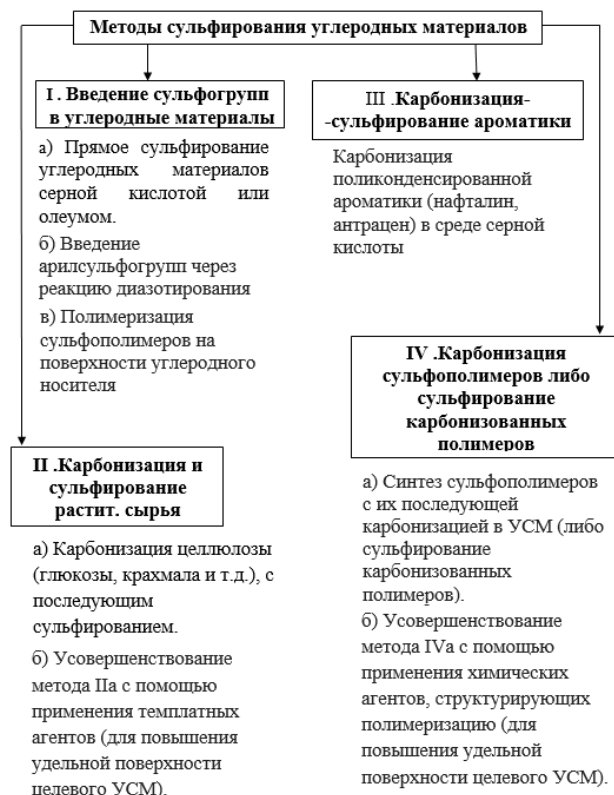


Рис. 1. Схема синтеза УСМ

## 2. Методика экспериментального исследования

Синтез УСМ проводили сульфированием углеродных нановолокон полученных разложением углеводов на катализаторах  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ni-Cu}/\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $S_{\text{уд}}=110-411 \text{ м}^2/\text{г}$ ). Процесс осуществлялся при температурах

150...250 °С в среде серной кислоты с добавкой катализатора сульфирования (1:100 моль/моль).

Исследование текстурных характеристик УСМ (объем пор ( $V_{\text{пор}}$ ) и удельная площадь поверхности ( $S_{\text{уд}}$ )) проводили методом низкотемпературной адсорбции азота на приборе Micrometrics ASAP-2400. Содержание химически-связанных сульфогрупп в образце УСМ проводили методами термогравиметрического анализа на установке оснащенной микровесами Мак-Бена (поток аргона 10 мл/мин, скорость изменения температуры 1°С/мин, диапазон измеряемых температур 25-400°С), по элементному анализу (содержание серы) и титриметрическими методами.

Тестирование синтезированных образцов проводили в реакторе жидкофазной этерификации карбоновых кислот (смесь уксусная (или олеиновая) кислота, этанол, катализатор (0.01 м.д.), при температуре 80 °С). Контроль за степенью конверсии субстратов осуществляли по методом титрования.

### 3. Результаты и их обсуждение

Данные исследования текстурных характеристик УСМ показали, что при реакции сульфирования не происходило существенного снижения удельной поверхности образцов. Оптимальной температурой сульфирования, при которой достигалась наибольшая концентрация сульфогрупп на поверхности, является диапазон 200...250 °С. При меньших температурах сульфирование протекало не в полном объеме, а при повышении температуры (свыше 250°С) увеличивался вклад процесса термического разложения связи С-S, что также приводило к снижению концентрации кислотных центров УСМ.

Среди протестированных катализаторов сульфирования ( $\text{Na}_2\text{VO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Li}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ , без катализатора) оптимальными оказались системы на основе ванадия ( $\text{Na}_2\text{VO}_4\text{V}_2\text{O}_5$ ). Реакция сульфирования предположительно протекает через стадию образования частицы ванадилсульфата в реакционной смеси.

Окислительная предобработка углеродных носителей перед процессом сульфирования не оказывала значимого влияния на ход процесса. В итоговом образце УСМ увеличивалась исключительно концентрация поверхностных  $\text{COOH}$ -групп, а не  $\text{SO}_3\text{H}$ -групп (данный факт регистрируется по сопоставлению данных обратного титрования УСМ раствором щелочи (нейтрализуются, как  $\text{COOH}$ -, так и  $\text{SO}_3\text{H}$ -группы) и данных элементного анализа содержания серы).

При исследовании каталитической активности была показана прямая зависимость между кислотностью образцов и их каталитической активностью (табл. 1).

Зависимость между кислотностью образцов и их каталитической активностью

Катализатор сульфирования	Сульфлирующий агент	Концентрация сульфогрупп, моль/г	Конверсия уксусной кислоты в реакции этерификации, %
Без катализатора	Конц. серная кислота	0.2	13
Без катализатора	Олеум	0.6	71
$\text{Na}_2\text{VO}_4, \text{V}_2\text{O}_5$	Конц. серная кислота	0.62-0.71	74
$\text{CaSO}_4, \text{Li}_2\text{SO}_4, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{ZrO}_2$	Конц. серная кислота	0.3 – 0.45	56

#### 4. Выводы

В работе исследован синтез сульфатированных углеродных материалов методом прямого сульфирования углеродных нановолокон концентрированной серной кислотой в присутствии катализаторов сульфирования. Показано, что при использовании катализатора сульфирования  $\text{V}_2\text{O}_5$  удается достичь наиболее высокой концентрации сульфогрупп (0.71 ммоль/г).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. M.Haraetal, Angew, Chem. Int. Ed., 43, 2004, 2955.
2. K.Wilsonetal, PureAppl. Chem., 72, 2000, 1313.
3. Hao Yu, YuguangJin. Journal of Solid State Chemistry ,181, 2008.
4. Ke Liu, Cuican Li. Journal homepage, 2010.
5. Michikazu Hara, Takemi Yoshida. Angew. Chem. Int. Ed. 2004, 43.
6. Masaaki Kitano, Keisuke Arai. Springer Science+Business Media, LLC 2009.
7. Xuezheng Liang, TianjunXie. Solid State Sciences ,12 , 2010.

# THE STUDY OF CATALYTIC ACTIVITY OF CARBON MATERIALS SULFONIC

*Gabova Natalia Evgenevna<sup>2</sup>, the student; Koskin Anton Pavlovich<sup>1</sup>, researcher;  
Tolstihina Darya Vladimirovna<sup>2</sup>, the student.*

<sup>1</sup>Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, pr.  
Lavrentieva, 5

<sup>2</sup>Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, 20, Prospekt  
K. Marksa, (999)-465-2477

*Gabova N.E.*, [e-mail atashka94@mail.ru](mailto:atashka94@mail.ru)  
*Koskin A.P.*, [e-mail koskin@catalysis.ru](mailto:koskin@catalysis.ru)  
*Tolstihina D.V.*, [e-mail daradasha@mail.ru](mailto:daradasha@mail.ru)

## Annotation

Carbon materials with chemically-grafted sulfogroups (SCM) are perspective for a number of industrially important acid-catalyzed reactions (alkylation, nitration, esterification, dehydrogenation etc.). The application of materials of this type in heterogeneous catalytic processes, along with well-known solid acids, can be considered as an alternative to the standard homogeneous-catalytic processes using sulfuric acid as a catalyst.

As a result of the done work the technique of synthesis of USM by method of a direct sulfirovaniye of mesoporous carbon carriers sulfuric acid and an oleum (selection of the effective catalyst of process and conditions of a sulfirovaniye) is optimized. Synthesis of USM was carried out by a sulfirovaniye of carbon nanofibres of the hydrocarbons received by decomposition on catalysts Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ni-Cu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (sq.m/g S<sub>ud</sub> = 110-411). It is shown that when using the catalyst of a sulfirovaniye of V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> it is possible to reach the highest concentration of sulfonate groups (0.71 mmol/g). Testing of the received materials in reaction of a liquid-phase eterifikation of carbonic acids is held.

**Keywords:** Acid catalysis, esterification, sulfated carbon materials.



## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ КСАНТОГЕНАТОВ

*Гаврилова Таисия Германовна<sup>1</sup>, магистрант;*

*Цицилина Дарья Михайловна<sup>1</sup>, магистрант;*

*Ларичкин Владимир Викторович<sup>1</sup>, д. т. н., профессор*

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(383) 346-50-31

*Гаврилова Т.Г.*, e-mail: [gavrilova.t.g@mail.ru](mailto:gavrilova.t.g@mail.ru)

*Цицилина Д.М.*, e-mail: [tsitsilinadm@mail.ru](mailto:tsitsilinadm@mail.ru)

*Ларичкин В.В.*, e-mail: [larichkin@corp.nstu.ru](mailto:larichkin@corp.nstu.ru)

*Адрес для корреспонденции: Ларичкин Владимир Викторович, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(383) 346-50-31*

### **Аннотация**

Исследована возможность использования марганцевой руды оксидного типа Порожинского месторождения (Красноярский край) для очистки сточных вод от флотационных реагентов - ксантогенатов. Проведены исследования в статическом и динамическом режимах на модельных растворах. Установлены оптимальные условия для максимального проявления окислительных свойств руды.

**Ключевые слова:** марганцевые руды, ксантогенаты, окисление, очистка сточных вод.

### **1. Введение**

В технологическом процессе рудообогащения обычно участвуют значительные массы воды. В сточных водах обогатительных фабрик присутствуют твердые частицы, ионы тяжелых металлов, различные органические вещества. Неочищенные сточные воды, попадая в водоемы, нарушают экосистему.

Одним из способов обогащения руд является флотация. На обогатительных фабриках образуются два вида сточных вод: от промывки руды и от процесса флотации. Стоки от промывки руды содержат только твердые механические примеси в количестве до 30 г/л, а стоки от флотации — до 120 г/л твердых механических примесей и флотационные реагенты. Воды от флотации не могут быть выпущены в водоем или использованы в оборотной системе водоснабжения без предварительной очистки. [1]

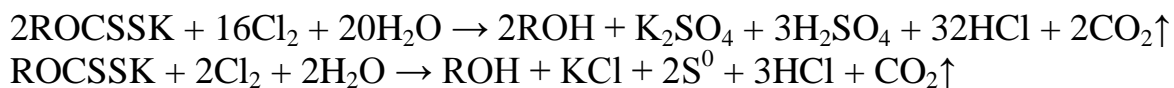
Ксантогенаты – соли ксантогеновых кислот с общей формулой  $ROCSSMe$ , применяющиеся как флотационные реагенты собирательного типа для извлечения сульфидов тяжелых металлов из руд. Их доля среди собирателей в мировой практике более 60 %, а в отечественной более 80 % [2].

В сточных водах обогатительных фабрик концентрация ксантогенатов может достигать 1,6 – 5,0 мг/л [3]. Ксантогенаты являются восстановителями, они легко окисляются, но при длительном воздействии окислителей или окислении в жестких условиях они разлагаются с образованием ядовитых соединений [4]. Контроль над содержанием ксантогенатов в природных и сточных водах необходим из-за высоких требований к их предельно допустимой концентрации, т.к. их способность окисляться нарушает газовый режим водоема и ухудшает его санитарное состояние. ПДК в зависимости от вида ксантогенатов в водных объектах составляет 0,1 – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>.

Существуют следующие методы очистки сточных вод от ксантогенатов:

1. Ксантогенаты эффективно действуют в щелочных средах, в кислых средах они разлагаются с образованием сероуглерода и спирта. Поэтому одним из методов очистки сточных вод является их разложение в кислой среде при pH менее 4, с последующей доочисткой от образующихся сульфид-ионов и сернистого ангидрида. Данный метод приемлем в том случае, если в сточных водах нет цианистых соединений [3].

2. Метод окисления ксантогенатов «активным» хлором - более эффективный и распространенный метод. Под термином «активный» хлор понимается суммарное содержание в воде свободного хлора Cl<sub>2</sub>, серноватистой кислоты и гипохлорит-иона OCl<sup>-</sup>. Сера в ксантогенатах "активным" хлором при его избытке окисляется до сульфатов, а при недостатке до элементарной серы по реакциям [3]:



3. Биологический метод - разрушение ксантогената происходит в хвостохранилищах под действием кислорода, растворенного в пульпе, солнечной энергии и микроорганизмов, способных окислять сложные органические вещества [5].

4. Озонирование. При этом методе очистки протекают те же реакции окисления, что и при окислении ксантогенатов «активным хлором» [3].

5. В патенте RU 920004, авторов Т.В. Макитра, П.Г. Пермьяков, Г.В. Волченко и др. очистку сточных вод от ксантогенатов ведут окислением газами, содержащими двуокись углерода, при pH 5,7 – 6,5. Способ осуществляется пропусканием через водный раствор отходящих газов котельных установок и прокалочных печей, газов известково-обжиговых печей и других газов при исходной кислотности среды 9,1 – 10,5 % и содержании ксантогената 4 – 6,5 мг/л.

В настоящее время в России минерально-сырьевая база марганца представлена преимущественно низкосортными рудами, переработка которых характеризуется различными трудностями для металлургической промышленности. Поэтому, возникает необходимость вовлечения марганцевых руд в другие отрасли промышленности (химическую, электротехническую, лакокрасочную и др.).

Известно [6], что марганцевые руды Сибири проявляют окислительные и сорбционные свойства по отношению к органическим и неорганическим загрязняющим веществам в водных средах. Одним из перспективных направлений применения марганцевых руд – использование их в качестве эффективных сорбентов и окислителей в процессах очистки и обезвреживания сточных вод горно-перерабатывающих предприятий. Поэтому представляет интерес исследование возможности очистки сточных вод от бутилового ксантогената калия с помощью марганцевых руд, содержащих природный оксид марганца (IV).

Цель работы – исследование возможности использования марганцевой руды оксидного типа Порожинского месторождения для очистки сточных вод от ксантогенатов.

## **2. Методика экспериментальных исследований**

Для проведения исследований марганцевая руда обрабатывалась по следующей технологии:

1. Отмывка исходной руды, имеющей в своем составе 13-14%  $MnO_2$ , позволила повысить содержание  $MnO_2$  до 20-24%.
2. Измельчение руды на дисковом истирателе до крупности частиц 1...3 мм.
3. Прокаливание руды в течение 1 часа при  $t = 700\text{ }^{\circ}C$ , что способствовало переводу присутствующего  $MnCO_3$  в оксидную форму  $MnO_2$ .
4. Повышение содержания  $MnO_2$  до 47 % методом магнитной сепарации при 15000-18000 Эрстед.

Исследование кинетики процесса окисления ксантогената проводилось в статическом режиме на модельных растворах, приготовленных на водопроводной воде с концентрацией ксантогената 5, 10 мг/дм<sup>3</sup>. Для окисления в статических условиях использовали руду, измельченную на центробежном истирателе, с крупностью частиц 10...100 мкм. Были проведены исследования по определению влияния рН раствора, времени контакта и величины навески руды на окисление бутилового ксантогената калия. Пробы фильтровали и отправляли на анализ. Для определения количества флотореагентов в пробах анализ проводился на основании патента RU 338141 «Способ определения ксантогенатов», авторов О.В. Янтера и Н.Н. Кушнарева с помощью колориметра КФК – 2 МП [7]. Результаты анализов представлены в таблицах 1, 2, 3.

Исследования в динамическом режиме проводились с использованием марганцевой руды Порожинского месторождения крупностью 0,5...2,5 мм, которую загружали в ионообменную колонку (внутренний диаметр - 16 мм, высота загрузки – 450 мм). Концентрация ксантогената в модельном растворе была равной 5 мг/дм<sup>3</sup>. Значение рН раствора поддерживалось в диапазоне 5,6...6,0. Скорость пропускания рассчитывалась на основании результатов определения скорости реакции окисления (необходимое время контакта – 20 мин).

### 3. Результаты и их обсуждение

В результате исследований, проведенных в статическом режиме, установлено, что влияние на степень извлечения ксантогенатов оказывает расход руды, рН среды, время контакта и содержание марганца в руде. При указанных концентрациях ксантогената оптимальный расход марганцевой руды Порожинского месторождения (руда с высоким содержанием марганца – 46...47 %) составляет 2,5 г/дм<sup>3</sup>. Время контакта ксантогената с марганцевыми рудами определяется кинетикой процесса окисления и составляет 20 минут. Исследование влияния показателя рН среды показывают, что оптимальными для условий горнодобывающих предприятий могут быть значения рН = 5...7. Результаты экспериментов представлены в таблицах 1, 2, 3.

Исследования в динамическом режиме показали, что остаточные концентрации ксантогената были на уровне чувствительности прибора, т.е. меньше 0,001 мг/дм<sup>3</sup>. Сравнение показало, что полученные значения остаточной концентрации не превышают норм ПДК.

Таблица 1

Время контакта, необходимого для окисления ксантогената

Исходная концентрация С, мг/ дм <sup>3</sup>	Масса навески m <sub>навески</sub> , МГ	Время контакта τ, мин	Остаточная концентрация С, мг/дм <sup>3</sup>
10	100	5	6,2500
		10	3,3250
		15	2,0000
		20	1,4250
		30	4,0750
		60	6,7000

Таблица 2

Величина навески, необходимой для окисления ксантогената

Исходная концентрация С, мг/дм <sup>3</sup>	Время контакта τ, мин	Масса навески m <sub>навески</sub> , МГ	Остаточная концентрация С, мг/дм <sup>3</sup>
5	30	50	3,1
		100	3
		150	3,1
		200	2,43
		250	1,9
		300	2,15

Величина рН раствора, необходимого для окисления ксантогената

Исходная концентрация С, мг/дм <sup>3</sup>	Время контакта τ, мин	рН раствора	Остаточная концентрация С, мг/дм <sup>3</sup>
5	20	5	0,75
		6	0,25
		6,5	0,2
		7	0,2
		8	0,4
		9	1,55

Сравнительный анализ ИК-спектров марганцевой руды исходной и из ионообменной колонки после завершения процесса очистки показал, что на поверхности руды отсутствуют сорбируемые вещества, т.е. процесс очистки происходит по механизму окисления ксантогената.

Если в сточной воде, содержащей ксантогенаты, присутствуют вещества, способные сорбироваться на поверхности руды, в том числе ионы тяжелых цветных металлов, то одновременно происходит сорбция металлов и окисление ксантогената. Необходимо периодически регенерировать поверхность марганцевой руды 2...3 % раствором кислоты. Потери руды в процессе регенерации составляют 0,5...1,0 %, в основном, за счет вымывания примесей. Важно отметить, окислительные свойства руды после регенерации кислотой полностью восстанавливаются.

#### 4. Выводы

Исследована возможность очистки флотационных вод обогатительных фабрик горнодобывающих предприятий от ксантогенатов с помощью марганцевой руды. Установлено, что:

1. Очистка раствора с ксантогенатом на марганцевой руде происходит по механизму окисления. Низкосортные марганцевые руды обладают окислительными свойствами и могут эффективно использоваться в системах очистки сточных вод.

2. Оптимальное время контакта ксантогената с марганцевыми рудами определяется кинетикой процесса окисления и составляет примерно 20 минут.

3. При концентрации ксантогената 5 мг/дм<sup>3</sup> расход руды составляет 2,5 г/дм<sup>3</sup>.

4. Оптимальное значение рН = 5...7. Данные значения представляют наибольший интерес для работы со сточными водами обогатительных фабрик. Более низкие значения рН не рассматривались, т.к. в кислой среде происходит разложение ксантогената.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сточные воды обогатительных фабрик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vodoprovod-24.ru/stochnye-vody-obogatitelnyx-fabrik.html>.
2. Хан, Г.А. Флотационные реагенты и их применение / Г.А. Хан, Л.И. Габриелова, Н.С. Власова. – М. : Недра, 1986. – 300 с.
3. Чуянов, Г.Г. Хвостохранилища и очистка сточных вод / Г.Г. Чуянов. – Екатеринбург : УГГГА, 1998. – 246 с.
4. Методические рекомендации №15. Сорбционное извлечение ценных компонентов из природных вод и технологических растворов/ Разраб. И. А. Клименко и др. - М.: ВИМС, 1981. 35 с.
5. Очистка сточных вод от ксантогенатов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/3321250/page:2/>.
6. Бочкарев Г.Р., Пушкарева Г.И., Коваленко К.А. О сорбционных свойствах марганцевых руд // ФТПРПИ. – 2011. – № 6 – С. 182–183.
7. Описание изобретения к авторскому свидетельству СССР № 1432504/23-4, 20.04.1970. Янтер О.В., Кушнарера Н.Н., Способ определения ксантогенатов // Описание изобретения № 338141. 08.11.1973. Бюл. №10.

## PURIFICATION OF WASTE WATER FROM XANTHOGENATES

*Gavrilova Taisiya G<sup>1</sup>, Master of Engineering sciences,*

e-mail: [gavrilova.t.g@mail.ru](mailto:gavrilova.t.g@mail.ru),

*Tsitsilina Darya M<sup>1</sup>, Master of Engineering sciences,*

e-mail: [tsitsilinadm@mail.ru](mailto:tsitsilinadm@mail.ru),

*Larichkin Vladimir V<sup>1</sup>, D. Sc. (Engineering), Professor,*

e-mail: [larichkin@corp.nstu.ru](mailto:larichkin@corp.nstu.ru)

<sup>1</sup> Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx prospect, Novosibirsk, 630073, Russia

### Abstract

The possibility of using manganese ore oxide type Porozhinsk Deposit (Krasnoyarsk edge) for purification waste water from xanthates was studied in this work. Optimal parameters for the maximum manifestation of oxidative properties of the ore were established.

**Keywords:** manganese ores, xanthates, oxidation, purification waste water

## ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА

**Жигайлов Максим Анатольевич**, студент [zhigailov.maks@mail.ru](mailto:zhigailov.maks@mail.ru),  
**Швецова Ирина Юрьевна**, старший преподаватель, [i.shveczova@corp.nstu.ru](mailto:i.shveczova@corp.nstu.ru)  
Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, ул. К. Маркса, 20

### Аннотация

В работе рассматривается влияние экологических факторов на качество жизни населения. Определяются основные направления совершенствования законодательства об охране окружающей среды.

**Ключевые слова:** качество жизни, окружающая среда, источники загрязнения, здоровье населения, экологическое законодательство.

### 1. Введение

В ряде современных исследований качество жизни предполагается рассматривать как системную целостность, выражающуюся через сложную структуру взаимосвязей ее составляющих. Их различные сочетания могут отразиться на качестве жизни человечества. По определению Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), «качество жизни включает в себя такие факторы как: физическое здоровье человека, его психическое состояние, уровень социальной защищенности, общественные отношения, особенности окружающей среды»[1]. Несмотря на всё усиливающуюся угрозу глобального экологического кризиса, происходит спад интереса к данной проблематике.

Экологическая обстановка в г. Новосибирске неоднозначная. С одной стороны, в городе проживает около 1,5 млн. человек, сохранились естественные лесные массивы, такие рекреационные ресурсы как Обское водохранилище, Обь, множество малых рек и озер. С другой стороны, Новосибирск – крупный промышленный центр с развитой химической промышленностью что негативным образом сказывается на экологической ситуации [2].

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в Новосибирской области являются: автомобильный транспорт (57,1 % валового выброса), предприятия теплоэнергетики и отопительные котельные ЖКХ (27,7 %), промышленные предприятия (15,2 %). Положение с водными ресурсами также тяжелое. В Обское водохранилище поступает загрязненная вода из других регионов. Поверхностный сток составляет 65 млн. кубометров в год, вследствие чего в главную водную артерию региона попадают: взвешенные

вещества (27 тыс. тонн в год); нефтепродукты (1,2 тыс. тонн); плавающие вещества (1 тыс. тонн, включая биогенные, органические вещества и химические соединения).[3] При этом следует учитывать, что основной водозабор для обеспечения нужд населения в питьевой воде берется именно с р.Обь. Загрязнение атмосферного воздуха, воды и почвы является фактором, не только создающим дискомфортные условия для жизни, но и в значительной мере определяющим уровень заболеваемости, что, в свою очередь, влияет на качество жизни человека. В целом, благодаря значительным финансовым ресурсам и целевым программам, экологическая обстановка в Новосибирске с каждым годом улучшается, о чем говорит то, что город в рейтинге экологического развития городов России занимает 24-е место из 94-х.[4]

По интегральному индексу общественного здоровья населения Новосибирская область занимает 38-е место среди регионов России. Экономический ущерб от заболеваемости и преждевременной смертности вследствие неблагоприятной экологической ситуации за один год составляет примерно 5% от валового регионального продукта для данного региона. [5]

Несмотря на значительное количество принятых законов, в той или иной мере регламентирующих охрану окружающей среды, в последнее десятилетие законодательная база ослабла и стала менее прозрачной, что может существенно повлиять на экологическую обстановку, а также на качество жизни населения. Это объясняется следующими причинами: рамочный характер основополагающего Федерального закона «Об охране окружающей среды», содержащего отсылочные нормы; недоучет экологического фактора при принятии базовых законов (кодекса об административных правонарушениях, административного судопроизводства, бюджетного, земельного и других кодексов), что затруднило реализацию многих экологических норм; внесение поправок, ослабивших нормы природоохранного законодательства при принятии Водного, Градостроительного и Лесного Кодексов; изменения в законодательстве об особо охраняемых природных территориях.

Все это послужило предпосылкой к тому, что действующее природоохранное законодательство не отвечает современному уровню экологической обстановки. Законодательство создает предпосылки для ухудшения качества жизни населения и окружающей среды, расхищению природных ресурсов, создает условия для развития коррупции, и не обеспечивает защиту общественных и государственных экологических интересов; характеризуется наличием внутренних противоречий, пробелов и разночтений и отсутствием комплексного подхода в правовом регулировании экологических отношений [6].

Для решения данной проблемы специалистами предлагается три этапа изменения ситуации. Первый этап предусматривает совершенствование природоохранного законодательства с создания межведомственной рабочей группы по экологии, задачей которой будет являться устранение пробелов и противоречий, накопленных сегодня в природоохранном законодательстве, и



начать строить новую систему управления качеством окружающей среды, под руководством заместителя председателя правительства РФ одновременно с введением двухлетнего моратория на разработку и внедрение новых природоохранных законов.

На втором этапе предлагается уточнить функции федеральных органов исполнительной власти по вопросам охраны окружающей среды. Наконец, на третьем этапе — разработать Экологический кодекс РФ и на его основе провести полную перестройку действующей системы регулирования. Решение проблемы в экологическом законодательстве может существенно повлиять на качество жизни населения, а именно, повысить уровень социальной защищенности граждан, улучшить физическое здоровье, снизить заболеваемость граждан и т.д.[7].

Совершенствование природоохранного законодательства в целях повышения качества жизни населения должно осуществляться в трех основных направлениях: предупреждение негативного воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности; снижение негативного воздействия на окружающую среду, установление обоснованных нормативов; возмещение вреда, причиненного окружающей природной среде, и восстановление нарушенного состояния природы.

#### **Библиографический список.**

1. Калашникова Г. В., Минигалева А. М. Влияние экологических факторов на показатели качества жизни населения // Молодой ученый. — 2015. — №12. — С. 560-563.
2. О Новосибирске [Электронный ресурс – Место проживания]. Режим доступа: <http://mestoprozhivaniya.ru/goroda-rossii/novosibirsregion/о-novosibirske/> – Загл. с экрана.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2014 году», Новосибирск, 2015 – 244 с.
4. Рейтинг экологического развития городов России — 2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/864/rejting\\_gorodov\\_.pdf](https://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/864/rejting_gorodov_.pdf) - Загл. с экрана.
5. Татаренко В.И., Колесников Д.А. Взаимосвязь экономического ущерба с заболеваемостью населения промышленного мегаполиса, обусловленной неблагоприятным состоянием окружающей среды (на примере г. Новосибирска), 2012
6. Чуркин Н.П. Основные проблемы федерального законодательства Российской Федерации в области охраны окружающей среды обсудят на форуме «РосПромЭко-2013» [Электронный ресурс – Российский промышленно-экологический форум «РосПромЭко»]. Режим доступа: <http://www.rospromeco.com/expertnoe-mnenie/28-analytic/expertnoe-mnenie/375->

osnovnye-problemy-federalnogo-zakonodatelstva-rossijskoj-federatsii-v-oblasti-okhrany-okruzhayushchej-sredy-obsudyat-na-forume-rospromeko-2013 - Загл. с экрана.

7. «Зеленая» дорожная карта [Электронный ресурс – Газета.ru]. Режим доступа: <http://www.gazeta.ru/business/2014/03/21/5959081.shtml> - Загл. с экрана.

## **INFLUENCE OF THE ECOLOGICAL FACTOR ON INDICATORS OF QUALITY OF LIFE OF THE POPULATION ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF NOVOSIBIRSK**

*List of authors: Zhigailov Maxim Anatolyevich, zhigailov.maks@mail.ru,  
Senior teacher Shvetsova Irina Yurevna, Novosibirsk State Technical  
University,  
Novosibirsk, K. Marx St., 20, i.shveczova@corp.nstu.ru*

**Abstract:** the article discusses the influence of environmental factors on the quality of life of the population. Defines the main directions of improving the legislation on the protection of the environment.

**Keywords:** quality of life, environment, pollution sources, health of the population, ecological legislation.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА НЕФТИ НА ФИЛЬТРАЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОЧВЫ

*Кадимова Анна Владимировна*<sup>1</sup>, аспирант;

*Гуреева Оксана Андреевна*<sup>2</sup>, инженер,

*Ларичкин Владимир Викторович*<sup>1</sup>, д.т.н., профессор

*Ларичкина Наталья Илларионовна*<sup>1</sup>, к.г.-м.н., доцент

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,  
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(383)346-50-31

<sup>2</sup> ЗАО «СоюзХимПром» 630015, Россия, г. Новосибирск, ул.  
Королева, 40, корп. 87

*Кадимова А.В.*, e-mail: [myushk@mail.ru](mailto:myushk@mail.ru)

*Гуреева О.А.*, e-mail: [kafedra.ipe@mail.ru](mailto:kafedra.ipe@mail.ru)

*Ларичкин В.В.*, e-mail: [larichkin@corp.nstu.ru](mailto:larichkin@corp.nstu.ru)

*Ларичкина Н.И.*, e-mail: [larichkina@corp.nstu.ru](mailto:larichkina@corp.nstu.ru)

*Адрес для корреспонденции: Кадимова Анна Владимировна*, Новосибирский  
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.  
Карла Маркса, 20, тел. +7(383)346-50-31

### **Аннотация**

В работе изучены фильтрационные свойства почвы при фильтрации через нее воды, легкой и тяжелой нефти. Для сравнения были рассмотрены фильтрационные свойства природных материалов - песок и бентонит. Показано, что наиболее высокими фильтрационными свойствами обладает речной песок, наименее – бентонит. На основе полученных результатов рекомендована экранирующая система для защиты почвы от загрязнений нефтью, состоящая из слоев песка и бентонита примерно одинаковой высоты.

### **Ключевые слова**

Лёгкая и тяжёлая нефть, почва, фильтрация, вода, песок, бентонит

### **1. Введение**

Загрязнение земель нефтью и нефтепродуктами в результате аварий становится одной из крупных экологических проблем России, особенно острой для Западно-Сибирского и Северо-Кавказского регионов, республики Коми, Башкирии, а также районов Среднего и Нижнего Поволжья [1].

Пропитывание нефтью и нефтепродуктами почвенной массы приводит к активным изменениям в химическом составе, свойствах и структуре почвы. Прежде всего, это сказывается на гумусовом горизонте: количество углерода в

нем резко увеличивается, но ухудшается свойство почв как питательного субстрата для растений [2].

Поэтому проблема рекультивации загрязненных нефтью почв имеет важное народно-хозяйственное значение. В настоящее время наиболее прогрессивной технологией очистки почвы от нефти считается введение в нее микроорганизмов или активация имеющейся в ней углеводородоокисляющей микрофлоры. В работе [3], показано, что при дозах нефти меньше 80 мл/кг всхожесть семян тест-растений (кресс-салат) практически не отличается от контрольных. При 250 мл/кг она снижается на 50%, при дозах выше 400 мл/кг, всхожесть семян полностью подавляется. Легкие фракции нефти (бензин, дизельное топливо) еще более фитотоксичны: снижение всхожести семян на 50% происходит при дозах соответственно 150 и 90 мл/кг. Тяжелые же фракции (моторное масло и гудрон) фитотоксичное действие на тест-растения оказывают мало даже при очень высоких дозах.

Цель работы – оценка влияния нафтоароматических (тяжелой) и метанонафтоновых (легкой) нефти на фильтрационную способность песка, бентонита и почвы.

## 2.Методика экспериментального исследования

Исследования скорости впитывания и фильтрации нефти в почву и природные материалы – песок и бентонит проводились в экоаналитической лаборатории кафедры инженерных проблем экологии НГТУ на установке, приведенной на рис. 1.

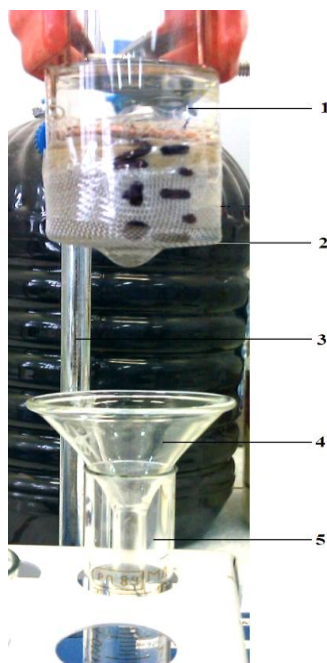


Рис. 1. Внешний вид экспериментальной установки

1-цилиндр; 2-сетчатое дно; 3-штатив лабораторный;  
4-воронка лабораторная стеклянная; 5-пробира центрифужная градуированная

Предварительно просеянный материал засыпали в цилиндр. В эксперименте использовали отобранную на вибросите фракцию песка размером < 0,9 мм, высота насыпного слоя составляла 8 см. Перед засыпкой и после неё

цилиндр взвешивали. В качестве фильтрата использовали дистиллированную воду объемом 100 мл.

Материал в цилиндре покрывали кружком фильтровальной бумаги. Над материалом в цилиндр наливали воду слоем 2 см. В дальнейшем поддерживали этот постоянный напор воды. В течение эксперимента фиксировали время, расход воды, начало фильтрации и объем фильтрата.

По результатам наблюдений рассчитывали коэффициент фильтрации по формуле:

$$K_{\phi} = \frac{10 \cdot L}{S \cdot (h+L)} \cdot \frac{Q}{\tau} \quad (1)$$

где:  $L$  – высота слоя материала в цилиндре, см;  
 $h$  – уровень жидкости над материалом, см;  
 $S$  – площадь поперечного сечения цилиндра, см<sup>2</sup>;  
 $Q$  – расход жидкости, мл;  
 $\tau$  – время, с.

### 3. Результаты и обсуждение

На рис. 1 представлена диаграмма значений коэффициентов фильтрации легкой нефти для песка, почвы, бентонита и так называемой трехслойной системы, состоящей из песка, бентонита и почвы. Видно, что суточное значение коэффициента фильтрации для песка наибольшее, так как песок практически не задерживает воду, а для почвы и бентонита значения  $K_{\phi}$  близки между собой и очень малы, по сравнению с песком. Это связано с тем, что в их состав входят глинистые частицы, которые хорошо удерживают воду и гуминовые кислоты в почве, которые задерживают на себе парафины. В трехслойной системе процесс фильтрации идет быстрее, чем в отдельных материалах, так как из-за давления песка нефть не задерживается в слоях, парафины не успевают застыть и не забивают поры, способствуя увеличению фильтрации.

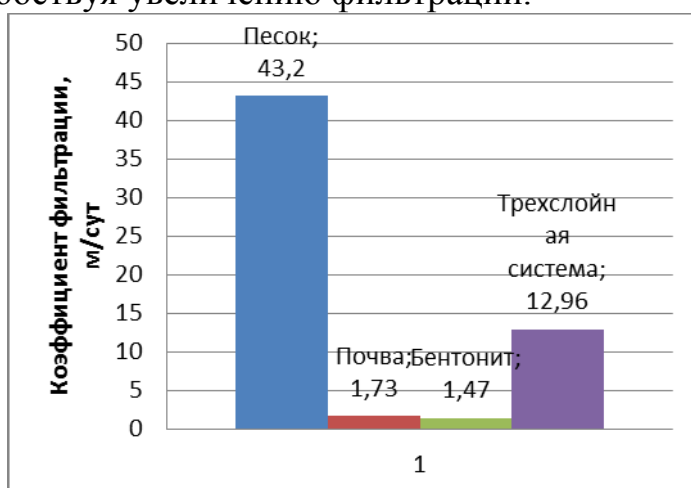


Рис. 1. Диаграмма значений коэффициентов фильтрации легкой нефти для различных материалов

На рис. 2 представлена диаграмма значений коэффициентов фильтрации тяжелой нефти для различных материалов и трехслойной системы. Видно, что

для почвы и бентонита процесс фильтрации протекает примерно одинаково. Это связано с тем, что происходит закупоривание пор смолисто-асфальтовыми веществами, которыми насыщена тяжелая нефть и фильтрация практически останавливается. Значения суточного коэффициента фильтрации тяжелой нефти почти в 100 раз меньше, по сравнению с легкой нефтью. Это объясняется тем, что тяжелая нефть содержит в больших количествах смолы, которые представляют собой очень крупные молекулы. Они практически полностью забивают поры и тормозят процесс фильтрации

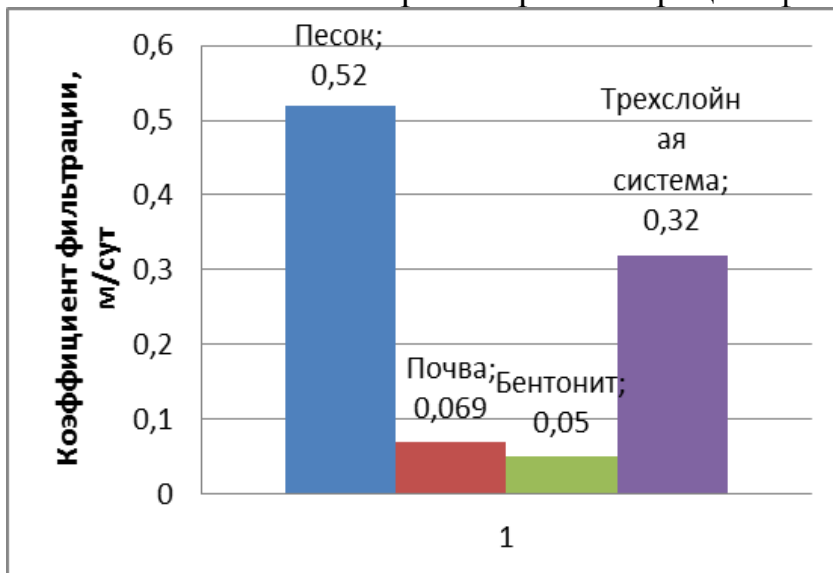


Рис. 2. Диаграмма значений коэффициентов фильтрации тяжелой нефти для различных материалов

В экспериментах также учитывался объем просочившегося фильтрата.

В качестве примера на рис. 3 приведена диаграмма значений объема впитавшегося фильтрата воды для различных материалов. Видно, что меньше всего воды впитал песок, так как он гидрофобен и не задерживает воду. Значения для почвы и бентонита близки друг другу, так как глинистые частицы в их составе хорошо задерживают воду. Трехслойная система впитала больше воды, чем все материалы в отдельности, так как в данном случае слой материала бы самым высоким, а бентонит и почва впитали достаточное количество фильтрата в нижних слоях

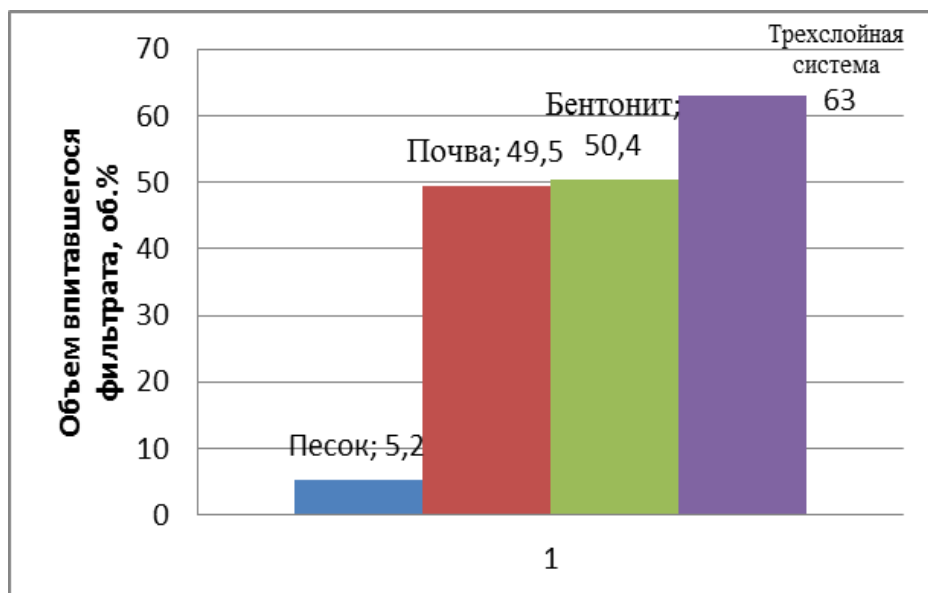


Рис. 3. Диаграмма значений объема впитавшегося фильтрата воды для различных материалов

Таким образом, на основании исследований фильтрационной способности различных материалов к протеканию воды и нефти установлено, что наилучшими фильтрационными свойствами обладает речной песок. Он является гидрофобным материалом, легко пропускающим воду. Песок – хороший коллектор, который практически не сорбирует нефти различного состава.

Самой низкой фильтрационной способностью обладает бентонит. Бентонит является гидрофильным материалом, который способен адсорбировать на своей поверхности большое количество воды, а также смол, которыми богата тяжелая нефть. В результате этого он набухает, образуя коллоидную систему, препятствующую процессу фильтрации. При фильтрации метанонафтенной (легкой) нефти, значительное содержание парафинов (до 30 %) приводит к закупориванию пор, т.к. парафины характеризуются невысокими температурами замерзания. Бентонит, содержащий в своем составе большое количество полярных групп (-ОН, -СООН и др.), сорбирует на себе крупные молекулы смол, и хорошо задерживает парафины легкой нефти.

Фильтрационные свойства почвы очень близки к этим свойствам бентонита, так как основу почвы составляют породообразующие материалы, хотя и различные по своему химическому составу и дисперсионным свойствам, но близкие к глинам. Так же большой вклад в торможение процесса фильтрации вносят гуминовые кислоты, которые в большом количестве содержатся в черноземах. Почва лучше всего фильтрует легкую нефть ( $K_{\phi}=1,73$  м/сут), хуже воду ( $K_{\phi}=1,47$  м/сут) и практически не фильтрует тяжелую нефть ( $K_{\phi}=0,069$  м/сут).

#### 4.Выводы

Таким образом, при экранировании почвы от загрязнений нефтью применение песка в верхних слоях целесообразно только в том случае, когда толщина его слоя не будет превышать толщину слоя бентонита или будет в 1,5-2 раза меньше. Так как намокший тяжелый слой песка не позволяет бентониту

набухать, он сорбирует на себе нефть и пропускает загрязнитель в нижний слой, то есть в почву. Также возможно использование песка между верхним слоем бентонита и нижним слоем почвы. Верхний слой бентонита будет сорбировать на себе загрязнители, не давая им проникать ниже. Песок в средних слоях позволит лучше циркулировать воде, обогащая почву необходимой влагой.

На основе полученных результатов для защиты почвы от загрязнений нефтью рекомендуется использовать экранирующую систему, состоящую из слоев песка и бентонита примерно одинаковой высоты.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сумина, О.И. Техногенные воздействия на тундровые экосистемы и рекультивация нарушенных территорий /СПб.: СПб ГУ, 1992 - 43 с.
2. Воронин А.Д. Основы физики почв. — М.: Изд-во МГУ, 1986.
3. Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение, 1996, № 2, с. 59 – 64.

### RESEARCH OF INFLUENCE OF COMPOSITION OF OIL ON FILTRATIONAL ABILITY OF NATURAL MATERIALS AND SOIL

*Kadimova Anna V.*<sup>1</sup>, graduate student; e-mail: [myushk@mail.ru](mailto:myushk@mail.ru)

*Gureeva Oksana A.*<sup>2</sup>, engineer, e-mail: [kafedra.ipe@mail.ru](mailto:kafedra.ipe@mail.ru)

*Larichkin Vladimir V.*<sup>1</sup>, D.Sc. (Engineering), Professor,

e-mail: [larichkin@corp.nstu.ru](mailto:larichkin@corp.nstu.ru)

*Larichkina Natalya I.*<sup>1</sup>, candidate of geological and mineralogical sciences, associate professor,

e-mail: [larichkina@corp.nstu.ru](mailto:larichkina@corp.nstu.ru)

<sup>1</sup> Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx prospect, Novosibirsk, 630073, Russia, tel. +7(383)346-50-31

<sup>2</sup> «Soyuzkhimprom» closed joint stock company 630015, Russia, Novosibirsk, 40, Koroleva Street, case 87

#### Abstract

In work properties of the soil at a filtration through her of water, light and heavy oil are studied. For comparison ability to a filtration of water and oil of natural materials, such as sand and bentonite has been considered.

It is shown that the highest filtration river sand, and least – bentonite possesses.

On the basis of the received results the shielding system for protection of the soil against pollution by oil consisting of layers of sand and bentonite of approximately identical height is recommended.

**Keywords:** light and heavy crude, soil, filtration, water, sand, bentonite



**МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИЕ КООРДИНАЦИОННЫЕ ПОЛИМЕРЫ,  
КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ СИНТЕЗА  
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТОПЛИВНЫХ ДОБАВОК ИЗ ГЛИЦЕРИНА  
И АЦЕТОНА**

*Каримова Лилия Каюмовна<sup>1</sup>, студент;  
Тимофеева Мария Николаевна<sup>1,2</sup>, д.х.н.;  
Панченко Валентина Николаевна<sup>1,2</sup> к.х.н.*

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,  
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(383) 346-50-31

<sup>2</sup> Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 630090, Россия,  
г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5

*Каримова Л.К.*, e-mail: [klk\\_angel95@mail.ru](mailto:klk_angel95@mail.ru)

*Тимофеева М.Н.*, e-mail: [timofeeva@catalysis.ru](mailto:timofeeva@catalysis.ru)

*Адрес для корреспонденции: Тимофеева Мария Николаевна,*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,  
г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, тел. +7(383) 346-50-31

### **Аннотация**

Изучены кислотно-каталитические свойства металлорганических координационных полимеров (МОКП) (MOF-808(Zr)/MOF-808(Zr)-HX (HX - H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>), UiO-66(Zr)/UiO-66-SO<sub>3</sub>H, MIL-101(Cr)/MIL-101(Cr)-SO<sub>3</sub>H) в реакции глицерина с ацетоном. Показано, что реакция протекает с преимущественным образованием 4-гидроксиметил-2,2-диметил-1,3-диоксолана (71-76%) при мольном соотношении ацетона к глицерину 2:1 и 50°C. Установлено, что метод формирования брэнстедовского кислотного центра (БКЦ) влияет на активность МОКП. Образование БКЦ, как путем модифицирования органического лиганда, так и методом адсорбции H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub> на поверхность МОКП, приводит к существенному повышению конверсии глицерина.

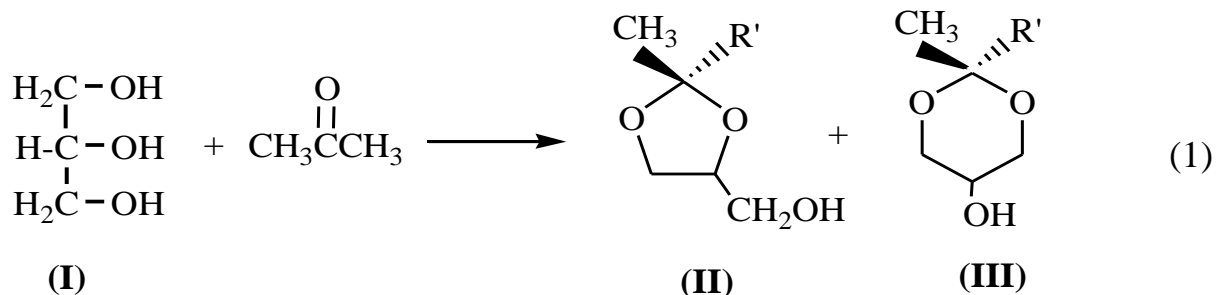
### **Ключевые слова**

Металлорганические координационные полимеры; Кислотный катализ; Оксигенаты; Глицерин; Ацетон.

### **1. Введение**

Одним из перспективных направлений с точки зрения Green Chemistry (Зелёной химии) является синтез органических веществ, которые можно было бы использовать в качестве топливных добавок. С этой точки зрения синтез оксигенатов является важной задачей, поскольку их применение в качестве

топливных добавок существенно позволяет снизить токсичность выхлопных газов [1]. Реакция ацетализации глицерина с ацетоном в присутствии кислотных катализаторов позволяет получать оксигенаты - ацеталь с пятичленным циклом, так называемый золькеталь (4-гидроксиметил-2,2-диметил-1,3-диоксолан) (II) и ацеталь с шестичленным циклом (2,2-диметил-1,3-диоксанол-5) (III).



В качестве катализаторов в литературе предложено использовать *n*-толуолсульфокислоту,  $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$  и катиониты КУ-2-8 и Амберлист-15. Однако эти системы имеют некоторые недостатки, такие как проблема отделения и регенерация катализатора в случае гомогенных систем, и низкая стабильность катализатора – в случае катионитов. Поэтому поиск новых каталитических систем является важной задачей.

Металлорганические координационные полимеры (МОКП) привлекают внимание огромного числа исследователей с точки зрения применения их в кислотном катализе благодаря своим уникальным физико-химическим, структурным и текстурным свойствам, которые можно изменять в широких пределах путем комбинирования природы ионов металл/кластер и органического лиганда. Особо стоит подчеркнуть, что кислотно-основные свойства МОКП так же можно изменять в широких пределах.

В данной работе представлены результаты исследования кислотно-каталитических свойств МОКП в реакции глицерина с ацетоном в присутствии кислотных катализаторов с целью установления основных факторов, позволяющих регулировать активность и селективность процесса в их присутствии.

## 2. Экспериментальная часть

В работе были использованы МОКП MIL-101(Cr), образованный ионом Cr и 1,5-бензолдикарбоновой кислотой, цирконий содержащие МОКП (микропористый UiO-66(Zr) и макропористый MOF-808(Zr)), синтезированные согласно литературным методикам.

Реакцию проводили в стеклянном термостатированном реакторе, снабженном мешалкой и обратным холодильником. Катализатор перед каждым экспериментом активировались прокаливанием при  $200^\circ\text{C}$  в течение 2 ч для удаления адсорбированной воды. В реактор загружали 1.06 г глицерина, 1.68 г ацетона, 0.01 г октодекана (в качестве стандарта) и 0.030 г катализатора. Температура реакции -  $50^\circ\text{C}$ . Через определенные интервалы времени отбирали пробы и анализировали методом ГЖХ.

### 3. Результаты и их обсуждение

Каталитические свойства полученных материалов были изучены в реакции глицерина с ацетоном. Было установлено, что реакция протекает гетерогенно, поскольку после удаления катализатора реакция останавливается. Согласно полученным данным, в отсутствие растворителя реакция протекает при 50°C и мольном соотношении ацетон/глицерин равном 2 (таблица 1).

Таблица 1

Реакция глицерина с ацетоном в присутствии МОКП<sup>a</sup>

	Количество БКЦ (ммоль/г)	Конверсия (I) (%)	Селективность (%)	
			(II)	(III)
MIL-101(Cr)	0	12.6	71.0	25.6
MIL-101(Cr)-SO <sub>3</sub> H	1.49±0.03	24.5	71.5	26.6
UiO-66(Zr)	0	6.4	73.0	27.0
UiO-66(Zr)-SO <sub>3</sub> H	1.20±0.03	22.1	81.7	17.7
MOF-808(Zr)	0	12.4	76.7	22.3
MOF-808(Zr)-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1.31±0.03	59.6	77.2	22.5

<sup>a</sup> Условия реакции: 1.06 г глицерина, 1.68 г ацетона, 0.030 г катализатора, 0.01 г октодекана (в качестве стандарта), 50°C, 30 мин

Из представленных данных видно, что основным продуктом реакции является ацеталь с пятичленным циклом (II). Селективность по (II) составляет 71.0-81.2%. Конверсия глицерина в присутствии МОКП за 30 мин не превышает 6.4-12.6 %.

Конверсия глицерина существенно повышается, если в структуре МОКП сформировать брэнстедовские кислотные центры (БКЦ). Так, образование БКЦ путем химического модифицирования органического линкера, т.е. введение в бензольное кольцо сульфогруппы в количестве 1.20 – 1.49 ммоль/г, позволяет повысить конверсию глицерина для MIL-101(Cr)-SO<sub>3</sub>H и UiO-66(Zr)-SO<sub>3</sub>H до 24.5 и 22.1%, соответственно (таблица 1). Адсорбция неорганических кислот на МОКП также позволяет формировать БКЦ. Хорошо видно (таблица 1), что адсорбция H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> на MOF-808(Zr) в количестве 12.1 масс.% приводит к росту конверсии глицерина с 12.6 до 59.6%.

Скорость реакции и селективность по (II) можно повысить, если проводить реакцию в среде ацетонитрила. Как видно из таблицы 2 селективность по (II) в присутствии МОКП равна 85.5-97.9%. Активность МОКП существенно ниже активности аналогичных МОКП, имеющих БКЦ. Как и в предыдущем случае метод формирования БКЦ влияет на активность МОКП. Активность МОКП (MIL-101(Cr)-SO<sub>3</sub>H и UiO-66(Zr)-SO<sub>3</sub>H), содержащих –SO<sub>3</sub>H группы в органическом линкере ниже активности систем MOF-808(Zr)-HX, содержащих адсорбированные неорганические кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>).

Активность систем MOF-808(Zr)-HX зависит от силы неорганической кислоты. Высокая активность MOF-808(Zr)-H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub> (12.1%) по сравнению с

MOF-808(Zr)-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (12.8%) объясняется высокой кислотностью H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub> по сравнению с H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> [2]. Следует отметить, что с увеличением количества нанесенной H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub> с 5 масс.% до 19.1 масс.% конверсия глицерина возрастает 2.2% до 73.5%.

Таблица 2

Реакция глицерина с ацетоном в присутствии МОКП<sup>a</sup>

	Конверсия (I) (%)	Селективность (%)	
		(I)	(II)
MIL-101(Cr)	1.5	85.5	14.5
MIL-101(Cr)-SO <sub>3</sub> H	42.6	91.4	8.6
UiO-66(Zr)	1.0	95.6	4.4
UiO-66(Zr)-SO <sub>3</sub> H	33.8	99.6	0.6
MOF-808(Zr)	2.2	95.6	4.4
MOF-808(Zr)-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (12.8%)	46.3	92.4	7.6
MOF-808(Zr)-H <sub>3</sub> PW <sub>12</sub> O <sub>40</sub> (5.0%)	2.6	97.8	2.2
MOF-808(Zr)-H <sub>3</sub> PW <sub>12</sub> O <sub>40</sub> (12.1%)	64.2	95.8	4.2
MOF-808(Zr)-H <sub>3</sub> PW <sub>12</sub> O <sub>40</sub> (19.1%)	73.5	96.8	3.2

<sup>a</sup> Условия реакции: 0.43 ммоль глицерина, 1.96 ммоль ацетона в 5 мл ацетонитрила, 0.030 г катализатора, 70°C, 75 мин

#### 4. Выводы

В работе изучены кислотно-каталитические свойства МОКП в реакции глицерина с ацетоном. Показано, что реакция протекает с преимущественным образованием ацеталя с пятичленным циклом. Установлено, что формирование БКЦ, как путем модифицирования органического лиганда, так и методом адсорбции H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub> на поверхность МОКП, приводит к существенному повышению конверсии глицерина.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. Л. Максимов, А. И. Нехаев, Д. Н. Рамазанов Простые эфиры и ацетали – перспективные продукты нефтехимии из возобновляемого сырья// Нефтехимия, 2015, том 55, № 1, с. 3–24.
2. Acid catalysis by heteropoly acids, M.N. Timofeeva, *Appl. Catal A: General* 256 (2003). Pp. 19-35

# METAL-ORGANIC FRAMEWORKS AS EFFECTIVE CATALYST FOR ACETALYZATION OF GLYCEROL WITH ACETONE TO FUEL OXYGENATES

*Karimova Lilia Kayumovna*<sup>1</sup>, student;  
*Timofeeva Maria Nikolaevna*<sup>1,2</sup> doctor of chemical sciences;  
*Panchenko Valentina Nikolaevna*<sup>1,2</sup> Candidate (Ph.D) of chemical sciences

<sup>1</sup>Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Pr. K. Marksa, 20, +7(383) 346-50-31

<sup>2</sup>Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Pr. Lavrentieva, 5

*Karimova L.K.*, e-mail: [klk\\_angel95@mail.ru](mailto:klk_angel95@mail.ru)

*Timofeeva M.N.*, e-mail: [timofeeva@catalysis.ru](mailto:timofeeva@catalysis.ru)

*Panchenko V.N.*, e-mail: [Panchenko@catalysis.ru](mailto:Panchenko@catalysis.ru)

## Abstract

Two series of metal-organic frameworks (MOFs) with Brønsted acid sites (BAS) were prepared. The first series (MIL-101(Cr)-SO<sub>3</sub>H and UiO-66(Zr)-SO<sub>3</sub>H) was prepared by postsynthetic modification of the organic linkers within the MOF with chlorosulfonic acid. Second series was prepared by adsorption of inorganic acids (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) on MOF-808(Zr). The catalytic performance of these materials has been systematically studied in acetalization of acetone with glycerol to solketal at 50-70<sup>0</sup>C. It was found that the formation of BAS in frameworks favours the increasing the catalytic activity of MOFs. Systems of the first series were less active in compared with systems of second series that was related with the strong an intramolecular hydrogen bond between –SO<sub>3</sub>H groups and a carboxylate oxygen. It was found that the catalytic activity of MOFs correlated with the strength of BAS.

**Keywords:** Metal-Organic Frameworks; Oxygenates; Glycerol; Acetone

## ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ МИКРОСТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАТИНЫ, ПАЛЛАДИЯ И РОДИЯ В ПРОЦЕССЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ АММИАКА

*Кочурова Наталья Михайловна*<sup>1,2</sup>, магистрант; *Саланов Алексей Николаевич*<sup>2</sup>, к.х.н.; *Сутормина Елена Федоровна*<sup>2</sup>, к.х.н.

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

<sup>2</sup> Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 5

*Кочурова Н. М.*, e-mail: [netttiil@gmail.com](mailto:netttiil@gmail.com)

*Саланов А. Н.*, e-mail: [salanov@catalysis.ru](mailto:salanov@catalysis.ru)

*Сутормина Е. Ф.*, e-mail: [selena@catalysis.ru](mailto:selena@catalysis.ru)

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

### Аннотация

Методом растровой электронной микроскопии была изучена морфология поверхности поликристаллических образцов Pt, Pd и Rh после каталитического окисления NH<sub>3</sub> кислородом в кварцевом проточном реакторе при T~860 °С в течение 5-ти часов. Обнаружена различная микроструктура поверхностного слоя этих металлов, формирующаяся в ходе каталитической коррозии металлов, инициированной протеканием каталитической реакции окисления NH<sub>3</sub>. На родии протекает глубокое окисление и образуется сплошной слой кристаллов Rh<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Окисление NH<sub>3</sub> на поверхности оксидного слоя приводит к формированию сплошного поверхностного слоя пирамидальных кристаллов Rh. На палладии кислород интенсивно растворяется в решетке металла и реакция NH<sub>3</sub> с атомами O<sub>abc</sub> приводит к выделению на поверхность атомов Pd. В результате происходит глубокая структурная перестройка поверхностного слоя фольги (каталитическая коррозия) с формированием шероховатого слоя, содержащего пористые агломераты размером до ~10-20 мкм. На Pt кислород медленно внедряется на дефектах. Реакция NH<sub>3</sub> с внедренными атомами кислорода приводит к незначительной структурной перестройке поверхностного слоя фольги с формированием межзеренных границ и неглубоких параллельных канавок.

### Ключевые слова

Растровая электронная микроскопия; поликристаллические фольги платины, палладия, родия; окисление аммиака; каталитическая коррозия.

## 1. Введение

Окисление аммиака воздухом на платиноидных каталитических сетках широко используется в химической промышленности для получения азотной кислоты [1]. Хорошо известно, что этот процесс приводит к глубокой структурной перестройке поверхностного слоя сеток (каталитической коррозии), которая приводит к уносу платины и существенно снижает активность катализатора [2-4]. В основном рассматриваются два механизма каталитической коррозии, которые связаны с повышением подвижности поверхностных атомов металла под действием адсорбатов [2-3] и образованием летучих оксидов платины ( $\text{PtO}_2$  и др.) [4]. Для выяснения роли металлов Pt, Pd, Rh в каталитической коррозии платиноидных катализаторов при окислении  $\text{NH}_3$  было проведено детальное исследование микроструктуры поверхности платиновых, палладиевых и родиевых катализаторов в реакционной среде ( $\text{NH}_3 + \text{O}_2$ ).

### <sup>3</sup> Методика экспериментального исследования

Поликристаллические фольги Pt, Pd, Rh размером 10 x 5 x 0,04 мм были использованы в качестве образцов катализаторов. Каждый образец закреплялся в пакет с четырьмя платиноидными сетками, необходимыми для поддержания стандартных условий проведения процесса окисления  $\text{NH}_3$ . Платиноидные каталитические сетки, использованные в этой работе были изготовлены из поликристаллической проволоки с  $d \approx 82$  мкм с химическим составом (в вес. %) 81 % Pt, 15 % Pd, 3,5 % Rh и 0,5 % Ru. Лабораторный проточный реактор сделан из кварцевой трубки с внутренним диаметром 11,2 мм при скорости подачи реакционной смеси (~10%  $\text{NH}_3$  в воздухе) 880–890 л/ч, температуре катализатора  $860 \pm 5$  °С и общем давлении ~3,6 атм. Образцы помещались на место первой сетки и располагались исследуемой частью навстречу газовому потоку. Поверхность микроструктуры исследовали с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) JSM-6460 LV (Jeol) в режиме вторичных (ВЭ) и обратно-отраженных электронов (ОЭ). Для определения химического состава применяли рентгеновский энергодисперсионный спектрометр (ЭДС) INCA Energy-350 (Oxford Instruments).

### <sup>4</sup> Результаты и обсуждение

В результате проведенного исследования методами РЭМ и ЭДС поликристаллических фольг платины, палладия и родия после обработки при  $T \sim 860$  °С в течение 5-ти часов в реакционной среде (~10%  $\text{NH}_3$  в воздухе) была обнаружена различная микроструктура поверхностного слоя этих образцов. В процессе каталитического окисления  $\text{NH}_3$  воздухом на родии реакция  $\text{O}_2$  с Rh приводит к глубокому окислению родия и последующему формированию сплошного слоя кристаллов  $\text{Rh}_2\text{O}_3$  размером 1-2 мкм. Быстро протекающая реакция молекул  $\text{NH}_3$ (газ) с атомами О оксида родия приводит к образованию кислородных вакансий и выделению атомов Rh на поверхность кристаллов оксида. Адсорбированные атомы Rh на поверхности оксида  $\text{Rh}_2\text{O}_3$  связаны с оксидом слабее, чем с поверхностью металла. Вследствие этого атомы Rh быстро мигрируют по поверхности оксида и десорбируются в газовую фазу.

Повышенная концентрация атомов Rh в приграничном газовом слое инициирует образование и постепенный рост вытянутых пирамидальных кристаллов Rh с низкой концентрацией дефектов. Непрерывное протекание этих процессов приводит к формированию сплошного поверхностного слоя пирамидальных кристаллов Rh с размерами у основания 0,3-0,5 мкм, на конце 0,05-0,1 мкм и длиной 1-2 мкм (рис. 1 а, б).

В ходе окисления  $\text{NH}_3$  на палладии взаимодействие  $\text{O}_2$  с Pd приводит к интенсивному растворению атомов кислорода на дефектах и в решетке металла, а образующийся оксид PdO быстро разлагается в этих условиях. Реакция молекул  $\text{NH}_3$ (газ) с внедренными атомами  $\text{O}_{\text{abc}}$  с образованием NO(газ), приводит к локальному перегреву поверхности, инициирующему выделение атомов металла на поверхность. Интенсивное выделение атомов металла из межзеренных границ приводит к образованию протяженных пустот между зернами. Адсорбированные атомы Pd быстро мигрируют по поверхности металла и встраиваются в энергетически выгодные места. Вследствие этих процессов на поверхности растут ямки травления, поры и кристаллические фасетки, а зерна постепенно перестраиваются в ограниченные кристаллические агломераты со сквозными порами, формирующимися в процессе роста и слияния ямок травления. Таким образом, в ходе протекания каталитической реакции окисления  $\text{NH}_3$  воздухом на Pd происходит глубокая структурная перестройка поверхностного слоя фольги (каталитическая коррозия) с формированием шероховатого слоя, содержащего микрокристаллы и пористые агломераты размером до ~10-20 мкм, содержащими поры диаметром 1-2 мкм и разделенные протяженными пустотами шириной ~1-10 мкм (рис. 1 в, г).

В процессе окисления  $\text{NH}_3$  на Pt взаимодействие  $\text{O}_2$  с платиной приводит к удалению поверхностных углеродных загрязнений и последующей диссоциативной хемосорбции кислорода на поверхности. Хорошо известно, что растворение кислорода в решетке Pt, с образованием оксидных фаз протекает существенно медленнее, чем на Pd и Rh. Незначительное количество атомов кислорода может внедряться на межзеренных границах и других дефектах. Реакция  $\text{NH}_3$  с атомами  $\text{O}_{\text{abc}}$  на этих дефектах инициирует выделение на поверхность небольшого количества атомов Pt, что приводит к слабой коррозии поверхности платиновой фольги. Каталитическая реакция окисления  $\text{NH}_3$  воздухом на Pt при  $T \sim 860$  °C в течение 5-ти часов приводит к незначительной структурной перестройке поверхностного слоя фольги, связанной с формированием межзеренных границ и неглубоких параллельных борозд шириной 1-2 мкм, покрытых кристаллическими фасетками (рис. 1 д, е).



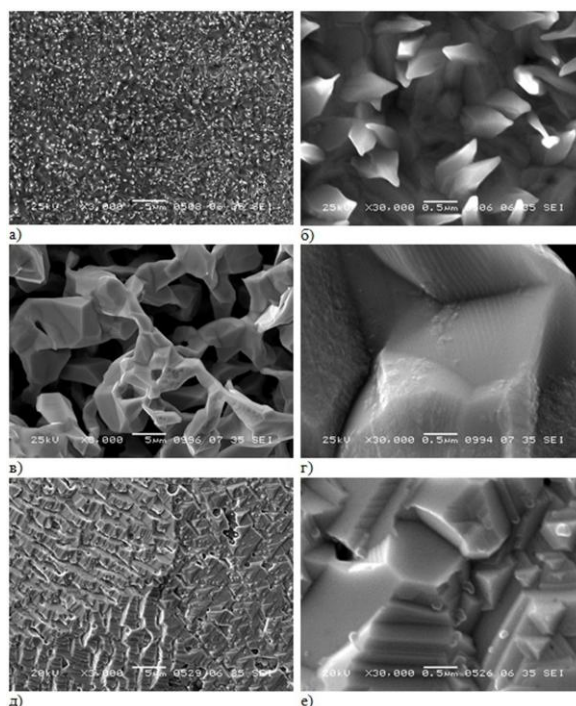


Рис. 1. Микроскопические изображения фольги Rh (а, б), Pd (в, г), Pt (д, е), полученные после протекания каталитической реакции окисления  $\text{NH}_3$  воздухом ( $\text{NH}_3 - 10\%$ ) при  $T = 860^\circ\text{C}$  в течение 5-ти часов. Микроснимки получены в режиме вторичных электронов (ВЭ) при увеличениях  $\times 3\,000$  и  $\times 30\,000$ .

#### • Выводы

Таким образом, каталитическая реакция окисления  $\text{NH}_3$  воздухом ( $\sim 10\%$   $\text{NH}_3$  в воздухе) на поликристаллических фольгах Pt, Pd, Rh при  $T \sim 860^\circ\text{C}$  в течение 5-ти часов приводит к различной микроструктурной перестройке поверхностного слоя этих образцов. Характер перестройки поверхности обусловлен взаимодействием  $\text{O}_2$  с металлом. На родии протекает глубокое окисление и образуется сплошной слой кристаллов  $\text{Rh}_2\text{O}_3$ . Окисление  $\text{NH}_3$  на поверхности оксидного слоя приводит к формированию сплошного поверхностного слоя пирамидальных кристаллов Rh с размерами у основания 0,3-0,5 мкм, на конце 0,05-0,1 мкм и длиной 1-2 мкм (рис. 1 а, б). На палладии кислород интенсивно растворяется в решетке металла и реакция  $\text{NH}_3$  с атомами  $\text{O}_{\text{абс}}$  приводит к выделению на поверхность атомов Pd. В результате происходит глубокая структурная перестройка поверхностного слоя фольги (каталитическая коррозия) с формированием шероховатого слоя, содержащего микрокристаллы и пористые агломераты размером до  $\sim 10\text{-}20$  мкм, содержащими поры диаметром 1-2 мкм и разделенные протяженными пустотами шириной  $\sim 1\text{-}10$  мкм (рис. в, г). На Pt кислород внедряется на дефектах. Каталитическая реакция окисления  $\text{NH}_3$  приводит к незначительной структурной перестройке поверхностного слоя фольги с формированием межзеренных границ и неглубоких параллельных борозд шириной 1-2 мкм, покрытых кристаллическими фасетками (рис. 1 д, е).

Работа поддержана Российской академией наук и Федеральным агентством научных организаций (проект 44.1.17).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

4. Lloyd L. Handbook of Industrial Catalysis, Fundamental and Applied Catalysis // Springer Science+Business Media. –2011. – P.119 – 167.
5. 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
6. McCabe R.W., Pignet T., Schmidt L.D. Catalytic Etching of Platinum in NH<sub>3</sub> Oxidation // Journal of catalysis. – 1974. – V. 32. – P.114.
7. 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.

## SCANNING ELECTRON MICROSCOPY STUDY OF SURFACE MICROSTRUCTURAL OF RHODIUM, PALLADIUM AND PLATINUM FOILS IN THE PROCESS OF CATALYTICAL AMMONIA OXIDATION

Kochurova N.M.<sup>1,2</sup>, Master's Degree student, e-mail [netttiil@gmail.com](mailto:netttiil@gmail.com)  
Salanov A.N.<sup>2</sup>, Ph.D. (Chemical), e-mail [salanov@catalysis.ru](mailto:salanov@catalysis.ru)  
Sutormina E.F.<sup>2</sup>, Ph.D. (Chemical), e-mail [selena@catalysis.ru](mailto:selena@catalysis.ru)

<sup>1</sup> Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx prospect, Novosibirsk, 630073, Russia

<sup>2</sup> Boreskov Institute of Catalysis, SB RAS 5 Lavrentieva prospect, Novosibirsk, 630090, Russia

### Abstract

The method of scanning electron microscopy has been studied morphology of a surface of polycrystalline samples of Pt, Pd and Rh after catalytic oxidation by NH<sub>3</sub> oxygen in the quartz flowing reactor at T ~ 860 °C within 5 hours. Various microstructure of a surface of these metals which is formed during the catalytic etching of metals initiated by course of catalytic reaction of oxidation of NH<sub>3</sub> is found. On rhodium deep oxidation proceeds and the continuous layer of crystals of Rh<sub>2</sub>O<sub>3</sub> is formed. Oxidation of NH<sub>3</sub> on a surface of an oxide layer leads to formation of a continuous layer of pyramidal crystals of Rh. On palladium oxygen is intensively dissolved in a lattice of metal and reaction of NH<sub>3</sub> with atoms of O<sub>abs</sub> leads to allocation on a surface of atoms of Pd. Deep restructuring of a surface layer of a foil (catalytic corrosion) with formation of a rough layer which contains porous agglomerates the size to ~ 10-20 microns results. On Pt oxygen slowly takes root into defects. Reaction of NH<sub>3</sub> with the introduced atoms of oxygen leads to insignificant restructuring of a surface layer of a foil with formation of borders between grains and superficial parallel flutes.

**Keywords:** Scanning electron microscopy; platinum, palladium, rhodium foils; ammonia oxidation; catalytic etching;

**Acknowledgement** This work was supported by Russian Academy of Sciences and Federal Agency of Scientific Organizations (project 44.1.17).

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО  
ВЕЩЕСТВА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ В  
ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ШЛИКЕРА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
КЕРАМИКИ**

*Куницына Екатерина Александровна, студент;*

*Пилипчук Артём Викторович, студент;*

*Немущенко Дмитрий Андреевич, старший преподаватель;*

*Ларичкин Владимир Викторович, д.т.н., профессор*

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

*Куницына Е.А.*, e-mail: [e.a.kunitsyna@mail.ru](mailto:e.a.kunitsyna@mail.ru),

*Пилипчук А.В.*, e-mail: [pilipchuk-94@mail.ru](mailto:pilipchuk-94@mail.ru),

*Немущенко Д.А.*, e-mail: [nemuschenko@corp.nstu.ru](mailto:nemuschenko@corp.nstu.ru),

*Ларичкин В.В.*, e-mail: [larichkin@corp.nstu.ru](mailto:larichkin@corp.nstu.ru)

*Адрес для корреспонденции: Немущенко Дмитрий Андреевич,*  
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,  
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-50-31

**Аннотация.** В работе исследуется влияние добавки поверхностно-активного вещества (ПАВ) на распределение наноразмерного порошка диоксида кремния в шликерной массе, обрабатываемой ультразвуковым полем. Определяются потребительские свойства (водопоглощение и прочность при сжатии) керамики, разработанной на основе техногенного сырья (золошлаковые отходы угольной энергетики и стеклобой), в зависимости от наличия или отсутствия ПАВ в рецептуре.

**Ключевые слова:** золошлаковые отходы угольной энергетики; стеклобой; керамика; наноразмерный порошок диоксида кремния; поверхностно-активные вещества; ультразвуковое поле

## **1. Введение**

С развитием нанотехнологий особую значимость приобрели композиционные материалы с наноразмерными наполнителями [1]. Это связано с тем, что при их использовании свойства полученных композитов часто резко отличаются от свойств материалов с такими же, но более крупными наполнителями. Однако применение наноразмерных наполнителей может быть связано с некоторыми проблемами. В частности, из-за ярко выраженных особых свойств, таких как, высокие поверхностная энергия, химическая активность и т.д., наночастицы образуют уже в свободном состоянии более

крупные агрегаты и агломераты. Вследствие этого происходит не только потеря индивидуальных свойств наночастиц, но и возникает неравномерное распределение самих агломератов частиц. Полученные на основе таких агломератов композиты не только лишаются ценных свойств, ожидаемых от введения наночастиц, но и являются неоднородным материалом с плохими физико-механическими характеристиками. Соответственно особый интерес вызывает нахождение возможности получения композитов с равномерным распределением наночастиц в матричном материале.

В работе [2] было показано, что для улучшения характеристик керамики на основе золошлаковых отходов угольной энергетики (ЗШО) в качестве добавки эффективно использовать наноразмерные частицы. Была исследована эффективность применения ультразвукового и механического метода (обработка массы в шаровой мельнице) распределения наноразмерных частиц в керамической массе на основе твёрдых отходов. Исследования показали, что обработка ультразвуковым полем образцов с наноразмерным диоксидом кремния приводит к значительному уменьшению водопоглощения и увеличению прочности при сжатии. Механоактивация формовочной массы в шаровой мельнице так же способствует уменьшению водопоглощения и увеличению прочности при сжатии образцов, но наличие наноразмерной добавки практически не оказывает влияния на характеристики.

Кроме этого, известно [3], что в производстве лакокрасочных материалов для повышения агрегативной и седиментационной устойчивости дисперсных сред (жидкое связующее, мелкодисперсные пигменты и другие добавки) применяют поверхностно-активные вещества (ПАВ).

Поэтому в данной работе ставилась задача исследования влияния добавки ПАВ в шликерную массу на способность к диспергированию наноразмерных частиц и их последующему агрегированию.

## 2. Методика экспериментального исследования

Для получения экспериментальных образцов использовалась зола уноса ТЭЦ-3 г. Новосибирска, бентонит, отходы бутылочного стекла (стеклобой), наноразмерный диоксид кремния, поверхностно-активное вещество ОП-10.

С целью оценки влияния предварительной механической обработки в шаровой мельнице (МО) исходных компонентов было изготовлено две серии образцов керамики (У и УП) в соответствии с рецептурами, приведёнными в таблице 1.

Таблица 1

Серия образцов	Рецептуры образцов керамики				
	Содержание компонентов, % масс.				
	Зола уноса	Стеклобой	Бентонит	SiO <sub>2</sub>	ОП-10
У	33,17	33,17	33,17	0,50	-
УП	32,67	32,67	32,67	0,50	1,50

По этим же рецептурам изготавливались образцы для оценки эффективности ультразвукового диспергирования шликерной массы.

Механическая обработка компонентов в шаровой мельнице осуществлялась в течение 20 минут. Затем методом полусухого прессования из полученной смеси формовались образцы, которые вначале сушились на воздухе, а затем обжигались в соответствии с определённым температурным режимом. Полученные образцы проходили испытание на водопоглощение по ГОСТ 27180- 2001 «Плитки керамические. Методы испытаний» и на прочность при сжатии по ГОСТ 27180- 2001.

### 3. Результаты и обсуждение

Результаты испытаний образцов на водопоглощение, представлены на рис. 1, а результаты испытаний образцов на прочность при сжатии на рис. 2.

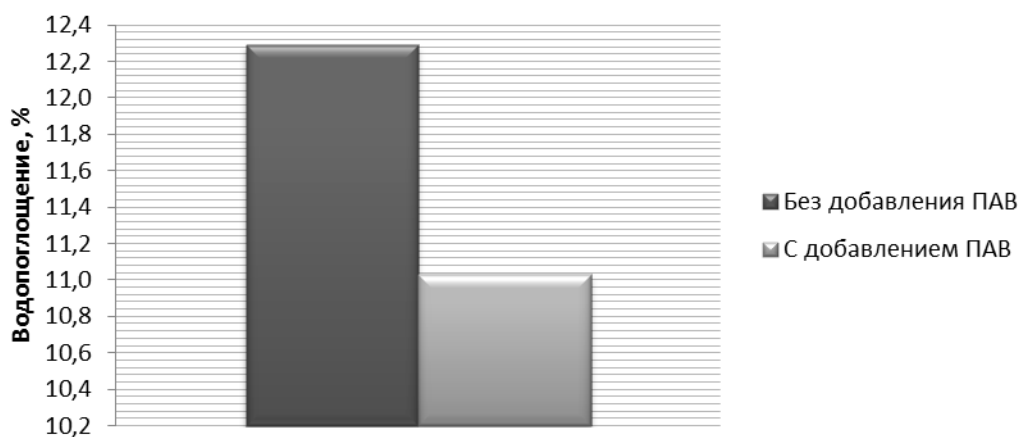


Рис. 1. Значения среднего водопоглощения образцов керамики (при предварительной механической обработке) в зависимости от наличия или отсутствия ПАВ

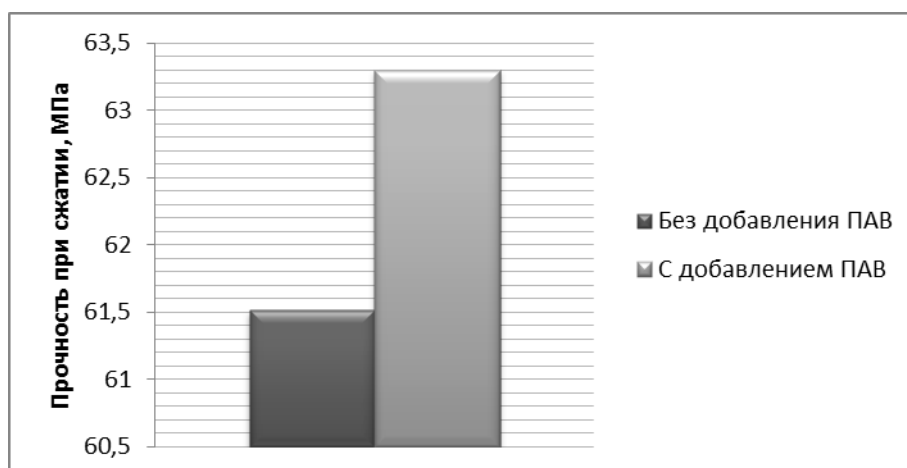


Рис. 2. Значения средней прочности при сжатии образцов керамики (при предварительной механической обработке) в зависимости от наличия ПАВ

По приведённым гистограммам видно, что добавка ПАВ способствует увеличению прочности при сжатии (в среднем на 1,7 МПа) и снижению

водопоглощения (в среднем на 1,3 %). При этом рассчитанное значение стандартного отклонения для прочности образцов (3,8 МПа) указывает на то, что увеличение прочности керамики происходит в рамках погрешности эксперимента.

Кроме этого, для изготавливаемых образцов с ПАВ и без него осуществлялось ультразвуковое диспергирование шликерной массы. Оно проводилось в ультразвуковой ванне с частотой колебаний 35 кГц. Образцы из обработанной таким образом шликерной массы изготавливались методом полусухого прессования по вышеприведённой методике.

Полученные образцы также испытывались на водопоглощение и прочность при сжатии. Результаты испытаний представлены на рис. 3 и 4.

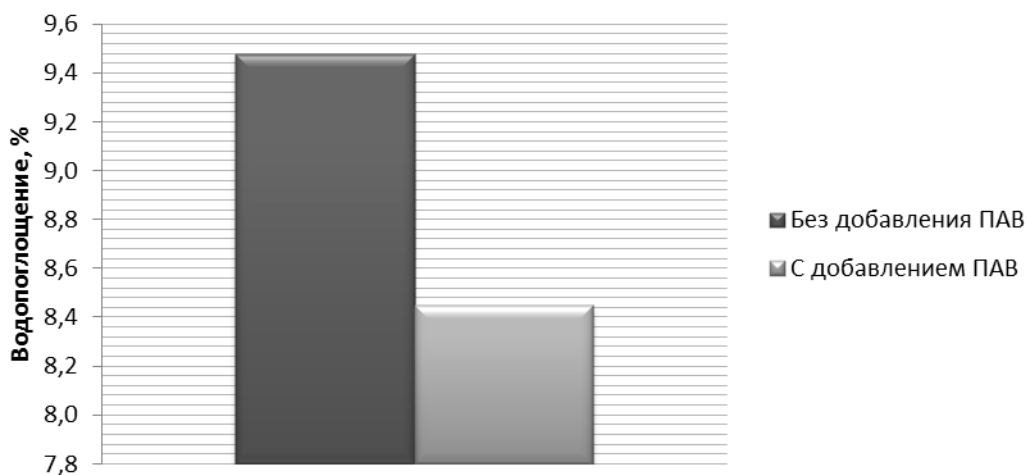


Рис. 3. Значения среднего водопоглощения образцов керамики (при обработке шликера ультразвуковым полем) в зависимости от наличия ПАВ

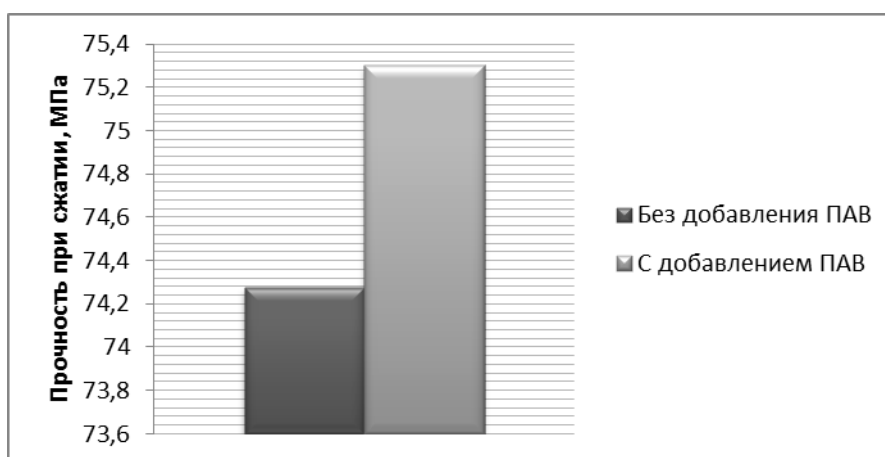


Рис. 4. Значения средней прочности при сжатии образцов керамики (при обработке шликера ультразвуковым полем) в зависимости от наличия ПАВ

По приведённым гистограммам видно, что добавка ПАВ способствует увеличению прочности при сжатии (в среднем на 1,1 МПа) и снижению водопоглощения (в среднем на 1,1 %). При этом рассчитанное значение стандартного отклонения для прочности образцов (7,5 МПа) указывает на то,

что увеличение прочности керамики происходит в рамках погрешности эксперимента.

#### 4. Выводы

Таким образом, проведённые исследования показали, что для улучшения свойств керамических изделий исследованный метод диспергирования наноразмерных частиц в шликерной массе оказывается малоэффективным. В дальнейшем планируется более детальное изучение механизма диспергирования агломератов наноразмерных частиц в шликере для изготовления керамики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давтян С.П. Полимерные нанокомпозиты с равномерным распределением наночастиц в полимерной матрице, синтезированные методом фронтальной полимеризации. / С.П. Давтян, А.А. Берлин, К. Шик, А.О. Тоноян, С.З. Рогозина. // Российские нанотехнологии. – 2009. – Т.4, №7-8. – С. 122-129.

2. Оценка влияния ультразвукового и механического диспергирования наноразмерных частиц на характеристики керамических изделий с использованием золошлаковых отходов / Д. А. Немущенко, В. В. Ларичкин, Е. А. Куницына, Р. А. Слесаренко // Наука. Промышленность. Оборона : тр. 16 Всерос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 22–24 апр. 2015 г. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. – С. 471-475.

3. Хайлен, Вернфрид. Добавки для водорастворимых лакокрасочных материалов: пер. с англ./ Вернфрид Хайлен, 2011. – 176 с.

#### RESEARCH OF INFLUENCE OF SURFACE-ACTIVE AGENT ON DISTRIBUTION OF NANOSIZE PARTICLES IN TECHNOLOGY OF PREPARATION OF DOUGH FOR MAKING OF CERAMICS

*Kunicina Ekaterina Aleksandrovna*, student, e-mail: e.a.kunitsyna@mail.ru

*Pilipchuk Artem Viktorovich*, student, e-mail: pilipchuk-94@mail.ru

*Nemuschenko Dmitry Andreevich*, senior teacher,

e-mail: [nemuschenko@corp.nstu.ru](mailto:nemuschenko@corp.nstu.ru)

*Larichkin Vladimir Viktorovich*, doctor of engineering sciences, professor, head of department of Engineering problems of ecology, tel. +7(383)346-50-31

e-mail: [larichkin@corp.nstu.ru](mailto:larichkin@corp.nstu.ru)

Novosibirsk state technical university, 630073, Russia, Novosibirsk, pr. K. Marks, 20.

#### Abstract

In work influence of an additive of surface-active agent to dispersion of nanodimensional particles of silicone dioxide in ceramic mixture. Ceramic mixture is processed by ultrasound. Consumer properties of ceramics (water absorption and compression strength) are defined depending on existence or lack of surface-active



agent in the compounding.

**Keywords:** Ash and slag of coal-fired power station, wastes of glass, ceramics, nanosize powder of silox, surface-active agent, ultrasonic field

УДК 54.057

**ПОЛУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТОПЛИВНЫХ ДОБАВОК  
ИЗ ГЛИЦЕРИНА И АЦЕТОНА В ПРИСУТСТВИИ ГЛИН,  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ**

*Макарова Кристина Николаевна<sup>1</sup>, студент;*  
*Кастина Дарья Константиновна<sup>1</sup>, студент ;*  
*Тимофеева Мария Николаевна<sup>1, 2</sup>, д.х.н.*  
*Панченко Валентина Николаевна<sup>1, 2</sup>, к.х.н.*

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

<sup>2</sup> Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630090 Россия, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 5

*Макарова К.Н.*, e-mail: [kristina-kristi-makarova@mail.ru](mailto:kristina-kristi-makarova@mail.ru)

*Кастина Д.К.*, e-mail: [taraski59@gmail.ru](mailto:taraski59@gmail.ru)

*Тимофеева М.Н.*, e-mail: [mariya-timofeeva@yandex.ru](mailto:mariya-timofeeva@yandex.ru)

*Панченко В.Н.*, e-mail: [Panchenko@catalysis.ru](mailto:Panchenko@catalysis.ru)

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

**Аннотация**

Использование биосырья для производства различных добавок к дизельным топливам и бензину является важным направлением химии. Ацетали глицерина и ацетона во многом помогают улучшить качество топлива, при этом не изменяя его основные свойства. Для повышения выхода реакции используют катализаторы на основе модифицированных природных глин различными кислотами, в частности азотной кислотой. При этом повышается селективность золькеталья и конверсия глицерина. Глины являются дешевым и доступным сырьем для промышленного использования, а также это не столь трудоемкий катализатор по сравнению со своими аналогами.

**Ключевые слова**

Биотопливо, золькеталь, монтмориллонит, катализ, глицерин, ацетон.



## 1. Введение

В настоящее время в связи с национальными программами защиты окружающей природной среды от воздействия автотранспорта в производстве автомобильных топлив и топливных композиций существует устойчивая тенденция перехода от топлив и топливных композиций на основе нефтяных фракций к реформулированным топливам с повышенным содержанием оксигенатов.

Повышение содержания оксигенатов в реформулированных бензинах компенсирует исключение из состава автомобильных топлив высокооктановых бензиновых фракций риформинга, алкилирования бензола, термического и каталитического крекинга, содержащих непредельные и ароматические углеводороды, ответственные за продукты сгорания, наносящие наиболее существенный вред людям и окружающей природной среде.

Оксигенаты улучшают эксплуатационные свойства топлив для авиации общего назначения, поскольку могут служить высокооктановыми компонентами бензинов и уменьшают их склонность к смолообразованию, снижают температуру замерзания дизельных топлив, улучшают их смазывающие свойства и уменьшают выброс твердых частиц. Кеталь глицерина и ацетона (золькеталь) обладает октановым числом смешения 98. Его добавки в количестве 1 - 5% существенно увеличивают окислительную стойкость бензинов. По совокупности положительных свойств золькеталь является превосходной добавкой для улучшения качества бензина, дизельного и биодизельного топлива.

Глицерин можно использовать как сырье для получения ацеталей и кеталей - продуктов взаимодействия глицерина с альдегидами и кетонами в присутствии кислотного катализатора. При взаимодействии глицерина и ацетона образуются ацеталь с пятичленным циклом, так называемый золькеталь (4-гидроксиметил-2,2-диметил-1,3-диоксолан) (основной продукт) и ацеталь с шестичленным циклом (2,2-диметил-1,3-диоксанол-5) (минорный продукт). Золькеталь оценивается как умеренно ядовитое вещество. Он образуется из глицерина и ацетона в равновесной реакции, причем, константа равновесия неблагоприятна для получения продукта с высоким выходом.

Одним из способов решения данной проблемы может быть применение дешевых и легкодоступных систем на основе природных глин. Согласно литературным данным наибольшей активностью могут обладать системы, полученные в результате модифицирования глин кислотами и, что особенно важно, концентрация кислоты, используемая для ее модифицирования, позволяет целенаправленно изменять как количество, так и силу кислотных центров [1].

В связи с этим, целью данной работы было - Исследование кислотно-каталитических свойств природных глин, модифицированных азотной кислотной в реакции глицерина с ацетоном для установления основных факторов, позволяющих регулировать активность и селективность процесса в

их присутствии.

Для этого решались следующие задачи:

- Изучение влияния концентрации азотной кислоты, используемой для модифицирования монтмориллонита, на химический состав, Бренstedовскую кислотность, текстурные и каталитические свойства.

- Установление связей между химическим составом, текстурными и каталитическими свойствами данных материалов.

## 2. Методика экспериментального исследования

В работе использовали природную глину Даш-Сахалинского месторождения, содержащую 95% монтмориллонита. К навеске глины, предварительно набухшую в воде, заливали водный раствор азотной кислоты соответствующей концентрации и полученную смесь выдерживали в течение 7 дней, после чего отделяли катализатор и промывали водой.

В результате была получена серия образцов, данные химического анализа которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Данные химического анализа образцов

	Химический состав (масс.%)		Si/Al (моль/моль)
	Al	Si	
Ca-MM	7.25	28.5	3.79
0.125 M HNO <sub>3</sub> MM	6.35	27.0	4.10
0.25M HNO <sub>3</sub> MM	6.24	26.5	4.10
0.5M HNO <sub>3</sub> MM	6.54	27.8	4.10
1.0M HNO <sub>3</sub> MM	6.21	28.7	4.46
3.0M HNO <sub>3</sub> MM	6.12	27.7	4.30

Обработка кислотой привела к вымыванию ионов алюминия, при этом количество вымытого алюминия зависит от концентрации кислоты. Применение кислоты с концентрациями ниже 1 моль/л способствует преимущественному замещению межслоевых ионов натрия и кальция. В то время как при концентрациях выше 1 моль/л уже наблюдается вымывание ионов алюминия из кристаллической решетки монтмориллонита. С увеличением концентрации кислоты межслоевое расстояние резко снижается при использовании концентрированных растворов кислоты.

Каталитические свойства полученных систем были изучены в реакции глицерина с ацетоном. Реакцию проводили в стеклянном термостатированном реакторе, снабженном мешалкой и обратным холодильником. Продукты были анализированы методом ГЖХ. Реакцию проводили при 50°C. Мольное соотношение ацетон/глицерин было равно 2. Было установлено, что реакция протекает гетерогенно. На это указывал тот факт, что после удаления катализатора реакция не протекала. Катализаторы перед каждым экспериментом активировались при 200°C в течение 2ч для удаления адсорбированной воды.

### 3. Результаты и обсуждения

Согласно полученным данным, реакция эффективно протекает в присутствии ММ- $\text{HNO}_3$  за 30 мин с 23-57 % конверсией глицерина и 97.4-97.8 % селективностью по солькеталу. Данные представлены в таблице 2.

Как видно из представленных результатов концентрация кислоты, использованная для модифицирования, влияет на конверсию глицерина. С увеличением концентрации кислоты, конверсия возрастает, однако при концентрации больше чем 1 моль/л это влияние не значительное.

Влияние концентрации кислоты на конверсию глицерина объясняется изменением концентрации поверхностных кислотных центров, определенных методом ИК-спектроскопии с использованием пиридина в качестве молекулы зонда.

Таблица 2

	Кислотные свойства		Каталитические свойства		
	БКЦ ( $\mu\text{моль/г}$ )	РА (кДж/моль)	Конверсия (I) (%)	Селективность, (%)	
				(II)	(III)
0.125 М $\text{HNO}_3$ ММ	2.0	1175	38.6	97.6	2.4
0.25М $\text{HNO}_3$ ММ	2.8	1174	46.8	97.7	2.3
0.5М $\text{HNO}_3$ ММ	13.5	1167	53.7	97.7	2.3
1.0М $\text{HNO}_3$ ММ	14.1	1162	56.9	97.4	2.6
3.0М $\text{HNO}_3$ ММ	10.2	1169	56.6	98.0	2.0

Из таблицы 2 видно, что с увеличением концентрации кислоты до 1 моль/л, количество и сила брэнстедовских кислотных центров (БКЦ) возрастает. Дальнейшее увеличение концентрации кислоты наоборот приводит к снижению количества и силы центров. Это объясняется вымыванием ионов алюминия из кристаллической решетки смектита (о чем я говорила ранее)

Характер изменения силы и количества кислотных центров согласуется с изменением конверсии глицерина. Видно, что с увеличением как силы, так и числа кислотных центров конверсия глицерина линейно возрастает.

### 4. Выводы

1. Проведено модифицирование природной глины в кальциевой форме (Са-ММ) (Даш-Салахлинское месторождение, Бурятия), содержащей 95% монтмориллонита, 0.125-3.0 М азотной кислотой. Методом химического анализа показано при концентрациях кислоты 0.125-1.0М происходит удаление межслоевых катионов, а при концентрации кислоты 3.0М наблюдается вымывание ионов Al из кристаллической решетки смектита.

2. Изучены каталитические свойства монтмориллонита, модифицированного 0.125-3.0 М азотной кислотой, в реакции глицерина с ацетоном. Показано, что реакция протекает в мягких условиях при 50 °С за 0.5-1 ч с выходом 53-67 % и селективностью 97-98%.

3. Показано, что каталитические свойства монтмориллонита, модифицированного 0.125-3.0 М азотной кислотой зависят от количества и силы брønстедовских кислотных центров

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максимов А.Л., Нехаев А.И., Рамазанов Д.Н. Простые эфиры и ацетали – перспективные продукты нефтехимии из возобновляемого сырья (обзор). // Нефтехимия, 2015, том 55, № 1, с. 3–24
2. Timofeeva M. N., Volcho K. P., Mikhilchenko O. S., Panchenko V. N., V.a V. Krupskaya, S. V. Tsybulya, A. Gil, M. A. Vicente, N. F. Salakhutdinov, Synthesis of octahydro-2*H*-chromen-4-ol from vanillin and isopulegol over acid modified montmorillonite clays: Effect of acidity on the Prins cyclization, *J. Mol. Catal. A: Chem.*, 398 (2015) 26-34
3. J. S. Yadav, B. V. Subba Reddy, G. Mahesh Kumar, Ch. V. S. R. Murthy, Montmorillonite clay catalyzed in situ Prins-type cyclisation reaction// *Tetrahedron Letters*, 2001 – V. 42 – P. 89–91

### ACETALYZATION OF GLYCEROL WITH ACETONE TO FUEL OXYGENATES OVER ACID MODIFIED MONTMORILLONITE CLAYS

*Makarova Kristina N.*<sup>1</sup>, student;

e-mail: [kristina-kristi-makarova@mail.ru](mailto:kristina-kristi-makarova@mail.ru)

*Castine D.K.*<sup>1</sup>, student;

e-mail: [taraski59@gmail.ru](mailto:taraski59@gmail.ru)

*Timofeeva Maria Nikolaevna*<sup>1,2</sup>, doctor of chemical sciences;

e-mail: [mariya-timofeeva@yandex.ru](mailto:mariya-timofeeva@yandex.ru)

*Panchenko Valentina Nikolaevna*<sup>1,2</sup>, Candidate (Ph.D) of chemical sciences

e-mail: [Panchenko@catalysis.ru](mailto:Panchenko@catalysis.ru)

<sup>1</sup> Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, pr. Karl Marx, 20, tel. +7(383)346-50-31

<sup>2</sup> Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Pr. Lavrentieva, 5

#### Abstract

The natural clay containing 90-95 wt.% montmorillonite was chemically activated using 0.125-3.0 M HNO<sub>3</sub> solutions. Structural and textural properties were characterized by X-ray diffraction and elemental analysis analyses. According to infrared spectroscopy using pyridine as probe molecule, the amount of Brønsted acid sites increased when increasing HNO<sub>3</sub> concentration. The catalytic performance of these materials was investigated in the glycerol with acetone at 50 °C. It was found that the amount of Brønsted acid sites of the catalysts is key factor for the control of the reaction rate.

**Keywords:** Montmorillonite; Acid activation; Oxygenates; Glycerol; Acetone

## РЕАГЕНТНОЕ УДАЛЕНИЕ ФОСФАТОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

*Матюшенко Евгений Николаевич, аспирант; Белозёрова Елизавета Сергеевна, магистрант; Гейсатдинов Табриз Ильяз оглы, 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](mailto:ematyushenko1991@mail.ru)

*Белозёрова Е. С.*, e-mail [belozerova.liz@yandex.ru](mailto:belozerova.liz@yandex.ru)

*Гейсатдинов Т. И.*, email [mr.geysaddinov@mail.ru](mailto:mr.geysaddinov@mail.ru)

*Нагорная Т. В.*, e-mail [Nagornaya\\_Tatyana@mail.ru](mailto: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

В водоём фосфор поступает как естественным, так и искусственным путём. К источникам естественного поступления фосфора относится смыв с прибрежных территорий веществ органического или минерального происхождения в период таяния снега или выпадения атмосферных осадков, а также отмирание флоры и фауны водоёмов. Антропогенное загрязнение водоёмов фосфором вызвано сбросом бытовых и производственных стоков, наличием рекреационных зон (пляжи) и смывом минеральных удобрений с сельскохозяйственных полей. 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. Из всех применяемых в настоящее время методов (биологических, физико-химических и комбинированных) одним из наиболее эффективных считается реагентный, позволяющий добиться снижения фосфатов до концентраций, удовлетворяющих сбросу стоков в водоём (0,2 мг/л по Р). В работе приводится сравнительная характеристика известных и новых реагентов и сорбентов, применяемых для удаления фосфора, указываются их достоинства и недостатки. Приводятся результаты исследований осаждения фосфатов известью в сочетании с едким натром и солями магния. Испытаны сорбенты природного и искусственного происхождения.

## **Ключевые слова**

Фосфор, фосфаты, биогенные элементы, сточная жидкость, способ удаления, реагенты, 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 только в теплый вегетационный период года. Водоёмы Западной и Восточной Сибири, отличающиеся низкой температурой воды даже в летний период года, находятся в более выгодном положении, чем водоёмы стран Европы, Америки, особенно Южной Америки. Основными источниками антропогенного загрязнения водоёмов является сброс в них неочищенных или не достаточно очищенных бытовых или производственных стоков, наличие рекреационных зон (пляжи), а также смыв минеральных удобрений с сельскохозяйственных полей [1, 2].

Фосфор является основным веществом, лимитирующим эвтрофирование водоёма, в связи с этим в Российской Федерации установлены жесткие требования к качеству очищенной сточной жидкости, сбрасываемой в водоём. Предельно-допустимая концентрация (ПДК) этого элемента при сбросе в рыбохозяйственный водоём не должна превышать 0,2 мг/л по Р.

На сегодня в отечественной и зарубежной практике проектирования локальных и городских ОСК применяют физико-химические, биологические и комбинированные методы удаления фосфора. К физико-химическим относятся: адсорбционный, электрокоагуляционно-флотационный, биогальванический, очистка в магнитном поле и реагентный. 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. Суть реагентного метода состоит во взаимодействии вводимого реагента (ОХА,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  или извести) со свободными ион-фосфатами, присутствующими в сточной жидкости, с образованием трудно-растворимых солей ортофосфорной кислоты [3 – 14]. 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 [14]. 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 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. Комбинированные методы, сочетающие физико-химические и биологические способы, пока остаются чрезвычайно сложными и дорогостоящими в реализации.

## **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 органических осадков с наличием в них солей тяжелых металлов. В данной работе в качестве объекта исследования приняты химические реагенты, которые ранее не применялись для осаждения фосфатов (сульфат и хлорид магния) или применялись, однако в данной работе они изучены в новых комбинациях с другими химическими соединениями.

Как уже отмечалось, механизм удаления фосфатов состоит в химическом связывании ионов металлов со свободными ион-фосфатами и образованием труднорастворимых солей ортофосфорной кислоты. Эффект удаления тем выше, чем интенсивнее протекают процессы кристаллизации, а они в свою очередь зависят от концентрации реагирующих веществ, активной реакции среды (рН), температуры сточной жидкости и интенсивности её перемешивания.

Исследования по изучению эффекта осаждения фосфатов при использовании разных реагентов проводились на искусственно приготовленной и натуральной сточной жидкости. Концентрация фосфатов в приготовленных растворах была близка к 10 мг/л по Р (примерно такое содержание фосфора обнаруживается в городских стоках). Искусственно-приготовленную сточную жидкость получали путем ввода в водопроводную воду небольшого количества фосфорной кислоты ( $H_3PO_4$ ). Натуральная сточная жидкость представляла собой стоки после первичных отстойников ОСК городов Новосибирска и Искитима. Исследования проводились в химической лаборатории кафедры «Водоснабжение и водоотведение» НГАСУ (Сибстрин) и химико-бактериологической лаборатории ОСК г. Новосибирска.

В натуральной сточной жидкости определялись рН, температура, азот аммония, фосфаты, азот нитритов и нитратов, ХПК. Определение концентрации фосфатов осуществлялось на спектрофотометре DR3900 и термореакторе HL200 с применением экспресс-тестов Lange (LCK349 и LCK350). 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 ( $CaO$ ). Этот элемент входит в состав минеральных удобрений (суперфосфата). При введении в сточную жидкость извести ион  $Ca^{2+}$  взаимодействует с ион-фосфатом,

присутствующим в сточной жидкости, и образуется труднорастворимая соль  $\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3$ , 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 раствором едкого натра. Причём доза вводимой извести зависит от концентрации фосфатов, её должно быть достаточно для связывания ион-фосфатов и ионов  $\text{Ca}^{2+}$  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  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Такая соль является побочным продуктом при производстве азотно-туковых удобрений и относится к низкосортному минеральному удобрению из-за низкого содержания фосфатов. Это удобрение применяется для максимального наращивания зеленой массы. Основная составляющая хлорофилла любого растения представлена щелочно-земельным металлом  $\text{Mg}^{2+}$ . Следует заметить, что и ионы  $\text{Na}^+$  относятся к макроэлементам, жизненно необходимым для развития растений и животных. Таким образом, известь в сочетании с едким натром 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  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и хлорид магния  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . При взаимодействии ионов  $\text{Mg}^{2+}$  с ион-фосфатами, присутствующими в сточной жидкости, также образуется труднорастворимая двухосновная соль  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Эффективность изъятия ион-фосфатов из сточной жидкости при использовании этих реагентов достигается также при высоких значениях рН (10–11), причём эффект может достигать 95–99%. Оптимальной дозой, обеспечивающей наибольший эффект, является соотношение  $\text{P}:\text{Mg}^{2+} = 1:2$ . С увеличением этого отношения в 2,5 и 5 раз, эффект снижается до 98,8% и 97%, соответственно.

#### **4. Выводы**

Проведенные лабораторные исследования реагентов (извести в сочетании с едким натром, 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 органические осадки с кристаллами ортофосфорной кислоты, которые можно применять в качестве органо-минерального удобрения.



## 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. Яковлев С.В., Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: АСВ, 2002. – 704 с.
8. 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.
9. Б.В. Васильев, Б.Г. Мишуков, Е.А. Соловьева. Реагентное удаление фосфора из городских сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – № 2. – С. 58–60.
10. *Иванченко А.В.* Разработка эффективной технологии очистки городских сточных вод с повышенным содержанием фосфатов до мировых стандартов // Экология ЦЧО РФ. – 2013. – № 1 – 2 (30 – 31). – С. 132–133.
11. *Долина Л.Ф.* Очистка сточных вод от биогенных элементов: Монография / Днепропетровск: Континент, 2011. – 198 с.
12. *Сапон Е.Г., Пунько О.А., Марицун В.Н.* Очистка сточных вод от фосфатов // Хімія та сучасні технології: матеріали докладів Междун. науч.-техн. конф: I том. – Днепропетровск, 2013. – С. 154.
13. *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.
14. Канализация населенных мест и промпредприятий: Справочник проектировщика / Под ред. В.Н. Самохина. – М.: Стройиздат, 1981. – 638 с.

## REAGENT REMOVAL OF PHOSPHATES FROM WASTEWATER

*Matyushenko Evgeny Nikolaevich, Post-graduate Student; Belozerova Elizaveta Sergeevna, Master's Degree student; Geysaddinov Tabriz Ilyaz ogli, 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](mailto:ematyushenko1991@mail.ru)

*Belozerova E.S.*, e-mail [belozerova.liz@yandex.ru](mailto:belozerova.liz@yandex.ru)

*Geysaddinov T.I.*, email [mr.geysaddinov@mail.ru](mailto:mr.geysaddinov@mail.ru)

*Nagornaya T.V.*, e-mail [Nagornaya\\_Tatyana@mail.ru](mailto:Nagornaya_Tatyana@mail.ru)

### Abstract

Phosphorus comes into the waterbody by both natural and artificial means. The sources of natural phosphorus source are flush of organic or mineral substances from coastal areas during the period of snow melting or precipitation, and the extinction of flora and fauna of waterbodies. Anthropogenic pollution of water bodies is caused by phosphorus discharges of domestic and industrial effluents, pollution from recreational areas (beaches) and mineral fertilizers from agricultural fields. The paper considers the human impact on reservoirs. Today one of topical problems in the field of wastewater treatment is insufficient efficacy of the known phosphorus removal methods. Among currently used methods (biological, physical-chemical and combo) one of the most effective ones is the reagent method that allows to reduce phosphate concentration to maximum allowable concentration for discharge into the waterbody (0,2 mg/l at P). In the article comparative characteristics of known and new reagents and sorbents used for phosphorus removal are provided their advantages and disadvantages are analyzed. Results of studies of sedimentation of phosphate by lime in combination with caustic soda and magnesium salts are demonstrated. Sorbents of natural and synthetic origin have been tested and analyzed.

**Keywords:** phosphorus, phosphates, nutrients, wastewater, method of removal, reagents, wastewater treatment plants.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА ФИЛЬТРА СОСТОЯЩЕГО ИЗ НЕСУЩЕЙ МАТРИЦЫ МИКРОВОЛОКОН И ФИЛЬТРУЮЩИХ НАНОВОЛОКОН ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

*Мик Иван Александрович<sup>1</sup>, аспирант;*

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

*Мик И.А., e-mail: [mikluha.ia@gmail.com](mailto:mikluha.ia@gmail.com)*

*Адрес для корреспонденции: Мик Иван Александрович, г. Новосибирск, ул.  
Одоевского 1/7, кв. 681, 630034, тел. (923)117-117-6*

### **Аннотация**

С помощью метода электроспиннинга и зарядки мишени аэроионами противоположного знака, на матрицу из микронных волокон осаждались нано волокна. В результате была синтезирована пористая среда, обладающая уникальными фильтрующими свойствами. Показано, что изменение параметров электроспиннинга позволяет приблизиться к оптимальной морфологии материала. Таким образом, был разработан фильтрующий гибридный (композитный) материал с низким перепадом давления и при этом имеющий стабильно высокую эффективность фильтрации для частиц с максимальной проникающей способностью (MPPS). Показано, что аналог HEPA фильтра, обеспечивает сравнимое или более высокое качество фильтрации и выигрывает по себестоимости.

### **Ключевые слова**

Высокоэффективная фильтрация, электроспиннинг, микроволокна, нановолокна, композитный материал, пористая среда, аэрозольные частицы, технология очистки, перепад давления

### **1. Введение**

За последние двадцать лет общественность становилась свидетелем экологических проблем, возникающих с регулярной периодичностью, связанных с быстро развивающейся урбанизацией и индустриализацией. В частности, Агентство США по Защите Окружающей Среды в 1997 г. обнародовало Национальный стандарт качества атмосферного воздуха для твердых частиц [1]. В котором сообщается, что мелкие частицы размером меньше 2,5 мкм являются наиболее опасными источниками загрязнения воздуха, также они оказывают неблагоприятные влияние на здоровье человека,

а именно на дыхательные пути и внелегочные органы. По оценкам исследователей [2], полученным на основе статистических данных и состава атмосферы, загрязнение воздуха ежегодно приводит к 3,3 млн. преждевременных смертей по всему миру.

## **2.Методика экспериментального исследования**

В работе была разработана пористая фильтрующая объёмная среда для улавливания аэрозольных частиц, представляющая собой гибридный материал - пористую структуру гомополимера пропилена, которая служит несущей подложкой для вплетённых в неё нано- и микроволокон (рис. 1). Для создания нового концепта фильтра, волокна полиамида-66, полученные методом электроформования, осаждались на двумерную сетчатую структуру переплетенных микроволокон полипропилена.

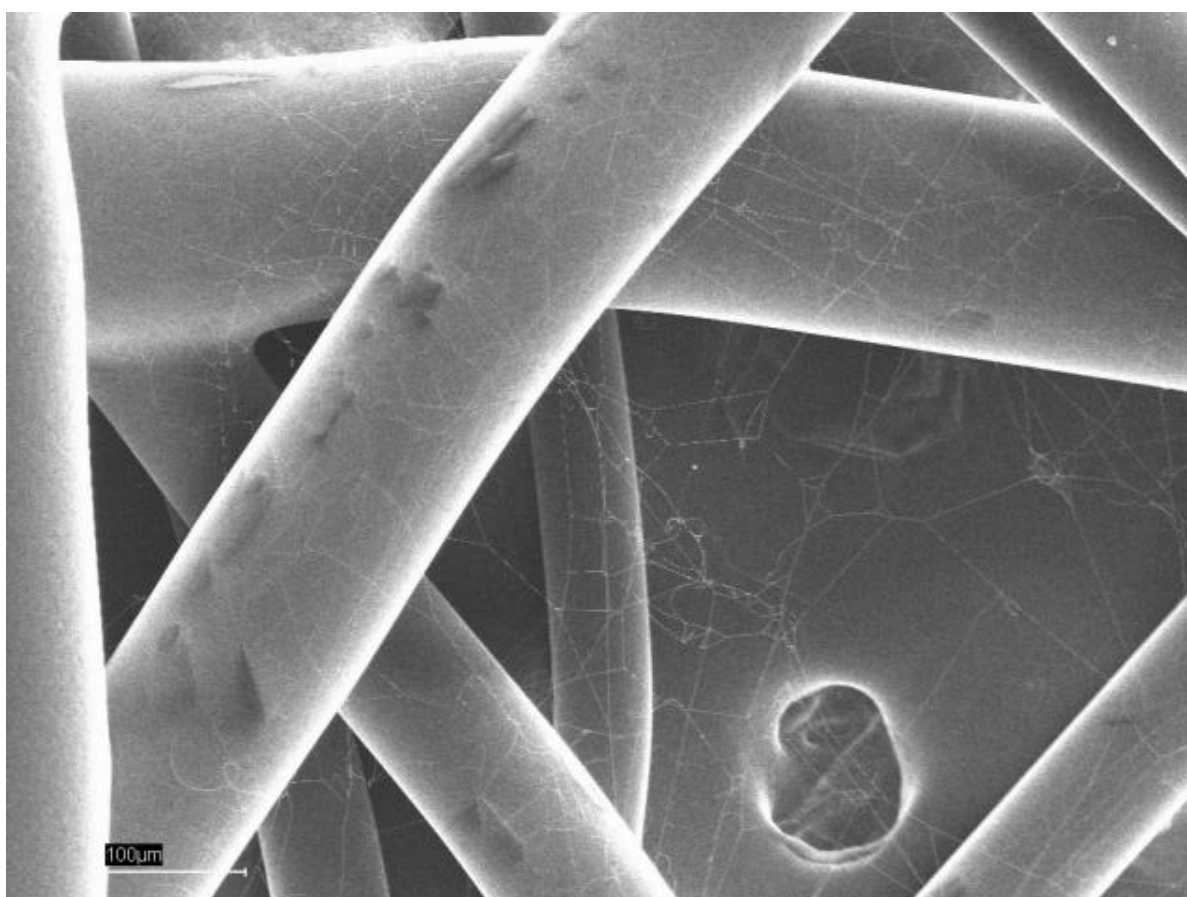


Рис. 1. СЭМ изображение одного слоя микро и нано волокон, полученных при напряжении 50 кВ.

## **3.Результаты и обсуждение**

Морфология полученной структуры определяется эквивалентом диаметра круга равной площади поперечного сечения волокна, скоростью нанесения покрытия, шириной пор, а также плотностью упаковки слоёв нано и микроволокон. Эти характеристики можно достаточно точно контролировать,

варьируя физико-химические свойства рабочего раствора (например, концентрацию полимера в растворе), а также экспериментальные параметры процесса электроспиннинга (например, объёмный расход).

В таблице 1 приведены параметры процесса электроспиннинга и показатели свойств фильтрации для образцов, полученных при напряжении 50 кВ, а именно, толщина фильтрующего материала, объёмный расход рабочего раствора, массовая концентрация полимера в растворе, массовая производительность нано волокна, средний диаметр волокон, эффективность фильтрации для 0.3 мкм частиц, перепад давления, скорость потока воздуха через фильтрующий материал.

Таблица 1

Параметры и характеристика полученных образцов

№	D, мм	W, мл/ч	n, %	w, г/час	d, нм	E <sub>0.3 мкм</sub> , %	dP, Па	V, см/с
1	21.5	1	10	0.1	230	99.99983	270	5
2	21.5	0.48	10	0.048	230	99.99	112	5
3	21.5	0.24	10	0.024	230	99.66	45	5
4	11.5	0.48	10	0.048	230	99.83	71	5
5	5.5	1	10	0.1	230	99.66	84	5
6	18.5	0.18	10	0.018	230	99.53	55	7.4
7	18.5	0.18	10	0.018	230	99.31	32	7.4
8	20	0.24	8	0.0192	170	99.996	82	5
9	20	0.24	7	0.0168	120	99.965	47	5
10	18.5	0.16	7	0.0112	120	99.94	51	7.4
11	18.5	0.16	7	0.0112	120	99.96	52	7.4

#### 4.Выводы

Таким образом, для высокоэффективной фильтрации мелкодисперсных аэрозольных частиц разработана технология изготовления композитного материала фильтра, состоящего из несущей матрицы микроволокон и фильтрующих нановолокон.

К преимуществам такого нетканого фильтрующего материала можно отнести простоту изготовления бескаркасного фильтра за один технологический цикл. Среди уникальных свойств материала следует отметить высокую эффективность фильтрации для наиболее проникающих частиц, сравнимую с HEPA фильтром; перепад давления при той же скорости фильтрации, а также большой ресурс пылеемкости фильтра по атмосферной пыли.

На практике использование данной технологии позволит создавать фильтры, охватывающие большой диапазон эффективностей фильтрации вплоть до класса ULPA.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. EPA. National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter. Washington DC: Environmental Protection Agency. 1997.
2. Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnais, M., Giannadaki, D. & Pozzer // A. Nature. 2015. Vol. 525. P. 367–371.

### FABRICATION COMPOSITE FILTER MATERIAL OF BEARING MATRIX OF MICROFIBERS AND FILTERING NANOFIBERS FOR HIGH EFFICIENCY FINE PARTICULATE FILTRATION

*Mik Ivan Aleksandrovich*<sup>1</sup>, graduate student

<sup>1</sup> Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia, 20, Prospekt K. Marksa, 630073

*Mik I.A.*, e-mail: [mikluha.ia@gmail.com](mailto:mikluha.ia@gmail.com)

#### **Abstract**

The nanofibers was deposited on the matrix of microfibers using the electrospinning technique and charging target with aero ions of opposite sign. As a result, porous material with a unique filtration properties was synthesized. It is shown that changing electrospinning process parameters the optimal morphology of the material could be obtained. The hybrid (composite) filter material with a low-pressure drop and at the same time having a consistently high filtration efficiency for the most penetrating particle size (MPPS) was developed. It was shown that analogue of HEPA filter provides a comparable or even a higher filtration performance and benefits at cost.

#### **Keywords:**

High efficiency filtration, electrospinning, microfibers, nanofibers, composite material, porous medium, aerosol particles, separation technology, low-pressure drop

## **Ni/Ce<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>O<sub>y</sub> КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ АВТОТЕРМИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА ЭТАНОЛА В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЙ ГАЗ**

*Нефедова Дарья Васильевна<sup>1,2</sup>, магистрант; Матус Екатерина Владимировна<sup>1</sup>, к.х.н., н.с; Сухова Ольга Борисовна<sup>1</sup>, ведущий инженер; Исмагилов Ильяс Зинферович<sup>1</sup>, к.х.н., н.с; Керженцев Михаил Анатольевич<sup>1</sup>, к.х.н., с.н.с, Исмагилов Зинфер Ришатович<sup>1,3</sup>, чл.-корр., проф., директор*

<sup>1</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, пр. Академика Лаврентьева, 5, Новосибирск, 630090, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет, пр. К.Маркса, 20, Новосибирск, 630073, Россия

<sup>3</sup>Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН, пр. Советский, 18, Кемерово, 650000, Россия

*Нефедова Д.В.*, e-mail [nefedova.darya@gmail.com](mailto:nefedova.darya@gmail.com)

*Матус Е. В.*, e-mail [matus@catalysis.ru](mailto:matus@catalysis.ru)

*Сухова О.Б.*, e-mail [sukhova@catalysis.ru](mailto:sukhova@catalysis.ru)

*Исмагилов И. З.*, e-mail [iismagil@catalysis.ru](mailto:iismagil@catalysis.ru)

*Керженцев М. А.*, e-mail [ma\\_k@catalysis.ru](mailto:ma_k@catalysis.ru)

*Исмагилов З.Р.*, e-mail [zinfer1@mail.ru](mailto:zinfer1@mail.ru)

*Адрес для корреспонденции:* Нефедова Дарья Васильевна, Новосибирский государственный технический университет, 630092, Россия, г. Новосибирск, ул. Блюхера, 30/1, тел. (913) 384-97-33

### **Аннотация**

Проведен синтез носителей Ce<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>O<sub>y</sub> ( $x = 0-0.5$ ,  $1.75 \leq y \leq 2.0$ ) и Ni-содержащих катализаторов на их основе для автотермического риформинга этанола. Комплексом методов (рентгеноспектральный флуоресцентный метод, термический анализ, низкотемпературная адсорбция азота, рентгенофазовый анализ, электронная микроскопия) систематически исследованы физико-химические свойства полученных материалов. Выявлена взаимосвязь между составом и характеристиками материалов. Продемонстрирована возможность управления дисперсностью (изменение среднего размера частиц в пределах от 8 до 50 нм) и окислительно-восстановительными свойствами (изменение значения максимума температуры восстановления  $\Delta T \sim 100^\circ\text{C}$ ) Ni-содержащих частиц в Ni/Ce<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>O<sub>y</sub> катализаторах путем целенаправленного регулирования характеристик носителя.

## **Ключевые слова**

Наноразмерные катализаторы, диоксид церия, допирующие добавки, наноматериалы, автотермический риформинг этанола

## **1. Введение**

Получение энергии является необходимым условием существования человечества. Но интенсивное развитие энергетики, промышленности и транспорта неизбежно вызывает рост потребления углеводородного топлива, что, в свою очередь, увеличивает количество продуктов его сгорания, выбрасываемых в атмосферу. Данные о растущих выбросах химических веществ в атмосферу показывают, что загрязнение атмосферного воздуха приобрело глобальный характер, и биосфера земли уже не справляется с их переработкой.

Для снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду необходим переход на альтернативный источник энергии. Наиболее перспективным и экологически чистым видом топлива в настоящее время считается водород. Кроме того, другими преимуществами водорода-топлива являются доступность, использование различных видов сырья и производственных технологий [1,2].

На сегодняшний день разрабатывается целый ряд различных подходов с целью массового производства водорода, таких как электролиз воды, риформинг углеводородов, фотокаталитические методы, биологические технологии и т.д. Одним из наиболее перспективных процессов получения водородсодержащего газа является автотермический риформинг (АТР) углеводородов и оксигенатов. Данный процесс объединяет тепловые эффекты парового риформинга и частичного окисления углеводородов, что снижает энергозатраты на его проведение.

В настоящей работе с целью разработки эффективного катализатора автотермического риформинга этанола проведен синтез и исследование  $Ce_{1-x}La_xO_y$  материалов и наноразмерных Ni катализаторов на их основе.

## **2. Методика экспериментального исследования**

Носители  $Ce_{1-x}La_xO_y$  ( $x = 0, 0.1, 0.2, 0.5$ ) синтезировали методом сложноэфирных полимерных предшественников. Температура прокаливания  $Ce_{1-x}La_xO_y$  материалов варьировалась и составляла 300-800°C. Катализаторы Ni/ $Ce_{1-x}La_xO_y$  получали методом пропитки по влагоемкости носителя водным раствором нитрата никеля с последующей сушкой и прокаливанием при 200-800°C. Содержание никеля составляло 10 мас. %.

Комплексом методов (термический анализ, рентгенофазовый анализ, электронная микроскопия, низкотемпературная адсорбция азота) систематически исследованы генезис и физико-химические свойства полученных материалов.

Исследование активности катализаторов в реакции АТР  $C_2H_5OH$  проводили в проточном кварцевом реакторе (внутренний диаметр 14 мм) при атмосферном давлении, температуре 200-700°C и скорости газового потока 215



мл<sub>N</sub>/мин. Мольное соотношение реагентов C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH : H<sub>2</sub>O : O<sub>2</sub> : He в исходной реакционной смеси составляло 1 : 3 : 0.5 : 1. Состав реакционной смеси анализировали методом газохроматографического анализа.

### 3. Результаты и обсуждение

Поскольку каталитические свойства Ni-содержащих наночастиц зависят от их дисперсности и окислительно-восстановительных свойств, которые, в свою очередь, определяются особенностями взаимодействия нанесенного металла и оксидного носителя [4], на первом этапе работы проведен синтез носителей Ce<sub>1-x</sub>M<sub>x</sub>O<sub>y</sub> с различными текстурными и структурными характеристиками. Регулирование свойств материалов Ce<sub>1-x</sub>M<sub>x</sub>O<sub>y</sub> осуществляли путем варьирования мольной доли лантана в составе носителя (x = 0-0.5) и температуры прокаливания образцов (300-800°C).

На рис. 1 представлены данные исследования полученных носителей методом низкотемпературной адсорбции азота. Видно, что текстурные характеристики образцов зависят содержания лантана в составе носителя и температуры его прокаливания. Для материалов Ce<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>O<sub>y</sub> значение удельной поверхности варьируется в диапазоне 15-120 м<sup>2</sup>/г, объем пор – 0.05-0.20 см<sup>3</sup>/г и средний диаметр пор - 6.5-17.5 нм. При увеличении мольной доли лантана от 0 до 0.2 удельная поверхность носителя увеличивается на 15-30%. Однако дальнейшее увеличение мольной доли лантана до 0.5 приводит к ухудшению текстурных характеристик носителя (рис.1а). С увеличением температуры прокаливания от 300 до 800°C наблюдается закономерное снижение удельной поверхности материалов Ce<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>O<sub>y</sub> за счет интенсификации процессов спекания с ростом температуры [3].

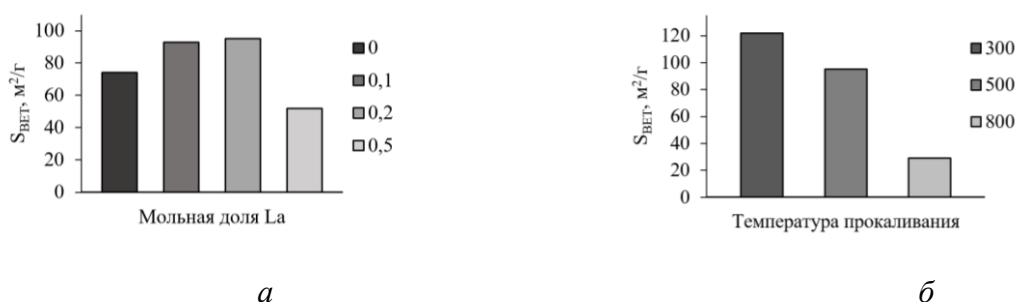
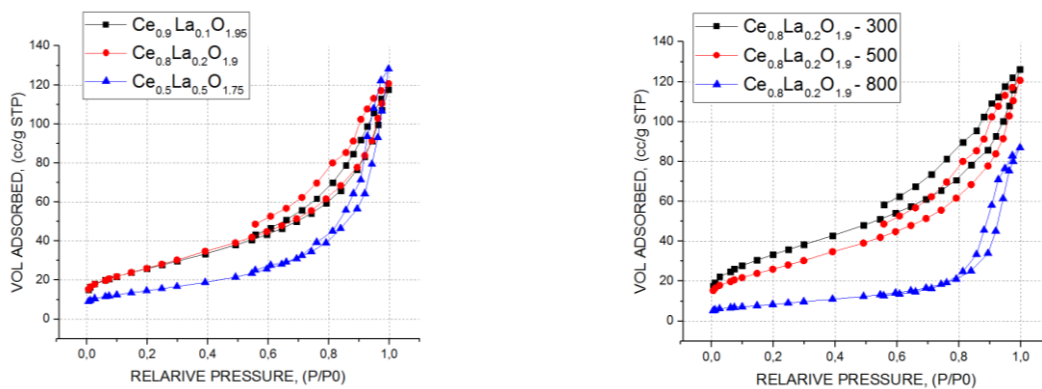


Рис. 1. Значения удельной поверхности (S<sub>ВЕТ</sub>) носителей Ce<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>O<sub>y</sub>: а – влияние мольной доли La; б – влияние температуры прокаливания (x = 0.2)

Для полученных носителей наблюдается IV тип изотермы адсорбции с петлей гистерезиса типа НЗ (рис. 2). Это свидетельствует о том, что синтезированные материалы Ce<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>O<sub>y</sub> являются мезопористыми. С увеличением мольной доли лантана, а также при увеличении температуры прокаливания носителя наблюдается смещение петли гистерезиса в область более высокого значения относительного значения p/p<sub>0</sub> (рис.2), что указывает на преобладание текстурной мезопористости в этих образцах.



*a*

*б*

Рис. 2. Изотермы адсорбции носителей  $Ce_{1-x}La_xO_y$ :

*a* – влияние мольной доли La; *б* – влияние температуры прокаливания ( $x = 0.2$ ).

Методом рентгенофазового анализа показано, что образцы  $Ce_{1-x}La_xO_y$  представляют собой гомогенные твердые растворы замещения с кубической структурой типа флюорита. Отсутствие сегрегации фаз отдельных оксидов и однородность химического состава подтверждают данные EDX-картирования. Введение лантана в структуру диоксида церия приводит к существенному уменьшению размера кристаллитов: с увеличением мольной доли La от 0 до 0.5 размер кристаллитов уменьшается от 12 до 5 нм. С увеличением температуры прокаливания до 800°C размер кристаллитов увеличивается и составляет 30 нм.

На втором этапе работы исследовано влияние характеристик носителя на свойства  $Ni/Ce_{1-x}La_xO_y$  катализаторов. Показано, что допирование диоксида церия лантаном позволяет увеличить дисперсность NiO частиц и их устойчивость к спеканию. Уменьшение среднего размера NiO частиц от 25 до 14 нм происходит при увеличении мольной доли La от 0 до 0.2. В образце  $Ni/Ce_{0.5}La_{0.5}O_{1.75}$ , где мольная доля лантана в носителе составляет 0.5, частиц оксида никеля не обнаружено, он находится в высокодисперсном состоянии. По данным термического анализа в восстановительной среде ( $H_2/He$ ) для прокаленных  $Ni/Ce_{1-x}La_xO_y$  ( $x = 0.1-0.5$ ) катализаторов по сравнению с  $Ni/CeO_2$  увеличивается доля трудновосстанавливаемых ионов активного металла. На основании скрининга активности катализаторов  $Ni/Ce_{1-x}La_xO_y$  в реакции автотермического риформинга этанола выявлен наиболее перспективный состав катализатора.

#### 4. Выводы

Таким образом, в результате работы выявлена взаимосвязь между составом и текстурными/структурными свойствами материалов  $Ce_{1-x}La_xO_y$ . Реализовано регулирование среднего размера кристаллитов  $Ce_{1-x}La_xO_y$  в пределах от 5 до 50 нм, удельной поверхности материала – от 15 до 120 м<sup>2</sup>/г, объема пор – от 0.05 до 0.20 см<sup>3</sup>/г, среднего диаметра пор - от 6.5 до 17.5 нм. Показано, что дисперсность и окислительно-восстановительные свойства Ni-содержащих частиц в  $Ni/Ce_{1-x}La_xO_y$  катализаторах определяются характеристиками носителя.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Проект № 15-53-45039). Авторы выражают благодарность к.х.н. Ушакову В.А., к.х.н. Яшник С.А., к.х.н. Стонкус О.А., Литвак Г.С. и Ефименко Т.А. за помощь в исследовании образцов физико-химическими методами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Energy Technology Outlook-2050 - WETO H<sub>2</sub>. – EC Luxemburg, 2007. – P. 161.
2. C. Asar, I. Dincer //International Journal of Hydrogen Energy 2014. – V. 39. – P.190.
3. Zhang T. Kinetics of Nanoscale Cerium Dioxide Prepared by Pechini /T. Zhang, D. Tang, Y. Shao, Z. Yu // Process Journal of Materials Engineering and Performance. – 2010. – № 19. – P. 1220–1224.
4. Nanoscale control during synthesis of Me/La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Me/Ce<sub>x</sub>Gd<sub>1-x</sub>O<sub>y</sub> and Me/Ce<sub>x</sub>Zr<sub>1-x</sub>O<sub>y</sub> (Me = Ni, Pt, Pd, Rh) catalysts for autothermal reforming of methane / I.Z Ismagilov, E.V. Matus, V.V. Kuznetsov, M.A. Kerzhentsev, Z.R. Ismagilov, N. Mota, R.M. Navarro, J.L.G. Fierro // Catalysis Today. – 2013. –V. 210. – P. 10-18.

#### **Ni/Ce<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>O<sub>y</sub> catalysts for autothermal reforming of ethanol into hydrogen-containing gas**

*Nefedova Darya Vasilevna*<sup>1,2</sup>, *Master's Degree student;*  
*Matus Ekaterina Vladimirovna*<sup>1</sup>, *ph.d. chemical, scientific associate;*  
*Sukhova Olga Borisovna*<sup>1</sup>, *principal engineer;*  
*Ismagilov Ilyas Ziniferovich*<sup>1</sup>, *ph.d. chemical, scientific associate;*  
*Kerzhentsev Michael Anatolevich*<sup>1</sup>, *ph.d. chemical, senior researcher,*  
*Ismagilov Zinifer Rishatovich*<sup>1,3</sup>, *corresponding member, Russian Academy of Sciences, Professor, director*

<sup>1</sup>Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, Pr. Lavrentieva 5, Novosibirsk, Russia, 630090

<sup>2</sup>Novosibirsk State Technical University, Pr. K. Marks 20, Novosibirsk, Russia, 630073

<sup>3</sup>Institute of Coal Chemistry and Material Science SB RAS, Pr. Sovetskiy 18, Kemerovo, Russia, 650000

#### **Abstract**

To reduce the anthropogenic load on the environment it is necessary to use hydrogen as an alternative energy source. Autothermal reforming (ATR) of hydrocarbons and oxygenates is one of the most promising processes for production of hydrogen-containing gas. This process combines the heat effects of steam reforming and partial oxidation of hydrocarbons, which reduces energy costs for its implementation.

The Ce<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>O<sub>y</sub> (x = 0-0.5, 1.75 ≤ y ≤ 2.0) supports and Ni-containing catalysts on their basis were prepared for autothermal reforming of ethanol. A complex of

instrumental methods (X-ray fluorescence method, thermal analysis, low-temperature adsorption of nitrogen, X-ray diffraction, electron microscopy) were applied for systematic study of the physicochemical properties of these materials.

The correlation between the composition and characteristics of the materials was established. The controlling of dispersion (average particle size variation within the range of 8 to 50 nm) and redox properties (maximum reduction temperature change values  $\Delta T \sim 100^\circ\text{C}$ ) of Ni-containing particles in the  $\text{Ni/Ce}_{1-x}\text{La}_x\text{O}_y$  catalysts by targeting regulation of support characteristics were achieved.

**Keywords:** Nanosized catalysts, cerium oxide, doping additives, nanomaterials, autothermal reforming of ethanol

УДК 542.97

**РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ВОД ОТ  
ОПАСНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ТЕХНОГЕННОГО  
ПРОИСХОЖДЕНИЯ МЕТОДОМ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ  
ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА В ПРИСУТСТВИЕ КОМПОЗИТНЫХ  
(УГЛЕРОДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ/ПОРИСТАЯ МАТРИЦА)  
КАТАЛИЗАТОРОВ-СОРБЕНТОВ**

*Панихина Валерия Валерьевна<sup>1</sup>, студент;  
Таран Оксана Павловна<sup>1,2</sup>, д.х.н., профессор*

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,  
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (923)708-57-16

<sup>2</sup> Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 630090, Россия,  
г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5

*Панихина В.В.*, e-mail [valeriya.papihina@mail.ru](mailto:valeriya.papihina@mail.ru)

*Таран О.П.*, e-mail [taran@corp.nstu.ru](mailto:taran@corp.nstu.ru)

*Адрес для корреспонденции: Панихина Валерия Валерьевна, Новосибирский  
государственный технический университет, 630106, Россия, г. Новосибирск, пр.  
К. Маркса, 20, тел. +7(383) 346-50-31*

**Аннотация**

Целью работы являлось исследование кинетики пероксидного окисления фенола в присутствии композитных (углеродные наноматериалы/пористая матрица) катализаторов-сорбентов. Приготовленные, по разработанным методикам, гранулированные бифункциональные композитные катализаторы в виде черенков-трилистников и блоков были изучены в процессе пероксидного окисления фенола. Показано, что в проточном режиме наблюдается

зависимость между геометрической поверхностью катализаторов и скоростью окисления субстрата, большую активность показали катализаторы в форме черенков-трилистников, обладающие большей, чем у катализаторов в форме блоков геометрической поверхностью. Однако катализатор в форме блоков оказался намного более стабильным к истиранию углерода с внешней поверхности композита. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что на каталитическую активность материалов в процессе пероксидного окисления органических субстратов в проточном реакторе в первую очередь влияет общая геометрическая поверхность материалов, а не высококоразвитая пористая структура материалов.

### **Ключевые слова**

Кинетика, проточный реактор, каталитическое жидкофазное окисление пероксидом водорода, фенол, Cu-ZSM-5, композит, углерод.

## **1. Введение**

Одной из наиболее актуальных экологических проблем в настоящее время является проблема очистки сточных вод предприятий химической и нефтехимической промышленности содержащих трудноокисляемые органические вещества, которые не могут быть обезврежены биологическими методами, применяемыми на муниципальных очистных сооружениях (ввиду их высокой токсичности для микроорганизмов, используемых для биodeградации органических веществ в сточных водах) [1].

Каталитическое жидкофазное окисление пероксидом водорода является одним из наиболее перспективных методов очистки сточных вод, содержащих трудноокисляемые органические соединения. Преимущества этого процесса заключаются в высокой эффективности при достаточно мягких условиях его осуществления, а также в безопасности используемого экологически чистого окислителя.

Хорошо известна высокая каталитическая активность переходных металлов Fe и Cu, локализованных в цеолитных матрицах, в процессе окислительной деструкции органических экотоксикантов [2-3]. Кроме того, ранее был обнаружен промотирующий эффект графитоподобных углеродных материалов в реакциях фентоновского типа, катализируемых ионами переходных металлов [4].

Целью работы было исследование кинетики процесса жидкофазного пероксидного окисления фенола в присутствии композитного сорбента-катализатора на основе углеродсодержащей керамики с нанесенными на поверхность активными ионами (Fe и Cu) в проточном реакторе.

## **2. Методика экспериментального исследования**

На основе ранее проведенных кинетических исследований в присутствии катализаторов разной геометрической формы (сфера, цилиндр, трилистник, сотовый блок) было установлено, что наибольшую активность в окислении

фенола показали катализаторы в форме черенков-трилистников и в форме сотового блока [5].

Поэтому для исследования были выбраны катализаторы этих геометрических форм. Цеолитсодержащие трилистники и блоки были приготовлены методом экструзии пластичной массы, содержащей цеолит H-ZSM-5 и пластифицированное алюмооксидное связующее в соотношении 80:20. Медь вводили в цеолитсодержащий материал ионным обменом с водными растворами ацетата меди, с последующими стадиями отмывки, сушки и прокаливания. Для нанесения углерода на медьсодержащие цеолитные материалы использовали методику пиролиза углеродсодержащих соединений, введенных в пористое пространство цеолитсодержащего материала. В качестве углеродсодержащего соединения были выбраны поливиниловый спирт и лимонная кислота.

Исследуемые катализаторы содержали 1 мас. % меди и 12 мас. % углерода.

Как видно из данных, представленных в таблице 1, большей внешней удельной поверхностью обладает катализатор в форме черенка-трилистника.

Таблица 1

Геометрические характеристики катализаторов

Тип слоя	Внешняя удельная поверхность $S_{уд}$ ( $m^{-1}$ )	Эквивалентный диаметр прохода $d_{экр}$ (м)	Эквивалентный диаметр гранулы $d_{гр}$ (м)
Блок	2041	0,001	0,00176
Трилистник	2412	0,000862	0,00119

Исследование катализаторов проводилось в вертикальном проточном реакторе из стекла с внутренним диаметром 20 мм и высотой 100 мм. Катализатор загружался сверху, вес катализатора в реакторе был равен 20 грамм. Поток реакционной смеси, содержащей 0,007М PhOH и 1М H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, подавали снизу в слой катализатора с помощью перельстатического насоса. До начала эксперимента катализатор был активирован и приведен к стационарному состоянию при циркуляции реакционной смеси в течение 2,5 часов. Для каждого типа катализаторов (блоки, черенки-трилистники), эксперимент проводился при возрастающей скорости потока от 5 до 20 мл/мин. Температуру в реакторе поддерживали на уровне 50 градусов с помощью жидкостного термостата. На выходе из реактора отбирали пробу для измерения концентрации фенола и пероксида водорода.

Определение концентрации H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в растворе проводили спектрофотометрическим методом по реакции с сульфатом титанила [6].

Определение концентрации фенола в реакционных растворах проводили методом ВЭЖХ, используя хроматограф Милихром А-02 (детектирование на длине волны 210 нм). Условия анализа: колонка ProntoSIL-C18, изократический режим элюирования, элюент CH<sub>3</sub>OH (метанол), ACNH<sub>4</sub> (ацетат аммония), температура колонки 35 °С.

### 3. Результаты и обсуждение

Конверсия фенола в ходе его окислительной деструкции в присутствии катализатора Cu/ZSM-5+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+углерод, различной геометрической формы в проточных условиях приведена в табл. 2.

На всех катализаторах проточно-циркуляционном режиме после двух часов реакции удалось добиться полной конверсии фенола. Однако в проточном режиме при скорости потока реакционной смеси равной 15 мл/мин конверсия фенола на композитном катализаторе в форме блоков практически в два раза ниже, чем на гранулированном катализаторе в форме трилистников (см. табл. 2).

Таким образом, установлено, что в проточном режиме наблюдается зависимость между геометрической поверхностью катализаторов и скоростью окисления субстрата, большую активность показали катализаторы в форме черенков-трилистников, обладающие большей, чем у катализаторов в форме блоков, геометрической поверхностью. Эти результаты еще раз подтверждают высказанные нами ранее предположения о том [5], что на каталитическую активность материалов в процессе пероксидного окисления органических субстратов в первую очередь влияет общая геометрическая поверхность материалов, а не высокоразвитая пористая структура материалов.

Таблица 2

Конверсия фенола в ходе его окислительной деструкции в присутствии катализатора Cu/ZSM-5+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+углерод, различной геометрической формы в проточных условиях.

Катализатор	Форма	Циркуляция 2.5 часа	Скорость потока, мл·мин <sup>-1</sup>			
			20	15	10	5
		X <sub>PhOH</sub>				
Cu/ZSM-5+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +ЛКЭГ	Трилистник	100	89	96	99	100
Cu/ZSM-5+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +ПВС	Блоки d = 20 мм	100	-	47.4	55.1	67.7

### 4. Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что композитные системы на основе углеродсодержащей керамики с нанесенными на поверхность активными ионами (Fe и Cu), которые, благодаря уникальным свойствам отдельных компонентов (высокая адсорбционная емкость углеродных наноматериалов и высокая каталитическая активность Fe и Cu-содержащего ZSM-5) могут оказаться весьма эффективными катализаторами-сорбентами для очистки сточных вод от органических экотоксикантов с использованием пероксида водорода в качестве окислителя.

### Список литературы

1. G. Busca, S. Berardinelli, C. Resini, L. Arrighi, Technologies for the removal of phenol from fluid streams: A short review of recent developments, *J. Hazard. Mater.* 160 (2008) 265-288.
2. L.F. Liotta, M. Gruttadauria, G. Di Carlo, G. Perrini, V. Librando, *J. Hazard. Mater.* 162 (2009) 588-606.
3. E.V. Rokhina, J. Virkutyte, *Crit. Rev. Env. Sci. Technol.* 41 (2011) 125-167.
4. Полянская Е.М. Исследование катализаторов на основе наноразмерных углеродных материалов в реакциях глубокого жидкофазного окисления органических субстратов кислородом и пероксидом водорода. Канд. дисс. Новосибирск 2011.
5. O. Taran, A. Zagoruiko, A. Ayusheev, S. Yashnik, R. Prihod'ko, Z. Ismagilov, V. Goncharuk, V. Parmon, Wet peroxide oxidation of phenol over Cu-ZSM-5 catalyst in a flow reactor. Kinetics and diffusion study, *Chemical Engineering Journal* (2015) 108-115.
6. E. Sendel, *Colorimetric determination of metal traces*, Interscience publishers, INC, New York, 1959.

**SOLUTION OF ENVIRONMENTAL PROBLEM OF CLEANING WATER FROM HAZARDOUS ORGANIC SUBSTANCES OF TECHNOGENIC ORIGIN BY OXIDATIVE DEGRADATION OF HYDROGEN PEROXIDE IN THE PRESENCE OF A COMPOSITE (CARBON NANOMATERIALS / POROUS MATRIX) CATALYST - SORBENTS**

**Valeriya V. Papikhina<sup>1</sup>**, student

**Oxana P. Taran<sup>1,2</sup>**, Dr. of Chemical Sciences, professor

<sup>1</sup> Novosibirsk State Technical University, Pr. K. Marks 20, Novosibirsk, Russia, 630073

<sup>2</sup> Borekov Institute of Catalysis SB RAS, Pr. Lavrentieva 5, Novosibirsk, Russia, 630090

**Abstract**

The aim of the work was to study the kinetics of peroxide oxidation of phenol in the presence of composite (carbon nanomaterials / porous matrix) catalyst-sorbents. Prepared by developed procedures, granular composite bifunctional catalysts in the form of cuttings, trefoils and blocks have been studied in the process of peroxide oxidation of phenol. It is shown that the flow regime a relationship is observed between the geometric surface of the catalyst and substrate oxidation velocity, higher activity catalysts are shown in the form of cuttings, trefoils having greater than that of the catalysts in the form of geometrical surface blocks. However, the catalyst in the form of blocks was much more stable to carbon abrasion from the outer surface of the composite. These results suggest that the catalytic activity of the materials in the process of peroxide oxidation of organic substrates in a flow reactor primarily affects the total geometric surface materials, and materials are not highly porous structure.

**Keywords:** Kinetics, Flow reactor, Catalytic wet peroxide oxidation, Cu-ZSM-5, Phenol, Composite, Carbon.



## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ NiPd/CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАНА В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЙ ГАЗ

*Рундау Ирина Андреевна*<sup>1,2</sup>, студент; *Матус Екатерина Владимировна*<sup>1</sup>, к.х.н., н.с; *Кузнецов Вадим Владимирович*<sup>1</sup>, м.н.с.; *Исмагилов Ильяс Зинферович*<sup>1</sup>, к.х.н., н.с; *Керженцев Михаил Анатольевич*<sup>1</sup>, к.х.н., с.н.с, *Исмагилов Зинфер Ришатович*<sup>1,3</sup>, чл.-корр., профессор, директор

<sup>1</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, пр. Академика Лаврентьева, 5, Новосибирск, 630090, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет, пр. К.Маркса, 20, Новосибирск, 630073, Россия

<sup>3</sup>Институт углекислотной и химического материаловедения СО РАН, пр. Советский, 18, Кемерово, 650000, Россия

*Рундау И. А.*, e-mail [irina\\_rundau@mail.ru](mailto:irina_rundau@mail.ru)  
*Матус Е. В.*, e-mail [matus@catalysis.ru](mailto:matus@catalysis.ru)  
*Кузнецов В. В.*, e-mail [vadimk@catalysis.ru](mailto:vadimk@catalysis.ru)  
*Исмагилов И. З.*, e-mail [iismagil@catalysis.ru](mailto:iismagil@catalysis.ru)  
*Керженцев М. А.*, e-mail [ma\\_k@catalysis.ru](mailto:ma_k@catalysis.ru)  
*Исмагилов З.Р.*, e-mail [zinfer1@mail.ru](mailto:zinfer1@mail.ru)

*Адрес для корреспонденции: Рундау Ирина Андреевна*, Новосибирский государственный технический университет, 630092, Россия, г. Новосибирск, ул. Блюхера, 30/1, тел. (913)480-78-40

### Аннотация

С целью разработки эффективного катализатора конверсии метана в водородсодержащий газ проведен синтез серии катализаторов NiPd/CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> методом совместной пропитки по влагоемкости CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> носителя. Исследованы физико-химические свойства и активность катализаторов в реакции автотермического риформинга метана в зависимости от содержания палладия (0-1 мас.%). Установлено, что варьирование содержания палладия позволяет регулировать окислительно-восстановительные свойства ионов никеля, но практически не оказывает влияние на дисперсность NiO частиц и фазовый состав катализатора. Показано, что разработанные катализаторы проявляют высокую активность в реакции автотермического риформинга метана: выход H<sub>2</sub> составляет 50-70% при конверсии CH<sub>4</sub> ~ 100 % и температуре реакции 850°C. Определено оптимальное содержание Pd в составе катализатора NiPd/CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0.5 мас.%.

## **Ключевые слова**

Природный газ; метан; синтез-газ; автотермический риформинг; синтез катализаторов; NiPd/CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатор.

## **1. Введение**

Газовая промышленность относится к молодым и наиболее развивающимся отраслям. В настоящее время открыто до 700 и эксплуатируется около 200 газовых и газоконденсатных месторождений. По разведанным запасам природного газа наша страна вышла на первое место в мире, и составляют они более 22 трлн. м<sup>3</sup> [1]. Природный газ представлен в основном метаном – CH<sub>4</sub> (до 90 – 95 %). Это самый простой по химической формуле газ, горючий, бесцветный, легче воздуха. Он является обязательным спутником нефти, а также встречается в угольных шахтах.

Природный газ направляется как в различные отрасли промышленности, так и на бытовые нужды. С каждым годом доля природного газа в топливном энергетическом балансе страны увеличивается. Кроме того, с каждым годом растёт и его доля в экспорте. Современная химическая промышленная переработка природного газа направлена на получения синтез-газа. Перспективным является процесс автотермического риформинга метана (АТР CH<sub>4</sub>), позволяющий получить ключевой продукт переработки метана – синтез газ, основу для производства многих продуктов нефтехимии [2].

АТР CH<sub>4</sub> объединяет тепловые эффекты парового риформинга и парциального окисления углеводородного топлива подачей в реактор топлива, воздуха и воды одновременно. Поэтому этот процесс осуществляется в присутствии катализаторов, активность которых контролирует вклад реакции парциального окисления и парового риформинга. В процессах риформинга метана широко используется Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатор. Актуальной задачей является усовершенствование формулы катализатора для увеличения его устойчивости к дезактивации в ходе эксплуатации [3-5].

Целью настоящей работы являлась оптимизация содержания палладия в составе катализатора NiPd/CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> для рациональной переработки метана в водородсодержащий газ.

## **2. Методика экспериментального исследования**

Носитель CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> получали методом пропитки по влагоемкости (γ+δ)-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (фракция 0.25–0.50 мм) водным раствором смеси солей металлов (нитрата церия Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O, оксихлорида циркония ZrOCl<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O) с заданной концентрацией. Полученные образцы сушили под ИК-лампой, затем прокаливали в муфельной печи при 850°С в течение 6 ч. Содержание CeZrO<sub>2</sub> в CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> носителе составляло 10 мас. %.

Катализаторы NiPd/CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> получали методом совместной пропитки по влагоемкости CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> носителя. Для этого носитель пропитывали водным раствором смеси солей металлов, (нитрата никеля Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O и нитрата палладия Pd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> с заданной концентрацией), образцы сушили под ИК-лампой, затем прокаливали в муфельной печи при

500°C в течение 4 ч. Во всех полученных образцах расчетное содержание Ni составляло 10 мас. %, а содержание Pd варьировали в диапазоне 0.05-1.0 мас. %.

Комплексом методов (термический анализ, низкотемпературная адсорбция азота, рентгенофазовый анализ, просвечивающая электронная микроскопия, температурно-программируемое восстановление водородом) исследованы физико-химические свойства катализаторов.

Исследование активности катализаторов в реакции АТР  $\text{CH}_4$  проводили в проточном кварцевом реакторе (внутренний диаметр 14 мм) при атмосферном давлении, температуре 650-950°C и скорости газового потока 200 мл<sub>N</sub>/мин. Мольное соотношение реагентов  $\text{CH}_4 : \text{H}_2\text{O} : \text{O}_2 : \text{He}$  в исходной реакционной смеси составляло 1 : 1 : 0.75 : 2.5. Анализ реакционной смеси проводили с помощью масс-спектрометрического анализатора QMS 300 (Stanford Research Systems, USA).

### 3. Результаты и обсуждение

С целью оптимизация состава катализатора автотермического риформинга метана проведен синтез образцов NiPd/CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при варьировании содержания Pd (0-1 мас.%). Рентгеноспектральным флуоресцентным методом установлено, что химический состав полученных катализаторов соответствует расчетным значениям.

По данным низкотемпературной адсорбции азота, удельная поверхность образцов составляет ~ 80 м<sup>2</sup>/г. Согласно результатам исследования катализаторов методами рентгенофазового анализа и электронной микроскопии, в составе образцов наблюдаются следующие основные фазы: оксид алюминия ( $\gamma+\delta$ )-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, твердый раствор CeZrO<sub>2</sub> (2-10 нм), NiO (3-20 нм). Кроме того, в образцах с высоким содержанием Pd (1 мас.%), присутствует фаза высокодисперсного оксида палладия. Оценка среднего размера частиц оксида никеля (размер области когерентного рассеяния, ОКР) по уравнению Шеррера показала, что для исследуемых катализаторов размер ОКР NiO составляет  $14.0 \pm 0.5$  нм, и содержание Pd не оказывает существенного влияния на средний размер частиц NiO. С помощью методов термического анализа и термопрограммируемого восстановления водородом определено, что введение палладия приводит к увеличению доли легковосстанавливаемых ионов Ni<sup>2+</sup>. Ожидается, что это обеспечит стабильность к окислению активного компонента (Ni<sup>0</sup>) в ходе АТР  $\text{CH}_4$ .

Исследована активность полученных катализаторов в реакции автотермического риформинга метана. На рис. 1 представлена типичная зависимость показателей реакции АТР  $\text{CH}_4$  (конверсия метана, выход водорода) от температуры реакции в присутствии катализатора Ni/CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Видно, что в широком диапазоне значений температуры (700 – 950°C) конверсия метана составляет ~ 100%, выход водорода ~ 50%. При введении Pd в состав катализатора вид температурной зависимости показателей реакции сохраняется. Конверсия метана составляет также 90-100%, а выход водорода увеличивается с увеличением содержания Pd до 0.5 мас.%, а затем выходит на

плато (рис. 2). В частности, в присутствии катализатора  $\text{Ni}_{0.5}\text{Pd}/\text{CeZrO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  выход водорода составляет  $\sim 70\%$  при температуре реакции  $850^\circ\text{C}$ .

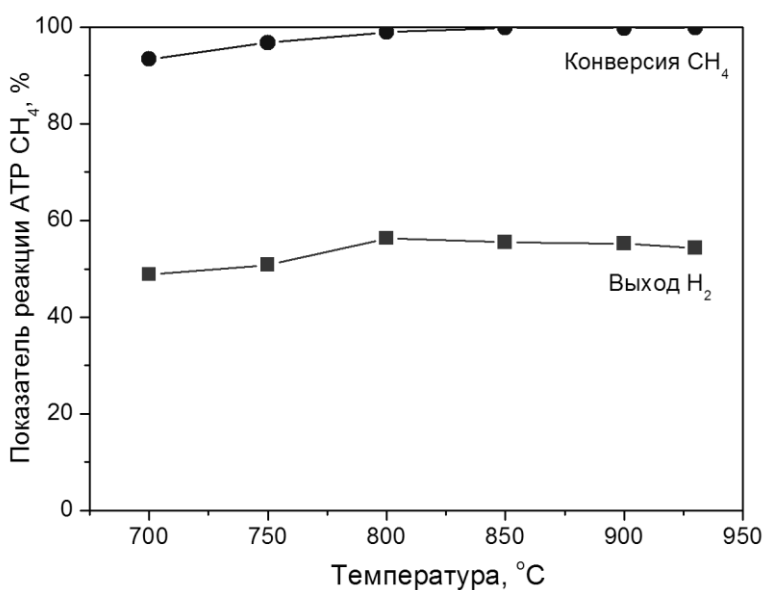


Рис. 1. Температурная зависимость показателей реакции АТР  $\text{CH}_4$  в присутствии катализатора  $\text{Ni}/\text{CeZrO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$

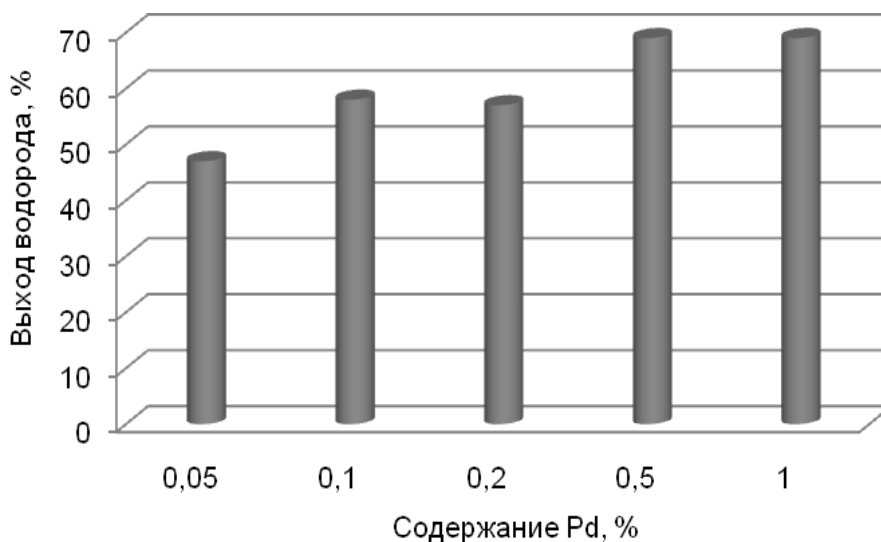


Рис. 2. Зависимость выхода водорода в АТР  $\text{CH}_4$  от содержания Pd в катализаторе  $\text{NiPd}/\text{CeZrO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ .

#### 4. Выводы

Синтезирована и систематически исследована комплексом физико-химических методов представительная серия катализаторов  $\text{NiPd}/\text{CeZrO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , полученных методом совместной пропитки по влагоемкости носителя  $\text{CeZrO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ . Установлено, что при увеличении содержания Pd в составе

катализатора от 0 до 0.5 мас.% выход водорода в АТР  $\text{CH}_4$  увеличивается от 50 до 70 мас.%, что, вероятно, обусловлено увеличением доли легковосстанавливаемых катионов  $\text{Ni}^{2+}$ . Определен оптимальный состав катализатора. Катализатор 10мас.%Ni0.5мас.%Pd/10мас.%CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, полученный методом совместной пропитки, обеспечивает выход водорода ~70% при 850°C, что указывает на перспективность его использования для рациональной переработки метана в водородсодержащий газ.

Работа выполнена в рамках проекта ББФ (Проект № V45.1.10). Авторы выражают благодарность к.х.н. Ушакову В.А., к.х.н. Яшник С.А., к.х.н. Герасимову Е.Ю., Литвак Г.С. и Ефименко Т.А. за помощь в исследовании образцов физико-химическими методами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чуракаев А. М. Переработка нефтяных газов. Учебник. - М., Недра, 1983г.
2. Арутюнов В. С., Крылов О. В. Окислительные превращения метана. М.: Наука, 1998.-361с.
3. Ismagilov I. Z., Matus E. V., Kuznetsov V. V., Kerzhentsev M. A., Yashnik S. A., Prosvirin I. P., Mota N., Navarro R. M., Fierro J. L. G., Ismagilov Z. R., IJHE 2014, 39, 20969.
4. Nakagawa D., Li Y., Tomishige K. Methane reforming to synthesis gas over Ni catalysts modified with noble metals // Applied Catalysis A.- 2011.-V.1-2.-P. 1-24.
5. Усачев Н. Я., Харламов В. В., Беланова Е. П., Старостина Т. С., Круковский И. М. Окислительная переработка низших алканов: состояние и перспективы. Рос. хим. ж., 2008, т. LII, № 4.

## Synthesis and study of NiPd/CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts for rational conversion of methane into hydrogen-containing gas

*Rundau Irina Andreevna<sup>1,2</sup>, student; Matus Ekaterina Vladimirovna<sup>1</sup>, ph.d. chemical, scientific associate; Kuznetsov Vadim Vladimirovich<sup>1</sup>, junior researcher; Ismagilov Ilyas Zinferovich<sup>1</sup>, ph.d. chemical, scientific associate; Kerzhentsev Michael Anatolevich<sup>1</sup>, ph.d. chemical, senior researcher, Ismagilov Zinfer Rishatovich<sup>1,3</sup>, corresponding member, Russian Academy of Sciences, Professor, director*

<sup>1</sup>Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, Pr. Akademika Lavrentieva 5, 630090  
Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Novosibirsk State Technical University, Pr. K. Marks, 20, Novosibirsk, 630073,  
Russia

<sup>3</sup>Institute of Coal Chemistry and Material Science SB RAS, Pr. Sovetskiy 18, 650000  
Kemerovo, Russia

### Abstract

Autothermal reforming (ATR) is one of the leading methods for hydrogen production from hydrocarbons. An urgent task is an improvement of the ATR catalyst formula to increase its resistance to the deactivation during operation. The purpose of work is optimization of the NiPd/CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst composition for the efficient conversion of methane into hydrogen gas.

The NiPd/CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts were prepared by incipient wetness impregnation at variation of the Pd content and their physical-chemical properties were studied by complex of techniques (thermal analysis, the low-temperature nitrogen adsorption, X-ray diffraction, transmission electron microscopy, temperature-programmed reduction with hydrogen).

It is found that varying the content of palladium allows adjustment of the redox properties of nickel ions, but has no effect on the dispersion of NiO particles and phase composition of catalyst. The alumina ( $\gamma + \delta$ )-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CeZrO<sub>2</sub> solid solution (2-10 nm) and NiO (3-20 nm) are main phases which were found in the composition of prepared catalysts. It is shown that the average particle size of NiO is  $14.0 \pm 0.5$  nm. It is established that at increase of palladium content in the catalyst composition the decrease of hard reduced ions Ni<sup>2+</sup> content is observed.

The NiPd/CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts were tested in the autothermal reforming of methane (ATR CH<sub>4</sub>). It is found that developed catalysts show high activity in ATP CH<sub>4</sub>: H<sub>2</sub> yield is 50-70% at CH<sub>4</sub> conversion 100% and reaction temperature 850°C. The optimum composition of the catalyst was selected. 10wt.%Ni0.5wt.%Pd/10wt.%CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst prepared by co-impregnation, provides 70% hydrogen yield at 850°C, indicating prospects of its use for the efficient conversion of methane into hydrogen-containing gas.

**Keywords:** Natural gas, methane, the synthesis gas, autothermal reforming, synthesis catalysts, NiPd/CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts.

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДАХ  
КАЗАХСТАНА**

*Садвакасов Канатбек Сансызбаевич*<sup>1</sup>, аспирант;  
*Ларичкин Владимир Викторович*<sup>1</sup>, д.т.н., профессор  
*Арынгазин Капар Шакимович*<sup>2</sup>, к.т.н.

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,  
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(383)346-50-31

<sup>2</sup> Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, 140008,  
Республика Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64 Тел.: 8(7182) 67-36-85

*Садвакасов К.С.*, e-mail: [kanat620@mail.ru](mailto:kanat620@mail.ru)

*Ларичкин В.В.*, e-mail: [larichkin@corp.nstu.ru](mailto:larichkin@corp.nstu.ru)

*Арынгазин К.Ш.*, e-mail: [kapar47@mail.ru](mailto:kapar47@mail.ru)

*Адрес для корреспонденции: Ларичкин Владимир Викторович*, Новосибирский  
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.  
Карла Маркса, 20, тел. +7(383)346-50-31

#### **Аннотация**

Проанализированы важнейшие направления повышения надёжности, промышленной и экологической безопасности эксплуатации магистральных нефтепроводов Казахстана. Разработаны рекомендации по снижению влияния на окружающую среду нефтепроводов и их объектов.

#### **Ключевые слова**

Казахстан, магистральные нефтепроводы, промышленная и экологическая безопасность, мониторинг, защита окружающей среды.

#### **1. Введение**

Одна из основных отраслей экономики Казахстана - нефтяная отрасль. Нефтяные компании на территории Казахстана многочисленны - от крупных транснациональных корпораций до мелких частных компаний.

АО «КазТрансОйл» является крупнейшей нефтепроводной компанией Республики Казахстан, оказывающей услуги по транспортировке нефти на внутренний рынок и на экспорт.

На балансе АО «КазТрансОйл» сегодня находятся и эксплуатируются 7465 километров магистральных трубопроводов. В их числе – 5309 километров нефтепроводов и 2154 километра водоводов, резервуарный парк объемом 1 миллион 353 тысячи кубометров, 34 нефтеперекачивающих станций (НПС) и другие важные производственные объекты. При этом объекты распределены практически по всей территории Казахстана, зачастую на расстояниях в сотнях

километров друг от друга.

Для АО «КазТрансОйл» вопросы технического обслуживания и развития собственной системы магистральных трубопроводов являются определяющими. В настоящее время одной из приоритетных задач компании является - повышение надежности и обеспечение безаварийной работы трубопроводов. В построенную в конце 70-х годов прошлого века магистральную систему РК был заложен достаточный запас прочности. Но, как показывает мировая практика, по истечении 10...15 лет эксплуатации магистральных нефтепроводов, вследствие их физического износа и естественного старения, возможен рост отказов и аварий. Кроме этого, вследствие тенденции общего увеличения объемов добычи нефти в РК, компания «КазТрансОйл» осуществляет ежегодное увеличение объемов её транспортировки.

Объекты трубопроводного транспорта, как носители опасных и вредных производственных факторов, относятся к категории повышенной опасности. Поэтому обеспечение промышленной и экологической безопасности трубопроводного транспорта углеводородов и продуктов их переработки является одной из приоритетных задач для предприятий, эксплуатирующих магистральные трубопроводы.

## **2. Обеспечение стабильности функционирования системы магистральных нефтепроводов**

Чтобы обеспечить стабильность функционирования системы магистральных нефтепроводов, необходимо внедрение новых эффективных автоматизированных систем контроля и управления, прогрессивных методов диагностики, проведение планово-предупредительных и ремонтных работ.

а) Современное предприятие невозможно представить без систем автоматического контроля и управления. Развитие этого направления особенно актуально в условиях неравномерной перекачки, при значительном износе и физическом старении некоторых участков нефтепроводов. Следует отметить, что АО «КазТрансОйл» стал первой казахстанской компанией, кто внедрил на своих объектах автоматизированную систему управления SCADA (система диспетчерского контроля и управления), промышленной безопасности, линейной телемеханики нефтепроводов и другие.

Из-за больших расстояний между объектами ее пришлось внедрять в два этапа. В рамках первого, в 2001...2006 годах, система охватила 33 объекта, в числе которых – 23 НПС и станции подогрева нефти, 10 региональных, центральных диспетчерских пунктов и главное диспетчерское управление, расположенное в Астане. В рамках второго этапа, в 2007...2011 годах, SCADA была внедрена на девяти НПС и двух региональных диспетчерских пунктах. Благодаря проведенным работам удалось не только значительно увеличить надежность и безаварийность эксплуатации нефтепроводов, но и в несколько раз повысить эффективность производственно-экономической деятельности.

б) Процесс транспортировки нефти требует мониторинга за состоянием



нефтепроводов и производственными объектами, оперативного управления технологическим оборудованием. Так, например, в АО «КазТрансОйл» на постоянной основе проводятся высокотехнологичные работы по внутритрубной диагностике, результаты которых обрабатываются автоматизированной системой контроля и управлением технического состояния (АСКиУТСиР) и программным комплексом по расчету оптимальных технологических режимов транспортировки нефти по магистральным нефтепроводам OilSmartControl. Эти программные комплексы помогли производственным подразделениям значительно снизить количество отказов в работе технологического оборудования нефтепроводов.

в) Особенно актуальным для обеспечения стабильности функционирования системы магистральных нефтепроводов является вопрос, оснащения новейшими системами защиты от несанкционированных подключений (врезок) к трубопроводам с целью хищения продуктов перекачки, приобретающими все более широкие масштабы. Врезки нарушают герметичность трубопроводов, сокращают срок их эксплуатации, наносят значительный экономический ущерб, приводят к утечкам нефти и нефтепродуктов, создают предпосылки для возникновения чрезвычайных экологических ситуаций. В декабре 2009 года в рамках пилотного проекта на одном из самых криминогенных по числу врезок нефтепроводе Жанажол – Кенкияк (Актюбинская область) внедрили систему охраны QinetiQ Optasense. Система основана на методе акустического мониторинга несанкционированных вторжений в охранную зону нефтепровода с использованием волоконно-оптического кабеля связи и позволяет проводить круглосуточный мониторинг в режиме реального времени. QinetiQ Optasense позволяет предупредить несанкционированные врезки в нефтепровод и тем самым, повысить экологическую и промышленную безопасность производства.

### **3. Природоохранная деятельность**

Одним из главных показателей успешной деятельности современной крупной компании по транспортировке нефти является ее природоохранная деятельность, которая подразумевает, прежде всего, ведение мониторинга состояния окружающей среды [1].

Широкомасштабный мониторинг позволяет выявить все негативные факторы воздействия нефтепроводной системы на окружающую среду и разработать экологические мероприятия для предупреждения аварий, обеспечить целостность, надежность и модернизацию магистральных нефтепроводов. В числе обязательных действий, направленных на охрану природы должны быть:

- внедрение новых технологий, применение которых влечет снижение образования загрязняющих веществ в окружающей среде;
- восстановление почвенно-растительного покрова, загрязненного в результате аварий;
- утилизация отходов, образовавшихся в результате транспорта нефти;

- своевременная ликвидация последствий аварий;
- создание экологических лабораторий.

В природоохранной деятельности, следует также учитывать общую мировую тенденцию развития «зеленой» энергетики. В этом направлении отразно отметить, что в рамках пилотного проекта по использованию альтернативных видов энергии на одном из отдаленных узлов связи в Карагандинской области с нестабильным электроснабжением была построена ветро-солнечная энергетическая установка. Надежность эксплуатации данной установки и обеспечение альтернативными источниками электроснабжения узлов связи позволят максимально уменьшить продолжительные вынужденные простои оборудования связи ПТС, линейной телемеханики и систем Scada по ВОЛС.

С целью снижения воздействия производственных процессов на окружающую среду согласно Комплексной экологической программе АО «КазТрансОйл» на 2015-2019 предполагается проведение следующих мероприятий:

- модернизация газуровнительных систем в резервуарных парках;
- внедрение понтонов на резервуарах хранения нефти;
- регулирование с проведением режимно-наладочных работ эксплуатации печей подогрева нефти, паровых и водогрейных котлов и другие технологические усовершенствования [7].

#### **4. Аварии и их предупреждение**

В соответствии с Законом Республики Казахстан «О гражданской защите» от 11 апреля 2014 года №188-V, предупреждение аварий на магистральных трубопроводах и их негативного влияния на состояние окружающей среды, является основной задачей для разработки и принятия мер по минимизации риска возникновения аварийных ситуаций, готовности и реагирования на случай их возникновения [2].

Аварийные ситуации на объектах транспортировки нефти возможны в случае разгерметизации резервуаров вследствие механических и коррозионных повреждений, дефектов конструкции и монтажа и поступления смеси нефти в обвалованную территорию резервуарного парка, а также при прорыве технологических трубопроводов. В этом случае в зависимости от масштаба аварии возможно значительное загрязнение атмосферного воздуха, почвы, грунтовых вод [3].

Высота обвалования рассчитана на удержание разлившейся нефти в пределах обвалования, объем которого равен емкости одного резервуара, с последующей откачкой нефти.

Факторами аварийности, связанными с операционной деятельностью компаний по транспортировке нефти относятся:

- риск врезки и несанкционированного отбора нефти;
- технологические риски, такие как, отказы основного производственного оборудования, вследствие внешних событий, включая природные и

техногенные;

- экологические риски, такие как, риск нанесения ущерба окружающей среде в результате аварий.

С целью предотвращения аварийных ситуаций на магистральных трубопроводах и их своевременного обнаружения, а также принятия решений по ликвидации аварий предусматриваются следующие меры:

- регулярная диагностика оборудования;
- техническое обслуживание;
- ремонтно-профилактические работы;
- воздушное и наземное патрулирование трубопровода;
- постоянная готовность аварийно-восстановительной бригады;
- оснащение ремонтной бригады современным оборудованием и техникой;
- разработка план-схемы ликвидации аварии;
- обучение персонала, проведение тренировочных занятий;
- административные (назначения ответственных лиц, приказы, поощрения и пр.) и др. [4].

## **5. Система мер по защите окружающей среды**

Важной составляющей системы превентивных мер является систематический экологический производственный мониторинг, включающий систему наблюдения за состоянием атмосферного воздуха, почв, поверхностных и грунтовых вод на территории производственных объектов.

Кроме этого необходимо осуществлять поэтапную работу по утилизации исторически сложившихся загрязнений нефтью грунта и рекультивацию нарушенных земель. Данные мероприятия позволяют возвращать в пользование нарушенные ранее территории, в том числе для сельского хозяйства.

Одним из наиболее опасных загрязнителей практически всех компонентов окружающей среды является нефтешлам. На объектах магистральных трубопроводов он образуется в виде донного осадка в результате отстаивания нефти в резервуарах, а также при очистке внутренней полости нефтепроводов. При этом, собранные в открытых шламонакопителях нефтесодержащие отходы, представляют серьезную экологическую опасность, прежде всего, из-за испарения в атмосферу летучих нефтяных фракций, которые могут мигрировать на большие расстояния.

Попадание в почву нефти и нефтепродуктов может приводить к значительным физико-химическим изменениям почвы. Это выражается в изменении ее микроэлементного состава, водно-воздушного и окислительно-восстановительного потенциала, что, в свою очередь, приводит к изменению качества почв, исчезновению и оскудению разнообразия растительного покрова. Плодородный слой земли, залитый нефтью или нефтепродуктами, не восстанавливается в течение длительного времени.

Если количество просочившихся в почву нефтепродуктов превышает сорбционную способность грунтов, то они попадают в подпочвенные воды,

водоносные горизонты, перемещаясь в направлении уклона поверхности грунтового потока и далее в поверхностные водоемы [5, 6].

Мерами, способствующими снижению негативного воздействия на окружающую среду магистральных нефтепроводов и их объектов, может быть сокращение сроков ремонтных работ и своевременный вывоз отходов по договору на захоронение или утилизацию.

Важным природоохранным мероприятием является грамотное обустройство мест постоянного хранения, которое, как правило, происходит на производственных территориях, уже ранее подвергнутых какому-то технологическому воздействию.

В то же время, расчеты показывают, что механическое воздействие на среду обитания при обустройстве временных мест хранения (установка контейнеров и емкостей) является малым и прекратится по окончании ремонтных работ. Однако в процессе осуществления ремонтных работ при аварийных разливах и утечках через не плотности соединений, возможно существенное химическое загрязнение почвенно-растительного покрова, требующее проведения работ по рекультивации.

Воздействие жидких углеводородных отходов на состояние подземных вод, при соблюдении правил сбора, хранения и транспортировки, можно оценить как пренебрежительно малое, локальное с продолжительностью воздействия от кратковременного до периодического [7].

## **6. Выводы**

В целом вышеперечисленные меры позволят:

- уменьшить негативное воздействие нефтепроводов и их объектов на окружающую среду, ликвидировать очаги антропогенных нарушений и обеспечить рациональное использование природных ресурсов;
- обеспечить экологическую безопасность объектов, сохранение и восстановление качества компонентов окружающей среды;
- обеспечить повышение эффективности использования энергетических ресурсов, внедрение инновационных природоохранных технологий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологический кодекс Республики Казахстан №212-III ЗРК от 9 января 2007 г.
2. Закон Республики Казахстан «О гражданской защите» от 11 апреля 2014 года №188-V.
3. Водный кодекс Республики Казахстан от 9 июля 2003 года №481- II.
4. Приказ Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 13 декабря 2007 года №348-п «Правила инвентаризации выбросов парниковых газов и озоноразрушающих веществ».
5. Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 марта 2012 года № 403 «Правила разработки программы управления отходами».
6. Приказ Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 31 мая 2007 года №123 «Об утверждении классификаторов отходов».
7. Комплексная экологическая программа АО «КазТрансОйл» на 2015 – 2019 годы.

## PROVIDING INDUSTRIAL AND ECOLOGICAL SAFETY OF THE MAIN OIL PIPELINES OF KAZAKHSTAN

*Sadvakasov Kanatbek. S.<sup>1</sup>, graduate student*

e-mail: [kanat620@mail.ru](mailto:kanat620@mail.ru)

*Larichkin Vladimir V.<sup>1</sup>, D.Sc. (Engineering), Professor,*

e-mail: [larichkin@corp.nstu.ru](mailto:larichkin@corp.nstu.ru)

<sup>1</sup>Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx prospect, Novosibirsk, 630073, Russia

*Aryngazin Kapar Sh.<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences*

e-mail: [kapar47@mail.ru](mailto:kapar47@mail.ru)

<sup>2</sup>S. Toraighyrov Pavlodar State University (PSU), Contact information: Kazakhstan, 140008, Pavlodar, 64 Lomov St.

### Abstract

We analyzed the most important ways to improve the reliability, industrial and ecological safety operation of main oil pipelines of Kazakhstan. Develop recommendations on reduction influence on an environment oil pipelines and of objects.

### Keywords:

Kazakhstan, main oil pipelines, industrial and ecological safety, monitoring, environmental protection.

## ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ НОРМАТИВОВ ПЛАТЕЖЕЙ ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

*Солдышев Руслан Владимирович, магистрант*

*Александров Виктор Юрьевич, к.х.н., доцент*

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

*Солдышев Р. В.*, e-mail: [darete.red@gmail.com](mailto:darete.red@gmail.com)

*Александров В. Ю.*, e-mail: [viktoral48@yandex.ru](mailto:viktoral48@yandex.ru)

*Адрес для корреспонденции: Александров Виктор Юрьевич* Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-50-31

### **Аннотация**

В работе представлена графическая версия зависимости нормативов платежей за эмиссию загрязняющих веществ в атмосферный воздух от предельно допустимой концентрации этих загрязнителей. Такое представление позволяет наглядно связать экологические платежи с опасностью загрязнителя атмосферы.

### **Ключевые слова**

Атмосферный воздух, загрязнения, предельно допустимая концентрация, нормативы платежей, би-логарифмическая система координат, график зависимости, экологическая опасность.

### **1. Введение**

Правовые принципы платежей за загрязнение объектов окружающей среды, в том числе атмосферного воздуха, установлены экологическим законодательством России на начальном периоде его зарождения [1] (ст. 20 (3)) и развивались в его последующем правовом реформировании [2] (ст. 16 (1)). Плата за загрязнение атмосферного воздуха представляет собой форму устранения экономического ущерба от выбросов загрязняющих веществ в Российской Федерации, которая возмещает затраты на компенсацию воздействия выбросов и стимулирование их снижения или поддержания в пределах допустимых нормативов. На основании "Инструктивно-методического указания по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды" [3] определена концепция установления базовых нормативов платы за выбросы в атмосферный воздух конкретных загрязняющих веществ  $P_i$  (руб./т), которые представлялись в виде произведения удельного экономического ущерба от выбросов загрязняющего вещества, в пределах допустимых нормативов, на показатели относительной опасности конкретного

загрязняющего вещества для окружающей природной среды ( $A_i$ ). При этом:

- удельный экономический ущерб от выбросов загрязняющих веществ принимался 3.3 руб./условную тонну (в ценах 1990 года);

-  $A_i$  принималась, как величина, обратно пропорциональная предельно допустимой концентрации (среднесуточной)  $i$ -го загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных мест ( $ПДК_{cc,i}$  мг/м<sup>3</sup>), установленных государственными нормами [4]

Таким образом:  $\Pi_i(\text{руб./т}) = 3.3 \text{ руб./усл. т.} * (ПДК_{cc,i} \text{ мг/м}^3)^{-1}$

Хотя, величины ПДК установлены на более чем 600 загрязняющих веществ [4], величины  $\Pi_i$  установлены только для 255 индивидуальных веществ и их смесей [5].

Авторы отмечают неудачную табличную форму представления  $\Pi_i$ , по следующим причинам:

- загрязняющие вещества перечислены в алфавитном порядке без разделения на неорганические/органические вещества, агрегатного состояния, номенклатурные названия чередуются с товарными;

- отсутствует разделение по классам опасности загрязняющих веществ для атмосферного воздуха, что отражает диапазоны величин ПДК;

- отсутствует возможность оперативной оценки нормативов платежей для загрязняющих веществ, для которых установлены ПДК, но не включенных в Приложение №1 [5].

Это затрудняет работу с массивами информации Плата - ПДК, что в свою очередь осложняет усвоение материала при изучении студентами важнейшего экологического раздела - платность загрязнения объектов окружающей среды.

Цель работы - предложить наглядное представление функциональной связи нормативов платежей с экологической опасностью загрязнителя атмосферного воздуха.

Задача состояла в том, чтобы встроить в предлагаемую систему загрязняющие вещества с не установленными нормативами платежей, т.е. не представленные в Приложение №1 [5].

## **2. Методика графического представления нормативов платежей**

Для представления зависимости Платы от ПДК в работе была выбрана би-логарифмическая система координат  $\text{Log(Плата)} - \text{Log(ПДК)}$ , которая позволяет в реальном графическом масштабе получить график зависимости названных параметров для загрязняющих веществ, включенных в Приложение №1 [5]. Каждый из параметров изменяется на более чем восемь порядков:

ПДК (мг/м<sup>3</sup>) от 60 (гексан) до  $10^{-6}$  (бенз(а)пирен);

Плата (руб/т) от 0,05 (гексан) до  $2,0 * 10^6$  (бенз(а)пирен).

Графическое представление, в координатах  $\text{Log(Плата)} - \text{Log(ПДК)}$ , представленное на рисунке, показывает прямую линию с высоким коэффициентом корреляции (**-0,999**).

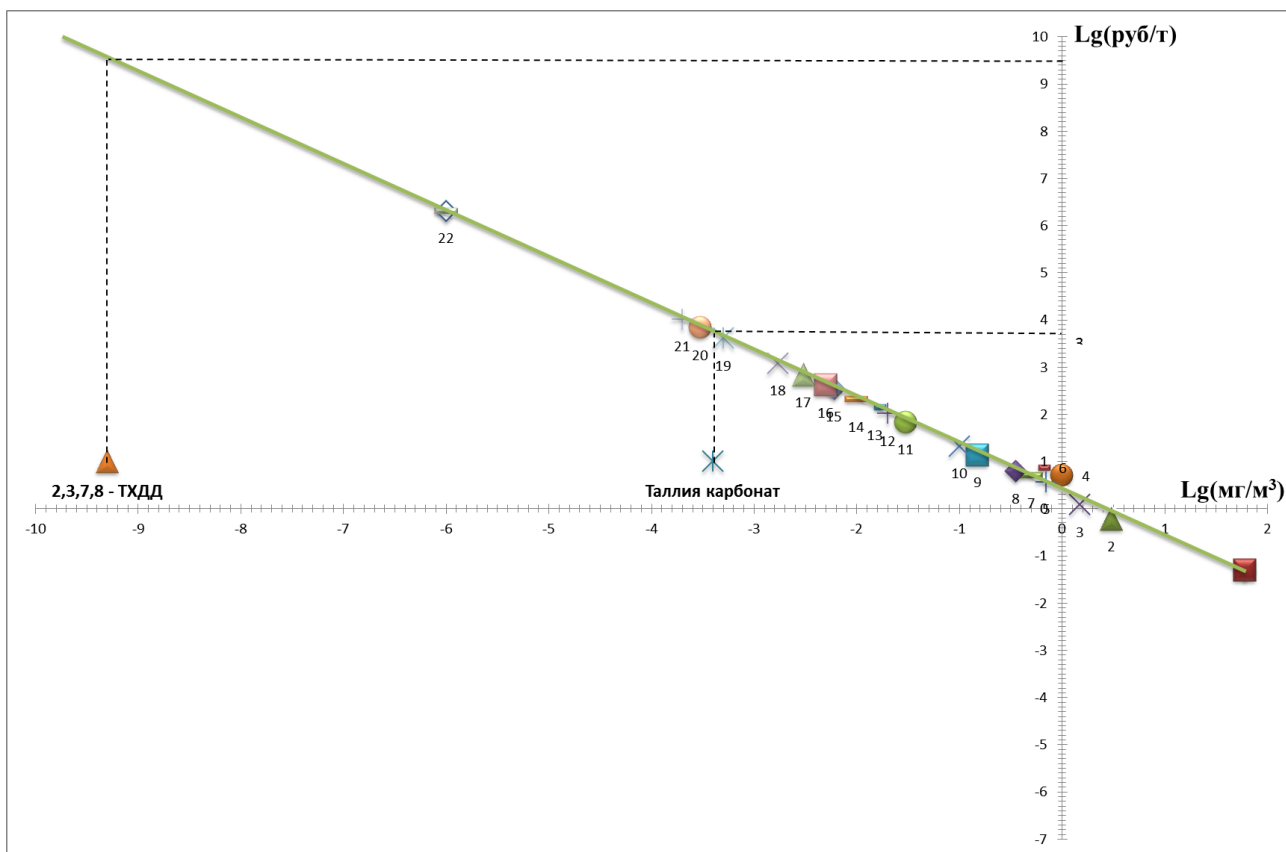


Рисунок – График зависимости Плата-ПДК (в логарифмических единицах) Для веществ: таллия карбонат и 2,3,7,8 – ТХДД, значения Платы не установлены. Способ нахождения этих значений на графике показан пунктирной линией

Полученная графическая зависимость позволяет получить нормативы платы загрязняющих веществ, не включенных в Приложение №1 [5]. В качестве примеров выбраны: таллия карбонат, имеющий ПДК = 0,0004 мг/м<sup>3</sup> [6] и 2,3,7,8 – тетрахлор-дibenзо-диоксин (ТХДД), имеющий ПДК = 5\*10<sup>-10</sup> мг/м<sup>3</sup> [7]. В таблице 1 приведены величины нормативов платежей загрязняющих веществ и их ПДК в обычном и логарифмическом представлении, при этом выбранные загрязняющие вещества выделены жирным шрифтом. Их нормативы платежей составляют соответственно:

- Таллия карбонат - 5 012 руб/т
- 2,3,7,8-ТХДД - 3 162 277 660 руб/т

### 3. Выводы

В работе предложена графическая интерпретация зависимости размера платежа за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ от ПДК этих веществ. Особенность предложенного метода состоит в том, что теперь можно получить нормативы платы загрязняющих веществ с установленными ПДК в атмосферном воздухе, но не включенными в государственные акты по нормативам платежей. Это создаёт дополнительные удобства для расчёта экологических платежей.



Таблица 1

Величины нормативов платежей загрязняющих веществ и их ПДК в обычном и логарифмическом представлении

№	Наименование загрязняющего вещества	Ставка платы, руб./т	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Lg(руб./т)	Lg(мг/м <sup>3</sup> )
1	Гексан	0,05	60,0	-1,301	1,778
2	Углерод оксид	0,60	3,0	-0,222	0,477
3	Бензин	1,2	1,5	0,079	0,176
4	Дихлорэтан	5	1,0	0,699	0
5	Углерод четыреххлористый	3,7	0,7	0,568	-0,155
6	Диэтиловый эфир	7,4	0,6	0,869	-0,222
7	Метанол	5	0,5	0,699	-0,301
8	Ацетон	6,2	0,35	0,792	-0,456
9	Кислота азотная	13,7	0,15	1,137	-0,824
10	Бензол	21	0,1	1,322	-1,000
11	Ангидрид уксусный	68	0,03	1,833	-1,523
12	Этилбензол	103	0,02	2,013	-1,699
13	Изобутилбензоат	137	0,015	2,137	-1,824
14	Кислота валериановая	205	0,01	2,312	-2,000
15	бета-Нафтол	342	0,006	2,534	-2,222
16	Кислота капроновая	410	0,005	2,613	-2,301
17	Фенол	683	0,003	2,834	-2,523
18	Свинец сернистый	1 206	0,002	3,081	-2,770
19	Теллура диоксид	4 100	0,001	3,613	-3,301
20	Диэтилртуть	6 833	0,0003	3,835	-3,523
21	Никель, растворимые соли	10 249	0,0002	4,011	-3,699
22	Бенз(а)пирен (3,4-бензпирен)	2 049 801	0,000001	6,312	-6,000
<b>23</b>	<b>Таллия карбонат</b>	<b>5 012</b>	<b>0,0004</b>	<b>3,700</b>	<b>-3,398</b>
<b>24</b>	<b>2,3,7,8 - ТХДД</b>	<b>3 162 277 660</b>	<b>5*10<sup>-10</sup></b>	<b>9,500</b>	<b>-9,301</b>
25	Коэффициент корреляции	-0,999			

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон РСФСР «об охране окружающей природной среды» (№2060-1 от 19.12.91).
2. О внесении изменений в федеральный закон "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты российской федерации (№219-ФЗ от 02.07.14.)
3. "Инструктивно-методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды" (утв. Минприроды РФ от 26.01.1993) (ред. От 15.02.2000, с изм. От 12.07.2011) (Зарегистрировано в Минюсте РФ 24.03.1993 N 190)

4. Гигиенические нормативы: ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – Москва: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Министерства здравоохранения РФ, 2003. – 86 с.

5. Постановление правительства РФ от 12 июня 2003 г. N 344 (в ред. Постановления Правительства РФ от 01.07.2005 N 410, с изм., внесенными Постановлением Правительства РФ от 08.01.2009 N 7) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12131296/#friends>.

6. Гигиенические нормативы: ГН 2.1.6.695-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://snipov.net/c\\_4655\\_snip\\_98807.html](http://snipov.net/c_4655_snip_98807.html).

7. Гигиенические нормативы: ГН 2.1.6.014-94. Предельно допустимая концентрация (ПДК) полихлорированных дибензодиоксинов и полихлорированных дибензофуранов в атмосферном воздухе населенных мест [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://snipov.net/database/c\\_4294956131\\_doc\\_4293843961.html](http://snipov.net/database/c_4294956131_doc_4293843961.html).

## GRAPHIC PRESENTATION OF NORMS OF PAYMENTS FOR CONTAMINATION OF ATMOSPHERIC AIR

**Soldyshev R.V., Master's Degree student, e-mail: [darete.red@gmail.com](mailto:darete.red@gmail.com)**

**Aleksandrov V.Y., Ph.D. (Chemical), e-mail: [viktoral48@yandex.ru](mailto:viktoral48@yandex.ru)**

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

### **Abstract**

The paper presents a graphical version based payments standards for emissions of pollutants into the air from the maximum allowable concentration of these pollutants. This view allows you to visually link the environmental payments with the danger of atmospheric pollutants.

### **Keywords:**

Standards of a payment of the polluting substances, maximum concentration limit, bi-logarithmic system of coordinates, the schedule of dependence.

## РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ КОНВЕРСИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ЭТИЛЕН

*Сопова Виктория Сергеевна<sup>1,2</sup>, студент; Матус Екатерина Владимировна<sup>1</sup>, к.х.н., н.с.; Кузнецов Вадим Владимирович<sup>1</sup>, м.н.с.; Исмагилов Ильяс Зинферович<sup>1</sup>, к.х.н., н.с.; Керженцев Михаил Анатольевич<sup>1</sup>, к.х.н., с.н.с., Исмагилов Зинфер Ришатович<sup>1,3</sup>, чл.-корр., проф., директор*

<sup>1</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, пр. Академика Лаврентьева, 5, Новосибирск, 630090, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет, проспект К. Маркса 20, Новосибирск, 630092, Россия

<sup>3</sup>Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН, пр. Советский, 18, Кемерово, 650000, Россия

*Сопова В.С.*, e-mail [sopova.2012@yandex.ru](mailto:sopova.2012@yandex.ru)

*Матус Е. В.*, e-mail [matus@catalysis.ru](mailto:matus@catalysis.ru)

*Кузнецов В. В.*, e-mail [yadimk@catalysis.ru](mailto:yadimk@catalysis.ru)

*Исмагилов И. З.*, e-mail [iismagil@catalysis.ru](mailto:iismagil@catalysis.ru)

*Керженцев М. А.*, e-mail [ma\\_k@catalysis.ru](mailto:ma_k@catalysis.ru)

*Исмагилов З.Р.*, e-mail [zinfer1@mail.ru](mailto:zinfer1@mail.ru)

*Адрес для корреспонденции: Сопова Виктория Сергеевна, Новосибирский государственный технический университет, 630092, Россия, г. Новосибирск, ул. Блюхера, 30/1, тел. (913)921-34-76*

### Аннотация

С целью создания ресурсосберегающей технологии переработки углеводородного сырья в высоколиквидную продукцию исследовано влияние типа щелочного металла ( $M = Na, K, Rb$ ), метода приготовления (последовательная пропитка по влагоемкости, смешение с суспензией) и условий термообработки ( $700-1000^{\circ}C$ ) катализаторов  $MnMW/SiO_2$  на их активность в реакции окислительной конденсации метана. Установлены оптимальный состав, метод и условия синтеза катализатора. Разработан эффективный катализатор получения этилена окислительной конденсацией метана: катализатор  $MnNaW/SiO_2$ , синтезированный методом совместной пропитки и прокаленный при температуре  $1000^{\circ}C$ , обеспечивает выход  $C_2$  углеводородов 21.5% при конверсии метана 34.6% и температуре реакции  $850^{\circ}C$ .

### Ключевые слова

Катализ;  $MnMW/SiO_2$ -катализаторы ( $M = Na, K, Rb$ ); окислительная конденсация метана; природный газ; этилен

## 1. Введение

Здоровье населения и качество жизни в городах, расположенных в зонах функционирования крупных нефтегазовых и нефтехимических комплексов, напрямую зависит от состояния окружающей среды. Но в настоящее время в таких городах отмечается высокий уровень заболеваемости населения в связи с неблагоприятной экологической обстановкой. Большой вклад в загрязнение городов вносят выбросы, которые получаются при сжигании попутного нефтяного газа (ПНГ)[1]. С целью снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду и получения ценного химического сырья (полупродукты органического и нефтехимического синтеза, синтетические моторные топлива и т.п.) наблюдается возрастание интереса к прямым способам переработки метана, основного компонента ПГ и ПНГ, поскольку он является базой для перехода от нефтехимии к газохимии.

Одним из таких процессов является окислительная конденсация метана (ОКМ) - прямой способом конверсии метана в  $C_2$  углеводороды - этан и этилен:



Установлено, что каталитическую активность в процессе ОКМ проявляет широкий круг оксидных систем, а наиболее эффективными катализаторами ОКМ являются системы на основе диоксида кремния, модифицированного оксидами марганца, вольфрама и щелочного металла [2,3].

В настоящей работе с целью разработки эффективного катализатора получения этилена окислительной конденсацией метана исследовано влияние типа щелочного металла ( $M = Na, K, Rb$ ), метода приготовления (последовательная пропитка по влагоемкости, смешение с суспензией), и условий термообработки ( $700-1000^\circ C$ ) катализаторов  $MnMW/SiO_2$  на их каталитические свойства.

## 2. Методика экспериментального исследования

$MnMW/SiO_2$  ( $M = Na, K, Rb$ ) катализатор получали методом последовательной пропитки по влагоемкости диоксида кремния  $SiO_2$  (Silica gel Davisil 646, 250-500 мкм, Sigma-Aldrich) растворами соответствующих предшественников металлов ( $M_2WO_4 \cdot 2H_2O$  ( $M = Na, K, Rb$ ),  $Mn(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$ ). Для синтеза  $MnMW/SiO_2$  ( $M = Na, K, Rb$ ) (С) катализатора методом смешения с суспензией к золю диоксида кремния (LUDOX LS, 30 масс.%  $SiO_2$ ) при интенсивном перемешивании последовательно добавляли по каплям растворы соответствующих предшественников металлов. Схема синтеза катализаторов представлена на рисунке 1.

Полученные образцы катализаторов охарактеризованы комплексом физико-химических методов (рентгено-флуоресцентный анализ,  $N_2$  адсорбция, РФА, ПЭМВР, РФЭС, ТПВ- $H_2$ ).

Исследование активности катализаторов в реакции ОКМ проводили в проточной системе при атмосферном давлении, температуре  $650-950^\circ C$  и

скорости газового потока 180 мл/мин. Мольное соотношение реагентов  $\text{CH}_4:\text{O}_2:\text{He}$  в исходной реакционной смеси составляло 4:1:2. Анализ реакционной смеси проводили с помощью масс-спектрометрического анализатора QMS 300 (Stanford Research Systems, USA).

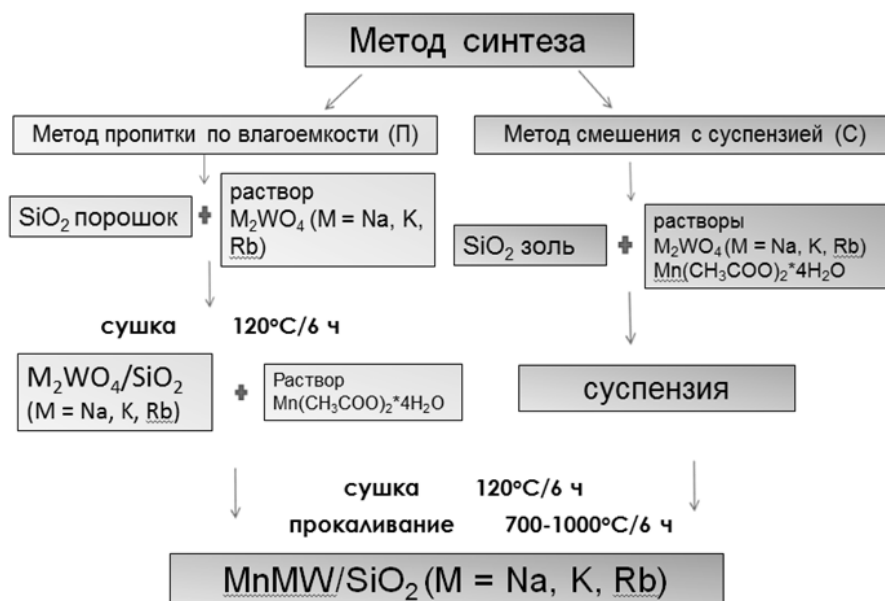


Рис. 1. Схема синтеза катализаторов  $\text{MnMW}/\text{SiO}_2$  ( $M = \text{Na}, \text{K}, \text{Rb}$ )

### 3. Результаты и обсуждение

На рис. 2 представлена зависимость конверсии метана и выхода  $\text{C}_2$ -углеводородов от температуры реакции. Из графика видно, что при увеличении температуры реакции от  $600^\circ\text{C}$  до  $700^\circ\text{C}$  конверсия метана возрастает до 10%, а образование  $\text{C}_2$ -продуктов реакции не наблюдается. При увеличении температуры реакции от  $700^\circ\text{C}$  до  $850^\circ\text{C}$  конверсия метана увеличивается до  $\approx 35\%$ , а выход этана и этилена - до 21.5%. При температуре реакции выше  $850^\circ\text{C}$ , конверсия метана и выход  $\text{C}_2$ -углеводородов снижаются. Из полученных данных следует, что оптимальный диапазон значения температуры для проведения реакции ОКМ –  $800\text{-}850^\circ\text{C}$ . Основными продуктами реакции ОКМ являются  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$ .

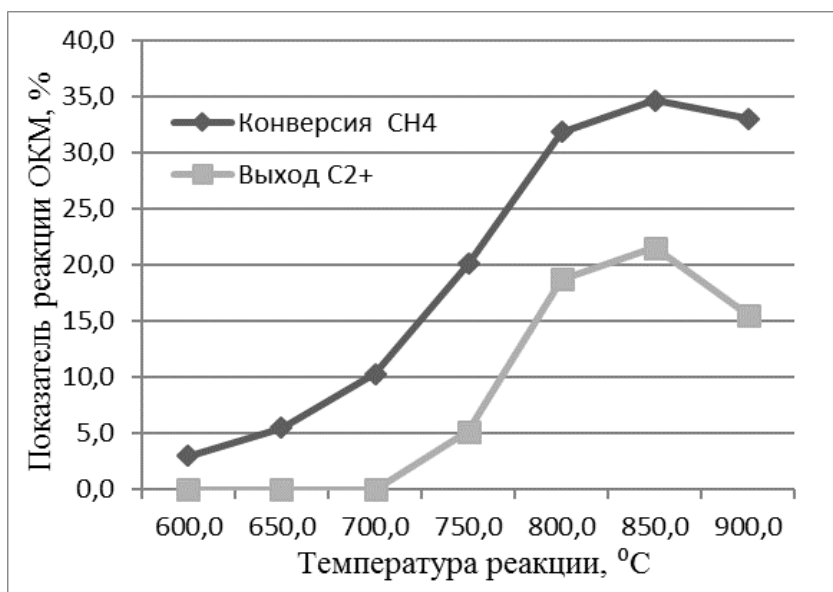


Рис. 2. Зависимость конверсии метана и выхода C<sub>2</sub>-углеводородов от температуры реакции

Показано, что активность катализаторов зависит от температуры прокаливания катализатора и от типа щелочного металла (рис. 3). Выход C<sub>2</sub>-углеводородов увеличивается в следующем ряду щелочных металлов Na > Rb > K и с увеличением температуры прокаливания катализатора от 700 до 1000°C. Образцы, модифицированные Na и Rb и прокаленные при 1000°C обеспечивают максимальный выход C<sub>2</sub>-углеводородов - 21.5%.

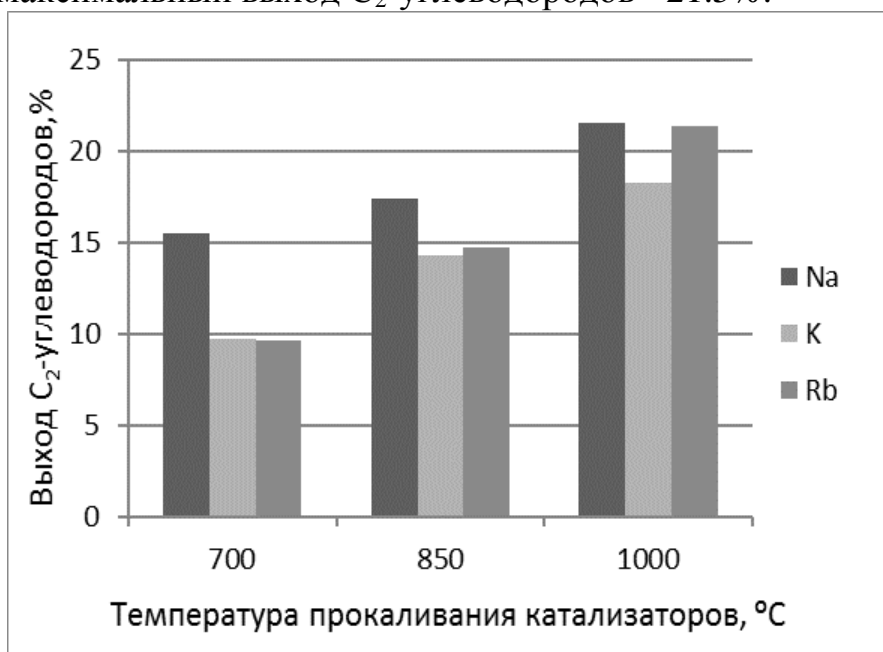


Рис. 3. Зависимость выхода C<sub>2</sub> – углеводородов от типа щелочного металла и температуры прокаливания катализатора

Установлено, что катализаторы, полученные методом пропитки по влагоемкости, отличаются более высокими показателями активности. Данная зависимость прослеживается для всех катализаторов, независимо от типа щелочного металла и температуры прокаливания катализатора (рис. 4).

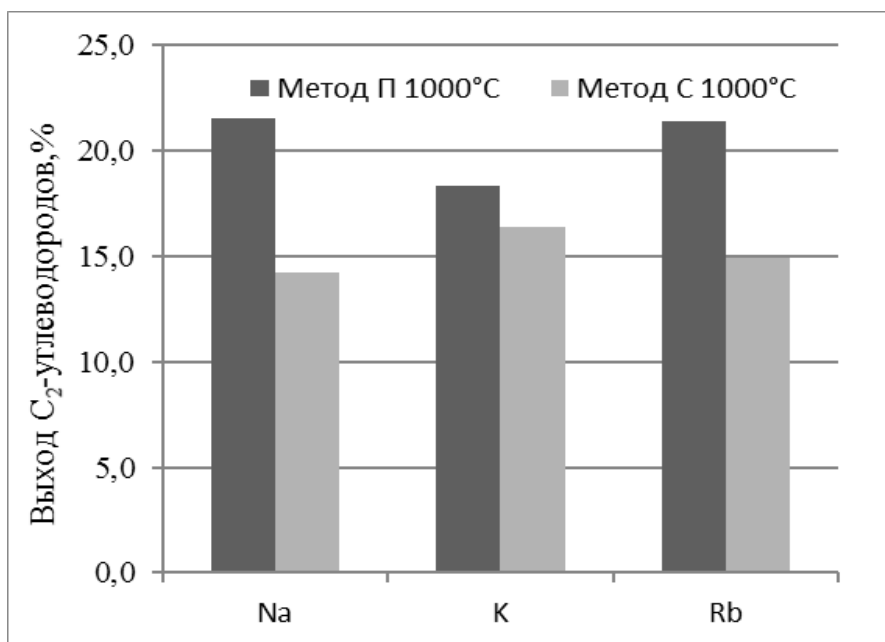


Рис. 4. Зависимость выхода  $C_2$  – углеводородов от типа щелочного металла и метода синтеза катализатора

#### 4. Выводы

В результате работы показана возможность целенаправленного регулирования активности  $MnMW/SiO_2$  ( $M = Na, K, Rb$ ) катализаторов путем варьирования метода их приготовления, температуры прокаливания и типа щелочного металла. Установлено, что оптимальным методом синтеза  $MnMW/SiO_2$  ( $M = Na, K, Rb$ ) катализаторов является метод пропитки по влагоемкости, и максимальные показатели ОКМ достигаются при температуре прокаливания катализаторов  $1000^\circ C$  и температуре реакции  $850^\circ C$ . Максимальный выход  $C_2$  углеводородов в ОКМ в присутствии катализатора  $MnNaW/SiO_2$  составляет 21.5%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маркин С.В., Белоусова Е.Е., Лыков О.П., Недре А.Ю., Дедов А.Г. Экологическое обоснование и стратегия природоохранной деятельности в нефтегазовом комплексе // Промышленная и экологическая безопасность и страхование рисков на предприятиях нефтегазового комплекса – С. 116 с.
2. Арутюнов В.С. Окислительная конверсия природного газа. М.: Красанд, – 2011. – 640 с.
3. Ismagilov I. Z., Matus E.V., Kerzhentsev M.A, Prosvirin I. P., Navarro R. M., Fierro J. L. G., Gerritsen G., Abbenhuis E., Ismagilov Z. R. // Design of Highly Efficient Catalyst for Rational Way of Direct Conversion of Methane // Eurasian Chemico-Technological Journal 17 (2015) 105-118

## The development of effective catalyst for conversion of natural gas into ethylene

*Sopova Victoria Sergeevna<sup>1,2</sup>, student; Matus Ekaterina Vladimirovna<sup>1</sup>, ph.d. chemical, scientific associate; Kuznetsov Vadim Vladimirovich<sup>1</sup>, junior researcher; Ismagilov Ilyas Zinferovich<sup>1</sup>, ph.d. chemical, scientific associate; Kerzhentsev Michael Anatolevich<sup>1</sup>, ph.d. chemical, senior researcher, Ismagilov Zinfer Rishatovich<sup>1,3</sup>, corresponding member, Russian Academy of Sciences, Professor, director*

<sup>1</sup>Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, pr. Lavrentieva, 5

<sup>2</sup>Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, 20, Prospekt K. Marksa, +7(913)005-48-19

<sup>3</sup>Institute of Coal Chemistry and Material Sciences SB RAS, 650000, Russia, Kemerovo, Sovietsky Av., 18

*Sopova V.S.*, e-mail [sopova.2012@yandex.ru](mailto:sopova.2012@yandex.ru)

*Matus E.V.*, e-mail [matus@catalysis.ru](mailto:matus@catalysis.ru)

*Kuznetsov V.V.*, e-mail [vadimk@catalysis.ru](mailto:vadimk@catalysis.ru)

*Ismagilov I.Z.*, e-mail [iismagil@catalysis.ru](mailto:iismagil@catalysis.ru)

*Kerzhentsev M.A.*, e-mail [ma\\_k@catalysis.ru](mailto:ma_k@catalysis.ru)

*Ismagilov Z.R.*, e-mail [zinfer1@mail.ru](mailto:zinfer1@mail.ru)

### Abstract

To create the resource-saving technologies of processing of hydrocarbon raw materials into marketable products the effect of composition, preparation method (sequential incipient wetness impregnation, the mixture slurry method) and calcination temperature (700-1000°C) of MnMW/SiO<sub>2</sub> (M = Na, K, Rb) on their performance in oxidative coupling of methane (OCM) have been studied. The optimal composition, method and conditions of synthesis of the catalyst are established. It is shown that activity of catalysts depends on temperature of catalyst calcination and type of alkaline metal. Yield of C<sub>2</sub>-hydrocarbons increases among alkaline metals Na > Rb > K and with increase of temperature of catalyst calcination from 700 - 1000°C. It is established, that the catalysts prepared by sequential incipient wetness impregnation differ in higher value of activity. The effective catalyst for ethylene production by oxidative condensation of methane was elaborated. MnNaW/SiO<sub>2</sub> catalyst prepared by sequential incipient wetness impregnation and calcinated at a temperature of 1000°C provides a yield of C<sub>2</sub> hydrocarbons - 21.5% at conversion of methane 34.6% and temperature of reaction 850°C.

**Keywords:** Catalysis, MnMW/SiO<sub>2</sub>-catalysts (M = Na, K, Rb), the oxidative coupling of methane, natural gas, ethylene.



## АНАЛИЗ СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫХ МАТОВ С ЦЕЛЬЮ ПОИСКА ПУТЕЙ ЕЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

*Сыплинова Анна Сергеевна<sup>1</sup>, студент; Мищенко Татьяна Ивановна<sup>2</sup>  
м.н.с.; Таран Оксана Павловна<sup>1,2</sup> д.х.н., профессор РАН,*

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, 630073,  
Россия, Новосибирск, проспект К. Маркса, 20

<sup>2</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, 630090 Россия,  
Новосибирск, пр. Лаврентьева 5

**Сыплинова А.С.** e-mail: [Syplinova@bk.ru](mailto:Syplinova@bk.ru)

**Мищенко Т.И.** e-mail: [Mti@catalysis.ru](mailto:Mti@catalysis.ru)

**Таран О.П.,** e-mail [Oxanap@catalysis.ru](mailto:Oxanap@catalysis.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**

Работа посвящена анализу состава растительной биомассы цианобактериальных матов термальных источников Сея, Гарга и Уро Приайкальской рифтовой зоны. На основании анализа группового и углеводного состава органического вещества цианобактериальных матов установлено, что содержание моносахаридов в образцах достигает 16 % и преобладающими моносахаридами являются глюкоза, галактоза, манноза и ксилоза. Проведенный анализ на содержание макро- и микроэлементов в исходных образцах бактериальных матов и в отдельных фракциях показал, что элементы Na, Mg, Ca, Mn, Fe, Al, Si, K, Sr, B и P относятся к макроэлементам, а Li, Ti и Ba присутствуют в микроколичествах с содержанием менее 0,01 %.

### **Ключевые слова**

Альтернативное органическое сырье; биомасса; цианобактериальные маты, моносахариды

### **1. Введение**

Постепенное истощение мировых запасов высококачественного органического сырья (нефти и природного газа), а также угроза экологической катастрофы, обусловленной парниковым эффектом, приводит к необходимости разработки технологий получения альтернативного органического сырья для синтеза топлива и химических соединений на основе растительной биомассы,

засчет фиксации  $\text{CO}_2$  в процессах фотосинтеза[1]. Бактериальные маты, являясь мощным продуцентом полисахаридного матрикса, представляют значительный интерес в области получения молекул-платформ (моносахариды) для дальнейшего синтеза полезных химических соединений. Примером может служить процесс превращения фруктозы и глюкозы в 5-гидроксиметилфурфурол, являющийся сырьем для синтеза ценных соединений. Состав бактериальных матов может существенно различаться в каждой отдельной озерной системе, как по химическому составу органического вещества, так и по составу его минеральной части. Выбор оптимальной химической или физико-химической схемы переработки, с учётом особенностей состава, позволит более полно извлечь все ценные компоненты органической массы цианобактериальных матов. Наибольший интерес для дальнейшего использования представляют сложные органические вещества, такие как витамины, аминокислоты, липиды, биостимуляторы, антибиотики и другие[2].

Целью данной работы является отработка методов химического анализа органической и минеральной составляющей биомассы цианобактериальных матов и выявление взаимосвязей между их органическим и неорганическим составом

## **2. Методика экспериментального исследования**

Исследование проводилось методом группового анализа (метод последовательной экстракции водными, кислотными, щелочными и органическими растворителями); хроматографическими методами (газожидкостная хроматография для определения моносахаридов с применением дериватизации методом силилирования; жидкостная хроматография для определения моносахаридов с применением дериватизации 2,4-динитрофенолгидразином); определением элементного анализа (атомно-эмисионная спектроскопия. Объектом исследования стали цианобактериальные маты горячих источников Сея, Гарга, Уро Прибайкальской рифтовой зоны.

Для изучения группового состава цианобактериальных матов предварительно высушенные образцы обрабатывались 0,05 Н раствором соляной кислоты для удаления ионов кальция. Затем из декальцированных воздушно-сухих проб извлекались водорастворимые вещества (ВВ) кипячением в воде в течение пяти часов. Далее для отделения битума образцы экстрагировались спир-бензольной смесью в аппарате Сокслета. Из твердого высушенного остатка гуминовые вещества извлекались 0,1 Н раствором NaOH. Из отмытого от щелочи и высушенного остатка бактериального мата извлекались легкогидролизуемые вещества двукратной обработкой 8% серной кислотой. Остаток отмывался, высушивался и обрабатывался 80% серной кислотой с целью выделения трудногидролизуемых соединений [3].

## **3. Результаты и обсуждение**

Содержание отдельных фракций представлены на рис. 1.

Показано, что количество фракции ЛГВ в ряду Сея, Уро, Гарга

составляют 13,8 %, 36,3 % и 45,3 %, соответственно. Доли фракций ТГВ для образцов Сея и Уро близки по значениям 10,89 % и 10,35 %, для образца Гарга - вдвое больше и равна 20,93 %. Фракции водорастворимых веществ для образцов Сея и Гарга близки 6,2 %, для образца Уро это значение - 10,9 %. Наименьшими по содержанию являются фракции битумов и гуминовых кислот. Количество битумов для всех образцов находится в узком диапазоне 0,5 - 1,3 %, а гуминовых кислот 0,1 - 1,7 %. Доля фульвовых кислот для Гарга и Уро порядка 10 %, а для образца Сея вдвое меньше. Наибольшее количество негидролизованного остатка приходится на образец горячего источника Сея 62,2 %, для образца источника Уро это значение вдвое меньше 30,37 %, а для Гарга вчетверо меньше и составляет 15,7 %.

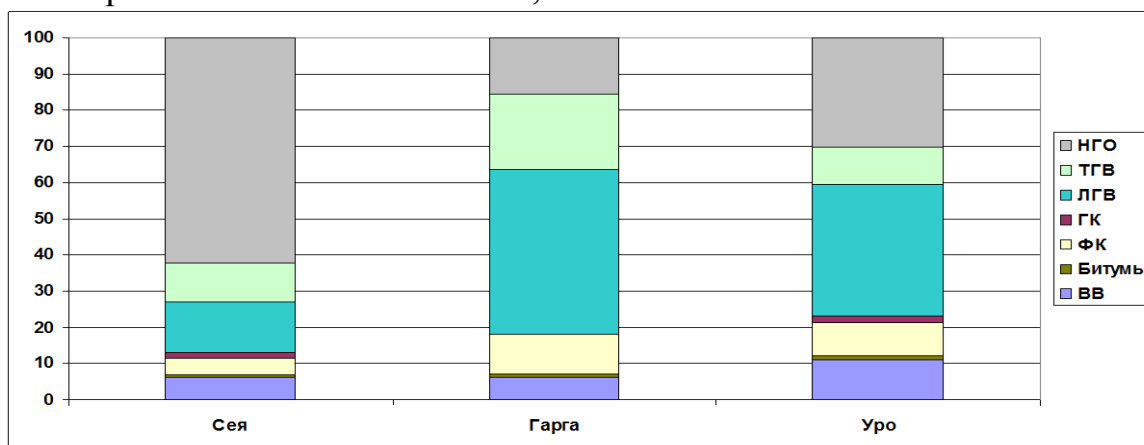


Рис. 1. Содержание отдельных фракций в процентах

НГО - негидролизующий остаток; ТГВ-трудногидролизующие вещества; ЛГВ - легкогидролизующие вещества; ГК - гуминовые кислоты; ФК – фульвовые кислоты; ВВ – водорастворимые вещества

Анализ гидролизатов цианобактерий на содержание моносахаридов проводили двумя методами: жидкостной хроматографией на "Милихром-А-02" с предварительной дериватизацией гидролизатов 2,4-динитрофенилгидразином (2,4-ДНФГ) и газо-жидкостной хроматографией на газовом хроматографе "Кристалл 2000М", оснащенный хроматографической капиллярной колонкой "Supelco", гидролизаты предварительно дериватизировались методом силирования. В качестве газа – носителя использовался аргон.

Состав легкогидролизующих веществ представлен в таблице 1.

Таблица 1

Состав легкогидролизующих веществ термальных источников Сея, Гарга и Уро Приайкальской рифтовой зоны

	Глюкоза	Манноза	Ксилоза	Галактоза	Фруктоза	Арабиноза	Рибоза	Таллоза	Алоза	Дезоксисахара	Дисахариды	Микроэлементы	Не определено
<b>Сея</b>	7,55	8,86	10,89	9,22	5,08	0,67	0	0,07	0,07	0,87	2,11	11,89	42,71
<b>Гарга</b>	9,32	11,81	14,86	12,80	8,87	1,06	1,06	0,38	0,44	3,75	1,55	11,68	22,43
<b>Уро</b>	8,82	13,89	18,38	14,83	0	2,51	0,28	0,41	0,36	7,3	0,8	6,07	26,35

Хромато-масс спектрометрический анализ отдельных фракций проводился на приборе. Agilent 7000В (США), оснащенный капиллярной колонкой VF-5ms.

Анализ на содержание макро- и микроэлементов в образцах бактериальных матов и в отдельных фракциях проводился методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на приборе OPTIMA 4300 DV фирмы Perkin Elmer (США) и атомно-абсорбционным методом с использованием пламенных и электротермических методов атомизации (Solaar M6, Thermo Electron Corporation) и рентгенофлуоресцентным методом на рентгеновском спектрометре ARL-9900-XP фирмы ARL (Applied Research Laboratories). Результаты анализа представлены на рис. 2.

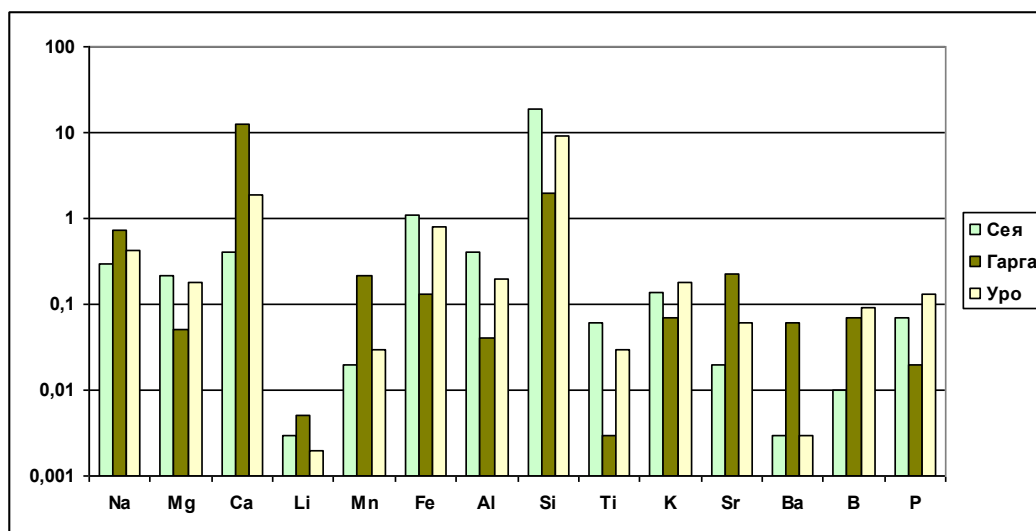


Рис. 2. Массовая доля макро- и микроэлементов в цианобактериальных матах горячих источников Сея, Гарга и Уро

Наибольшая доля в образцах приходится на элементы Ca и Si. Однако их распределение для разных бактериальных матов имеет широкий разброс. Так содержание элемента Ca в образце Гарга составляет 12,5 %, значительно ниже этот показатель для образцов Уро и Сея 1,84 % и 0,4 %, соответственно. При этом образец Сеи содержит наибольшее количество Si - 18,4 %, для образца Уро доля Si снижается вдвое и составляет 9,19 %, а в бактериальном мате Гарга - 1,97 %. Количество Fe возрастает от 0,13 %, 0,8 %, к 1,1 % в ряду образцов Гарга, Уро, Сея, соответственно. Содержание остальных элементов не превышает 0,5 % за исключением образца Гарга, в котором доля Na составляет 0,72 %, а для Уро и Сеи снижается к 0,43 % и 0,29 %. Количество Mg для образцов Сеи и Уро близко по значениям и равны 0,22 % и 0,18%, для образца Гара - 0,05 %. Содержание Mn самое высокое в образце бактериального мата горячего источника Гарга 0,22 %, в образцах Сеи и Уро этого элемента на порядок ниже 0,02 % и 0,03 %. Количество Al возрастает в ряду Гарга, Уро и

Сея и составляет 0,04 %, 0,2 % и 0,41 %, соответственно. Значения К находятся в пределах 0,07 - 0,18 %, а элементы В и Р в диапазоне 0,01 - 0,13 %.

#### 4. Выводы

В работе были отработаны методики анализа органического вещества цианобактериальных матов термальных источников Сея, Гарга и Уро Прибайкальской рифтовой зоны. Проведен анализ группового и углеводного состава органического вещества цианобактериальных матов.

Установлено, что содержание моносахаридов в образцах достигает 16 % и преобладающими моносахаридами являются глюкоза, галактоза, манноза и ксилоза.

Проведен анализ на содержание макро- и микроэлементов в исходных образцах бактериальных матов и в отдельных фракциях. Показано, что элементы Na, Mg, Ca, Mn, Fe, Al, Si, K, Sr, В и Р относятся к макроэлементам, а Li, Ti и Ba присутствуют в микроколичествах с содержанием менее 0,01 %.

Установлено, что наибольшее количество элементов приходится на фракции ЛГВ и ТГВ, за исключением элементов Ва и К.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазарева Е.В. Исследование распределения элементов между цианобактериальным сообществом и карбонатной постройкой термального источника методом РФА СИ. – 2012. – 5. – 85 с.
2. Штин С. М. Озерные сапропели и их комплексное освоение. – М, 2005. – 46 с.
3. Оболенская А. В., Ельницкая З. П., Леонович А. А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы // Учебное пособие для вузов. - М.: «Экология», 1991. - С. 320.]. С. М. Штин. Озерные сапропели и их комплексное освоение. – М, 2005. – 46 с.

#### ANALYSIS OF THE COMPOSITION OF PLANT BIOMASS CIANOBAKTERIAL MATS TO FIND WAYS ITS SOUND PROCESSING

*Syplina Anna Sergeevna*<sup>1</sup>, Student, [syplina@bk.ru](mailto:syplina@bk.ru);

*Mishchenko Tatyana Ivanovna*, Research assistant, [Mti@catalysis.ru](mailto:Mti@catalysis.ru);

*Taran Oxana Pavlovna*<sup>1,2</sup>, Professor RAS, PhD (Chemical); leading researcher, [Oxanap@catalisys.ru](mailto:Oxanap@catalisys.ru)

<sup>1</sup>Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, prospect K. Marks, 20

<sup>2</sup>Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentieva str., 5

#### Abstract

The work is devoted to the analysis of the composition of plant biomass of cyanobacterial mats in thermal springs Sowing, Garga and Uro Pribaikalskii rift zone. Based on the analysis of group and carbohydrate composition of organic matter

cyanobacterial mats found that the content of monosaccharides in the samples reaches 16 % and the predominant monosaccharides are glucose, galactose, mannose and xylose. The analysis on the content of macro - and microelements in the initial samples of bacterial mats and in the individual fractions showed that the elements Na, Mg, Ca, Mn, Fe, Al, Si, K, Sr, B and P are macronutrients, and Li, Ti and Ba are present in trace with the content less than 0.01 %.

**Keywords:** Alternative organic raw materials; biomass; microbial mats; monosaccharides

УДК 543.33:574

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРЕСС- КРУГОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТВОРАХ

*Таловская Людмила Алексеевна, студентка 3 курса,  
Гофман Федор Анатольевич*

Бердский политехнический колледж, 633004, Россия, Новосибирская область г. Бердск, ул. Островского 97, тел.(8383)41- 5-15-60

*Таловская Л.А.*,email [ludmila.talovskaya@yandex.ru](mailto:ludmila.talovskaya@yandex.ru)

*Гофман Ф.А.*,email [gofmanfa@ngs.ru](mailto:gofmanfa@ngs.ru)

В статье рассмотрен экологический вопрос -загрязнения предприятиями сточных вод тяжелыми металлами. Авторы предлагают свой Проект по определению тяжелых металлов в сточных водах с помощью созданными Экспресс- кругами. В статье разработана методика по определению тяжелых металлов в сточных водах и проведен анализ по определению серебра, свинца, ртути, меди, железа (II) и железа (III) в сточных водах предприятий города Бердск. По результатам проведенного анализа были выявлены недоработки предприятий по очистки сточных вод. Авторы доказали что данный Проект является малозатратным и эффективным и может использоваться специалистами в аналитических лабораториях.

**Ключевые слова:** сточные воды; проект; методика; тяжелые металлы; Экспресс- круг; анализ.

Вода - ценнейший природный ресурс. Она играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. Огромное значение вода имеет в промышленном и сельскохозяйственном производстве. Общеизвестна необходимость ее для бытовых потребностей человека, всех растений и животных. Для многих живых существ она служит средой обитания.

В настоящее время одним из значительных источников загрязнения

природной среды и, в частности, поверхностных вод являются сточные воды, объём которых по оценкам Мирового института природных ресурсов составляет 5% от мирового водозабора. В г. в поверхностные водные объекты Российской Федерации, в подземные горизонты и в различные накопители через сосредоточенные выпуски было отведено 7 млн.м использованных вод, в том числе в поверхностные водные объекты - 7,3 млн.м<sup>3</sup> из них ,9% загрязнённых (Государственный доклад о состоянии водных ресурсов в РФ, ). Особое место среди сточных вод занимают городские сточные воды, отличающиеся как большим разнообразием загрязняющих ингредиентов, так и значительным варьированием химического состава. В России объём городских сточных вод достиг 4 млн.м (Государственный доклад о состоянии водных ресурсов в РФ), ).

Городские сточные воды, как правило, проходят через очистные сооружения и лишь около 80% сбрасываемых сточных вод в России имеют очистку нормативного уровня. В результате сброса таких вод изменяются физические и химические свойства воды; на поверхности водоема появляются плавающие вещества, а на дне образуется осадок; изменяется качественный и количественный бактериальный состав, появляются болезнетворные бактерии. Загрязненные водоемы становятся непригодными для питьевого, а часто и для технического водоснабжения; теряют рыбохозяйственное значение

В современном обществе наука не стоит на месте, выпускается огромное количество химических веществ, которые порой наносят вред и природе и человеку. Создано много разных аналитических способов по определению тяжелых металлов. В основном способы трудоемкие.

Цель: Разработать проект и апробировать методику проекта для определения в сточных водах предприятий г. Бердска тяжелых металлов более простым и энергосберегающим методом.

Задачи:

1.Изучить реактивы их совместимость при совместном использовании для определения тяжелых металлов в сточных водах.

2.Приготовить экспресс- круги и разработать методику по определению тяжелых металлов в сточных водах.

3.Определить с помощью экспресс- кругов наличие тяжелых металлов в сточных водах предприятий города Бердск.

4. Доказать что разработанный Проект является малозатратным и эффективным.

#### **Методика экспериментального исследования**

Мы предлагаем простую и эффективную методику по обнаружению тяжелых металлов. В основу нашей методики положено понятие характерных реакций («цветных») на катионы аналитических групп и хроматографии, а именно адсорбции, способности катионов поглощаться поверхностью поглотителя (реактива), закрепленного на бумаге.

В результате взаимодействия реактива и определяемого вещества происходит изменение окраски, что показывает на содержание тех или иных

катионов металлов.

Также наша методика позволяет определять не один металл, а группу, так как у разных металлов с одним и тем же реактивом адсорбционные свойства разные, одни металлы сразу же осаждаются другие, обладая высокими адсорбционными свойствами, продолжают распространяться на бумаге до определенного предела. Эти свойства позволяют отделять группы металлов, что влияет на их определение.

Изучая свойства реактивов, мы заметили, что существует совместимость некоторых из них – это тоже легло в основу методики.

### Проведение методики.

1. Готовим экспресс – круги (фильтровальная бумага пропитанная растворами реактивов на катионы).
2. Подсушиваем наши экспресс – круги.
3. Проводим анализ раствора вещества (анализируемой воды) - капаем капиллярной пипеткой каплю анализируемого раствора(воды) в центр круга.
4. После выпитывания капли, капаем еще каплю.
5. Таких операций проводим столько, на какое количество определяемых катионов рассчитан наш экспресс-круг.
6. По окончании нанесения растворов для яркого определения проводим добавление капель дистиллированной воды (капель по количеству раствора).
7. Затем выявляем наличие в растворе опасных металлов и делаем вывод о дальнейшем действии.

Приводим схему: «Расположение катионов по своей сорбируемости»

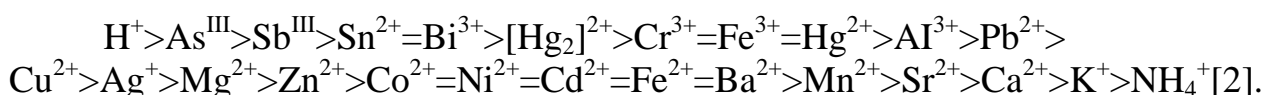


Таблица 1.

### Распознавания катионов $\text{Ag}^+$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Hg}^{2+}$ , $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Cu}^{2+}$ экспресс-методом на Экспресс- кругах

Катион	Реактивы	Расположение в экспресс-кругу	Цвет окраса круга
$\text{Ag}^+$ $\text{Pb}^{2+}$ $\text{Hg}^{2+}$	KI+крахмал KI+крахмал KI+крахмал	В центре В середине У края круга	Ярко-желтый Бледно-желтый Оранжевый
$\text{Fe}^{2+}$ $\text{Fe}^{3+}$ $\text{Cu}^{2+}$	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ +KSCN $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ +KSCN $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	В центре Ближе к краю круга В центре	Темно-синий Красный по периферии Ярко-красный

В таблице 1. Приведена методика распознавания катионов тяжелых металлов с помощью Экспресс- кругов.



**Проведение анализов сточных вод города Бердск на содержание основных тяжелых металлов**

Катионы металлов	Обнаружены катионы на экспресс- круге	Вывод
Ag <sup>+</sup>	+	Незначительное
Cu <sup>2+</sup>	+++	Большое
Pb <sup>2+</sup>	++	Большое
Fe <sup>2+</sup>	++	Среднее
Fe <sup>3+</sup>	+++	Большое
Hg <sup>2+</sup>	+-	Малое

Мы провели анализ сточных вод города Бердск на содержание основных тяжелых металлов в сточных водах. После проведения анализа(Таблица 2.) мы увидели, что в сточных водах города Бердска содержатся все основные металлы, это связано с тем, что предприятия (ООО «СИББИОФАРМ», ООО «Продсиб», ЗАО «Кирпичный завод», ООО «Бердский электромеханический завод »,ООО «Вега- Арсинал» и др.) сбрасывают свои отработанные воды с содержанием тяжелых металлов. Эти значения были установлены по контрольным Экспресс-кругам. Данный анализ выявил недоработки предприятий по очистки сточных вод от тяжелых металлов. На это нам пришлось обратить внимание технологов предприятий.

### **Вывод**

В сточных водах содержатся тяжелые металлы, которые в дальнейшем, если их не обнаружить и не извлечь из воды, могут отрицательно повлиять на здоровье человека. Поэтому изучив трудоемкий процесс по выявлению тяжелых металлов в воде, мы предлагаем свой Проект, который является малоэнергозатратным и легким в обращении при определении наличия тяжелых металлов в сточных водах. Наш Проект облегчит работу специалистов занимающихся этими определениями.

Мы не останавливаемся на достигнутом и продолжаем разработку новых экспресс-кругов, которые позволят выявлять широкий спектр тяжелых металлов содержащихся в воде.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Аналитическая химия: учеб.для студ. учреждений сред.проф. образования/ [Ю.М.Глубоков, В.А.Головачева, Ю.А.Ефимова и др.]; под ред.А.А. Ищенко.- 9-е изд.,стер.-М.: Издательский центр «Академия»,2013-320с.

2.Белик В.В. Физическая и коллоидная химия: учебник для студ. учреждений сред.проф. образования/В.В.Белик, К.И.Киенская.- 7-е изд.,стер.- М.: Издательский центр «Академия», 2012.-288с.

## THE USING OF EXPRESS- CIRCLES FOR DETERMINATION HEAVY METALS IN SOLUTIONS

*Ludmila Talovskaya a student of the third course, Fyodor Anatolyevich Gofman*

BerdsK Politechnic College, 97 Ostrovsky Street, BerdsK 633004, Novosibirsk region, Russia.

Tel. (8 383 41) 5 15 60

*L.Talovskaya* e-mail [ludmila.talovskaya@yandex.ru](mailto:ludmila.talovskaya@yandex.ru)

*F.A. Gofman* e-mail [gofmanfa@ngs.ru](mailto:gofmanfa@ngs.ru)

This article is devoted to the ecological problem of pollution wastewater with heavy metals by the enterprises. The authors offer their project on definition heavy metals in wastewater by using express-circles. The methodology of determination of heavy metals in wastewater and the analysis on determination of silver, lead, mercury, copper, iron (II) and iron (III) in wastewater of BerdsK enterprises was done in this article. According to the results of the researches was identified weakness of enterprises in wastewater.

The authors proved that this project was cost-effective and efficient and could be used by the professionals.

Key words: wastewater, project, methodology, heavy metals, express-circle, analysis.

## РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО МЕТОДА НИТРОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

*Толстихина Дарья Владимировна*<sup>1,2</sup>, студент;  
*Габова Наталья Евгеньевна*<sup>1,2</sup>, студент;  
*Коскин Антон Павлович*<sup>1</sup>, к.х.н., н.с.;

<sup>1</sup>Институт катализа им. Борескова СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5

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

*Толстихина Д. В.*, email [daradasha@mail.ru](mailto:daradasha@mail.ru)

*Коскин А. П.*, e-mail [koskin@catalysis.ru](mailto:koskin@catalysis.ru)

*Габова Н. Е.*, e-mail [Atashka94@mail.ru](mailto:Atashka94@mail.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 разработке экологически безопасного метода нитрования ароматических соединений, осуществляемого в присутствии твердых кислот.

Основной задачей являлось получение наиболее эффективных и стабильных катализаторов, обеспечивающих экологически безопасное нитрование. В результате работы оптимизированы методики проведения процессов нитрования на твердых кислотах, синтезирована и протестирована серия катализаторов. Подобрана наиболее эффективная и стабильная каталитическая система –  $\text{MoO}_3/\text{SiO}_2$ .

### **Ключевые слова**

«зеленая» химия; газофазное нитрование; гетерогенное нитрование; кислотный катализ; нитрование ароматических соединений

### **1. Введение**

Необходимость в синтезе ароматических нитросоединений измеряется миллионами тонн и постоянно растет. В частности, нитросоединения (нитробензол и нитротолуол) являются предшественниками пенополиуретанов, производство которых в мире, превышает 5 млн т/год [1]. Нитрование ароматических соединений в промышленности проходит в жидкофазном режиме в присутствии экологически небезопасной серной кислоты (катализатор

процесса) [2]. Данный процесс сопряжен с образованием большого количества сернокислотных отходов и загрязняет окружающую среду. Безопасной альтернативой, отвечающей принципам «зеленой» химии, является газофазный процесс нитрования на твердых кислотах. В этом случае процесс проводится в жидкофазном или газофазном (проточном) режимах в присутствии гетерогенных катализаторов (твердых кислот), а применение газофазного или парофазного нитрования представляется более чистым процессом с экологической точки зрения [2].

Целью данной работы является подбор реакционных условий нитрования в присутствии твердых кислот, синтез каталитических систем и подбор наиболее эффективного, стабильного и экологически безопасного катализатора.

## **2. Методика экспериментального исследования**

Каталитические системы  $\text{MoO}_3/\text{SiO}_2$ ,  $\text{MO}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  синтезировали золь-гель методом из гептамолибдата аммония и тетраэтоксисилана (или нитрат алюминия), а также методом пропитки готовых носителей  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  по влагоемкости. Образцы  $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{SiO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$  синтезировались пропиткой (раствор серной кислоты) силикатного материала SBA-15 или гамма-оксид алюминия, соответственно.

Для определения концентрации кислотных центров на поверхности исследуемых систем применялась методика спиновых зондов, в качестве которых используются катион-радикалы, возникающие в результате адсорбции донорных молекул антрацена. Величины удельной поверхности ( $S_{\text{уд}}$ ,  $\text{м}^2/\text{г}$ ) синтезированных образцов проводили методом низкотемпературной адсорбции азота.

Для нитрования в жидкофазном (периодическом) режиме 10 мл бензола, эквимольное количество концентрированной азотной кислоты и 0.1 г катализатора помещали в коническую колбу на 100мл (перемешивание 300 rpm). Охлажденные пары конденсировались в обратном холодильнике и собирались в нижней части насадки Дина-Старка. Отделяющийся нижний слой DCE периодически возвращали в реакционную смесь.

Для осуществления процесса газофазного нитрования навески катализаторов с установленной массой загружались в проточный реактор. Скорости потоков реагентов: бензол –  $0,65 \text{ мл}/(\text{Г}_{\text{кат}} \cdot \text{ч})$ , азотная кислота (68 мас.%) –  $0,25 \text{ мл}/(\text{Г}_{\text{кат}} \cdot \text{ч})$ . Скорость газа-носителя (азот) составляла 3,5 л/ч. Реакционную смесь, собранная в приемнике, отделяется от неорганической фазы и промывается водным раствором соды (1 М). Для хроматографического анализа отбирается аликвота. Концентрацию нитробензола определяли методом газовой хроматографии, а концентрацию примесей нитрофенолов – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Далее для титриметрического определения количества прореагировавшей  $\text{HNO}_3$  и расчета её конверсии ( $S_{\text{ак}}$ , %) из неорганической фазы отбирается проба. По данным хроматографии рассчитывается масса нитробензола (нитротолуола) в единицу времени, отнесенная к массе катализатора, что дает возможность оценки каталитической активности образцов.

#### 4. Результаты и обсуждение

При подборе реакционных условий жидкофазного нитрования ароматических соединений показана необходимость использования концентрированной азотной кислоты и проведения реакции в условиях азеотропной отгонки выделяющейся в ходе реакции нитрования воды. Для этого в реакционную смесь добавляется двуххлористый растворитель (хлористый метилен (DCM) или 1,2-дихлорэтан (DCE)). Вода отгонялась в виде паров состава ~4 об.% H<sub>2</sub>O-DCE (температура > 73°C), таким образом, концентрация азотной кислоты в реакционной смеси поддерживалась близкой к концентрированной. Для всех испытанных образцов реакция полностью протекала за 6ч (достигалась максимальная величина конверсии исходного субстрата). При проведении рецикла нитрования на использованном катализаторе существенной дезактивации для испытанных образцов не найдено. При снижении температуры ниже 70°C и использовании разбавленной азотной кислоты скорость нитрования быстро снижалась.

Для газофазного режима также были подобраны оптимальные реакционные условия. Температура нитрования (150-160 °C), диаметр зерна катализатора (0.25-0.5 мм) скорости потоков реагентов и инерта.

Таблица 1

Каталитическая активность молибден-оксидных систем

Катализатор, метод приготовления	Доля MoO <sub>3</sub> , мас. %	Активность в ГФ, Y <sub>НБ</sub> (%)	
		1 ч	5 ч
MoO <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> (золь-гель)	20	87	87
MoO <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> (по влагоемкости)	20	81	80
MoO <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (золь-гель)	20	95	85
MoO <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (по влагоемкости)	20	94	82
MoO <sub>3</sub> /кварц (смешение)	20	27	25

На первой стадии механизма нитрования ароматических соединений происходит протонирование азотной кислоты на брэндстоновском кислотном центре с последующим отщеплением воды и образованием электрофильной частицы NO<sub>2</sub><sup>+</sup>. Далее она взаимодействует по стандартному механизму электрофильного замещения в π-ароматическом кольце с сорбированным бензолом с образованием нитробензола [4]. Наиболее эффективными катализаторами процесса оказались системы обеспечивающее наибольшее превращение азотной кислоты в нитроний-катион. То есть, системы с наибольшей брэнстедовской кислотностью. Сопоставление данных физико-химических исследований образцов (концентрация кислотных центров, площадь поверхности) и каталитических данных указывает на прямую зависимость между кислотностью образцов и их эффективностью.

Для образцов H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub> обнаружено снижение каталитической активности при проведении процесса в проточном режиме. Данный процесс происходит из-за вымывания серной кислоты в потоке

реагентов. Молибден-оксидные системы устойчивы к процессам дезактивации.

Таблица 2

Каталитическая активность систем  $H_2SO_4/Al_2O_3$  и  $H_2SO_4/SiO_2$

Катализатор, метод приготовления	Доля кислотной фазы, мас. %	Активность в ГФ, $Y_{НБ}$ (%)		Активность в ЖФ, $Y_{НБ}$ (%)	
		1 ч	5 ч	1ч	5ч
$H_2SO_4/Al_2O_3$ (по влагоемкости)	0	0	-	0	-
	4	31	17	27	27
	8	44	32	41	44
	12	80	68	58	60
	16	80	69	57	58
$H_2SO_4/SiO_2$ (по влагоемкости)	0	0	-	0	-
	5	70	59	30	29
	10	84	69	59	62
	15	92	86	63	65
	20	92	87	71	72

#### 4. Выводы

В работе были исследованы закономерности реакций жидкофазного и газофазного нитрования бензола и методы их проведения. Синтезированы и протестированы катализаторы процесса:  $MoO_3/SiO_2$ ,  $MoO_3/Al_2O_3$ ,  $H_2SO_4/Al_2O_3$  и  $H_2SO_4/SiO_2$ . Проведен анализ физико-химических свойств этих катализаторов. Установлено, что наиболее эффективной системой каталитического нитрования является оксид молибдена (VI), нанесенный на диоксид кремния в связи с его устойчивостью к процессам дезактивации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Olah G.A., Malhotra R., Narang S.C., Nitration: Methods and Mechanism, VCH: New York, 1989
2. Грейш А.А. Нитрование ароматических углеводородов на гетерогенных катализаторах // Рос. хим. ж. 2004. Т. 48. №6. С. 92-104.
3. Кустов Л.М., Белецкая И. П. «Green Chemistry» –новое мышление// Рос. хим. ж. 2004. т. XLVIII. №6
4. Sato H., Nagai K., Yoshioka H., Nagaoka Y. Vapor phase nitration of benzene over solid acid catalysts: III. Nitration with nitric acid (2); mixed metal oxide treated with sulfuric acid and heteropolyacid partially neutralized // Appl. Catal. A: Gen. 1998. Vol. 175. No. 1-2. P. 209-213.

# DEVELOPMENT OF HIGHLY EFFECTIVE AND ENVIRONMENTALLY METHOD OF NITRATION OF AROMATIC COMPOUNDS

**Tolstikhina Daria Vladimirovna<sup>12</sup>, bachelor; Koskin Anton Pavlovich<sup>1</sup>; Gabova Natalia Evgenievna<sup>12</sup>**

<sup>1</sup>Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Ac. Lavrentiev av., 5

<sup>2</sup> Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx av., 20, num. (913)005-48-19

**Tolstikhina D.V.**, email [daradasha@mail.ru](mailto:daradasha@mail.ru)

**Koskin A.P.**, e-mail [koskin@catalysis.ru](mailto:koskin@catalysis.ru)

**Gabova N.E.**, e-mail [Atashka94@mail.ru](mailto:Atashka94@mail.ru)

*Address for correspondence: Tolstikhina Daria Vladimirovna*, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx av., 20, num. (913)005-48-19

## **Abstract**

This work is devoted to developing an eco-friendly method of aromatic compounds nitration, carried out over solid acids.

Nitration of aromatic compounds usually provide in the liquid phase mode in the presence of not eco-friendly sulfuric acid. We need to remove it from the reaction. Therefore, we have developed an alternative method of gas-phase nitration over solid acids. It responds to the principles of "green" chemistry.

The aim of this work is the selection of the nitration conditions over solid acids, the synthesis of catalytic systems and the choice of the most efficient and environmentally friendly catalyst.

The main objective was obtaining the most effective and stable catalysts that provide environmentally safe nitration. As a result of working methods of nitration processes optimized on solid acids, a series of catalysts was synthesized and tested. The most efficient and stable catalyst system is MoO<sub>3</sub> / SiO<sub>2</sub>.

## **Keywords**

"Green" chemistry; gas-phase nitration; heterogeneous nitration; acid catalysis; nitration of aromatic compounds

**РАЗРАБОТКА НОВОГО  $\text{MoVSbNb}$  ОКСИДНОГО КАТАЛИЗАТОРА, НЕ СОДЕРЖАЩЕГО ТОКСИЧНЫХ ЛЕТУЧИХ КОМПОНЕНТОВ, ДЛЯ РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ ПРОПАНА В АКРИЛОВУЮ КИСЛОТУ**

*Татарина Татьяна Валерьевна*<sup>1,2</sup>, студент; *Шутилов Алексей Александрович*<sup>1,2,3</sup>, к.х.н; *Зенковец Галина Алексеевна*<sup>1,2,3</sup>, д.х.н

<sup>1</sup> Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5

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

<sup>3</sup> Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, тел. (383)363-43-33

*Татарина Т.В.*, email [tatarinovamail@mail.ru](mailto:tatarinovamail@mail.ru)

*Шутилов А.А.*, e-mail [alshut@catalysis.ru](mailto:alshut@catalysis.ru)

*Зенковец Г.А.*, e-mail [zenk@catalysis.ru](mailto:zenk@catalysis.ru)

Адрес для корреспонденции: *Татарина Татьяна Валерьевна*, Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5, тел. (953)867-20-47

**Аннотация**

Проведен синтез и исследование высокоэффективных и стабильных  $\text{MoVSbNb}$  оксидных катализаторов прямого окисления пропана в акриловую кислоту. Показано, что содержание ниобия оказывает значительное влияние на каталитические свойства. В катализаторах состава  $\text{Mo}_1\text{V}_{0.25}\text{Sb}_{0.28}\text{Nb}_x\text{O}$  при значениях  $x=0,12-0,15$  наблюдается значительное увеличение селективности по продуктам парциального окисления (пропилен, акролеин, акриловая кислота). При степени превращения пропана 15-17% селективность по продуктам парциального окисления достигает 77-79%, что обеспечит высокий выход акриловой кислоты при проведении процесса с рециркуляцией реакционной смеси.

**Ключевые слова**

парциальное каталитическое окисление пропана; акриловая кислота; сурьма; теллур;  $\text{MoVSbNbO}_x$  катализаторы

**1. Введение**

В настоящее время традиционным промышленным способом получения акриловой кислоты является двухстадийное парциальное окисление пропилена через промежуточную стадию получения акролеина. Пропилен, акролеин, акриловая кислота широко используются в качестве мономеров и полупродуктов в химической, нефтехимической и фармацевтической промышленности.



В последние годы предпринимаются значительные попытки по разработке процессов получения пропилена и акриловой кислоты из пропана. Гетерогенное каталитическое окисление пропана в продукты селективного окисления является более перспективным по доступности сырья и цене по сравнению с традиционным методом.

В настоящее время фирмой Mitsubishi Chemical разработаны многокомпонентные  $\text{MoVTeNbO}_x$  катализаторы для получения акриловой кислоты прямым окислением пропана, на которых селективность по продуктам парциального окисления составляет 75%, выход акриловой кислоты за проход достигает 45%.

Высокую каталитическую активность  $\text{MoVTeNbO}_x$  катализаторов связывают с присутствием двух основных фаз - орторомбической, M1 фазы ( $\text{Te}_2\text{M}_{20}\text{O}_{57}$ ),  $\text{M}=\text{Mo}, \text{V}, \text{Nb}$ ) и гексагональной фазы M2 ( $\text{Te}_{0,33}\text{MO}_{3,33}$ ),  $\text{M}=\text{Mo}, \text{V}, \text{Nb}$ . Оптимальным является соотношение  $\text{M1}:\text{M2} = 70:30$ . [2]

Основным недостатком данных катализаторов является наличие в их составе теллура, который в ходе реакции образует токсичные летучие соединения [1]. Это приводит к потере активности катализатора и образованию вредных веществ, требующих специальной утилизации.

Из литературы известно, что многокомпонентные оксидные  $\text{MoVSbNb}$  катализаторы также проявляют высокую активность в реакции гетерогенного превращения пропана в продукты парциального окисления, что может быть также связано с присутствием фаз M1 и M2, но она ниже по сравнению с  $\text{MoVTeNbO}_x$  катализаторами [3]. Каталитические свойства, оптимальный химический состав, взаимодействие этих фаз, также как природа активных центров обсуждается в мировой литературе. Несмотря на достигнутые успехи, проблемой остается получение катализаторов с более высокой активностью и селективностью по продуктам парциального окисления.

Целью данной работы является разработка высокоэффективных и стабильных  $\text{MoVSbNbO}_x$  катализаторов прямого окисления пропана в продукты парциального окисления.

## **2. Методика экспериментального исследования**

Многокомпонентные оксидные  $\text{MoVSbNbO}_x$  катализаторы синтезировали путем смешения водных растворов парамолибдата аммония ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ ), метаванадата аммония ( $\text{NH}_4\text{VO}_3$ ), оксалата ниобия ( $\text{NbOC}_2\text{O}_4$ ) и триоксида сурьмы ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ) с последующей ультразвуковой обработкой на ультразвуковом диспергаторе УЗТА -0,4/220 Ом (Россия) для достижения гомогенного распределения компонентов в системе. Затем полученную катализаторную суспензию сушили на распылительной сушилке Buchi-290 (Швейцария), что обеспечивало быстрое удаление воды без перераспределения компонентов. Полученный порошок сушили на воздухе в сушильном шкафу SNOLL (Литва), изготавливали фракцию размером 1-2 мм и прокаливали в токе гелия на лабораторной установке ИК-204 (Россия) при температуре 600 °С в течение 2 часов.

Изучение каталитической активности полученных катализаторов

проводили в реакции окисления пропана в проточно-циркуляционной установке МЭТА (Россия) при температуре 380 °С и при следующем составе реакционной смеси: 5 % об. C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, 30 % об. H<sub>2</sub>O, 65 % об. воздух.

### 3. Результаты и обсуждение

Каталитические свойства полученных катализаторов в реакции окисления пропана в зависимости от содержания ниобия приведены в таблице 1.

Таблица 1

Каталитические свойства MoVSbNbO<sub>x</sub> катализаторов при различном содержании ниобия.

Катализатор	X, %	Селективность, %					
		C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> COOH	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> COH	Σ*, %	H <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>	CO <sub>x</sub>
Mo <sub>1</sub> V <sub>0.25</sub> Sb <sub>0.28</sub> Nb <sub>0.05</sub> O <sub>x</sub>	12,5	38,5	21,7	0,1	60,3	7,4	32,3
Mo <sub>1</sub> V <sub>0.25</sub> Sb <sub>0.28</sub> Nb <sub>0.085</sub> O <sub>x</sub>	12,2	40	29	0,2	69,6	8,5	21,0
Mo <sub>1</sub> V <sub>0.25</sub> Sb <sub>0.28</sub> Nb <sub>0.12</sub> O <sub>x</sub>	13,0	55,6	23,2	0,4	79,2	7,6	13,2
Mo <sub>1</sub> V <sub>0.25</sub> Sb <sub>0.28</sub> Nb <sub>0.155</sub> O <sub>x</sub>	17,3	57,6	19,7	0,2	77,5	9,2	13,0

Σ\*, % - суммарная селективность по продуктам парциального окисления (пропилен, акролеин, акриловая кислота)

X, % – конверсия пропана

На данных катализаторах процесс окисления пропана протекает по схеме: Пропан (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)→пропилен (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>)→акролеин (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>COH)→ акриловая кислота (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>COOH).

В процессе реакции в основном образуются ценные продукты парциального окисления: пропилен, акролеин, акриловая кислота. Однако в небольших количествах присутствуют продукты доокисления уксусная кислота и оксиды углерода. Содержание ниобия оказывает значительное влияние на каталитические свойства. Увеличение содержания ниобия до значения x=0,12-0,15 % мол. приводит к росту суммарной селективности (Σ\*) по продуктам парциального окисления от 60,3% до 79,2%. При степени превращения пропана 15-17% это обеспечит высокий выход акриловой кислоты при проведении процесса с рециркуляцией реакционной смеси.

### 4. Выводы

Разработаны многокомпонентные Mo<sub>1</sub>V<sub>0.25</sub>Sb<sub>0.28</sub>Nb<sub>x</sub> оксидные катализаторы окисления пропана в акриловую кислоту, характеризующиеся высокой селективностью по продуктам парциального окисления.

Определено оптимальное содержание ниобия, обеспечивающее наиболее

высокую селективность по акриловой кислоте и пропилену.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pat. US5380933, C07C51/16. Method for producing an unsaturated carboxylic acid / Ushikubo, T., Nakamura, H., Koyasu, Y., Wajiki, S., Mitsubishi Chem. Ind. [JP], 10.01.1995
2. B. Deniau, G. Bergeret, B. Jouguet, L. Dubois, J. M. M. Millet/ Preparation of Single M1 Phase MoVTe(Sb)NbO Catalyst: Study of the Effect of M2 Phase Dissolution on the Structure and Catalytic Properties/ Top Catal (2008) 50:33–42
3. Ishchenko A.V., Ishchenko E.V., Kardash T.Y., Bondareva V.M., Sobolev V.I., Andrushkevich T.V. Effect of dopant on structure and phase composition of MoVTeNbO catalysts for selective oxidation of C2-C3 alkanes // 7th International Symposium On Macro- and Supramolecular Architectures and Materials – Йоханнесбург, 2014. – С.202.

### THE DEVELOPMENT OF NEW MoVSbNbO<sub>x</sub> CATALYSTS NOT CONTAINING TOXIC VOLATILE COMPONENTS FOR THE REACTION OXIDATION OF PROPANE TO ACRYLIC ACID

*Tatarinova Tatyana Valer'evna*<sup>1,2</sup>, student; *Shutilov Alexey Aleksandrovich*<sup>1,2,3</sup>,  
*Ph.D. (Chemical); Zenkovets Galina Alekseevna*<sup>1,3</sup>, *D.Sc. (Chemical)*

<sup>1</sup> Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, prosp. akad. Lavrentieva, 5

<sup>2</sup> Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, prosp. Karla Marksa, 20, number: (913)005-48-19

<sup>3</sup> Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, Pirogova str., 2, number: (383) 363-43-33

*Tatarinova T.V.*, email [tatarinovamail@mail.ru](mailto:tatarinovamail@mail.ru)

*Shutilov A.A.*, e-mail [alshut@catalysis.ru](mailto:alshut@catalysis.ru)

*Zenkovets G.A.*, e-mail [zenk@catalysis.ru](mailto:zenk@catalysis.ru)

*Address for correspondence: Tatarinova Tatyana Valer'evna*, Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, prosp. akad. Lavrentieva, 5, number: (953)867-20-47

#### Abstract

The synthesis and study of highly efficient and stable MoVSbNb oxide catalysts for direct oxidation of propane to acrylic acid investigated. It is shown that the niobium content has a significant influence on the catalytic properties. In the catalyst composition Mo<sub>1</sub>V<sub>0.25</sub>Sb<sub>0.28</sub>Nb<sub>x</sub>O at values x = 0,12-0,15 observed a significant increase in the selectivity of the partial oxidation product (propylene, acrolein, acrylic acid). At a conversion of propane in the region 15-17% selectivity of the partial oxidation product reaches 77-79%, which will provide a high yield of

acrylic acid during the process of recirculating the reaction mixture.

**Keywords:** Catalytic partial oxidation of propane; acrylic acid; antimony; tellurium; MoVSbNbO<sub>x</sub> catalysts.

УДК 541.13

## КИНЕТИКА ГЕТЕРОГЕННОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ОЗОНА НА ОКСИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ: ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ

*Филиппов Илья Анатольевич*<sup>1,2</sup>, аспирант;

*Ларичкин Владимир Викторович*<sup>2</sup>, д.т.н., профессор

<sup>1</sup>ООО «Тион Умный Микроклимат», 630090, Россия, г. Новосибирск,  
Инженерная, д.20

<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,  
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

*Филиппов И. А.*, email [philippov.ilya@gmail.com](mailto:philippov.ilya@gmail.com)

*Ларичкин В. В.*, email [larichkin@corp.nstu.ru](mailto:larichkin@corp.nstu.ru)

*Адрес для корреспонденции: Филиппов Илья Анатольевич*, Новосибирский  
государственный технический университет, кафедра инженерных проблем  
экологии, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел.  
+7(383)346-50-31

**Аннотация.** Для применения катализаторов разложения озона в системах обеззараживания воздуха помещений зачастую требуется оценить концентрацию озона на выходе из слоя катализатора в зависимости от входной концентрации, времени контакта загрязненного воздуха с катализатором, температуры и относительной влажности. В данной работе были выведены зависимости стационарного проскока озона на оксидных катализаторах от температуры и относительной влажности с использованием модели разложения озона на неоднородной поверхности катализатора. Осуществлена проверка применимости модели на примере оксидного катализатора гопкалит. Получены параметры уравнений для гопкалита в температурном диапазоне 5-50°C, диапазоне относительной влажности 5-80%.

**Ключевые слова:** кинетика, разложение озона, проскок озона, относительная влажность, температура.

## **1. Введение**

В настоящее время в химической промышленности возрастает интерес к озону как к экологически чистому окислителю. Также этот газ применяется для дезинфекции от микроорганизмов, осветления воды, устранения запахов, при создании полупроводников, жидких кристаллов, ферромагнитных пленок и др. В медицине озон применяется при заживлении ран, лечения заболеваний крови, органов дыхания, стерилизации медицинских инструментов. В сельском хозяйстве – при хранении продуктов. Все чаще озон применяется в быту для дезинфекции воздуха, уничтожения плесени [1]. Однако при всей пользе от применения озона в определенных концентрациях этот газ способен причинить большой вред организму человека [1]. Поэтому существует необходимость понижать его концентрацию в атмосферном воздухе, а также воздухе замкнутых помещений до значений ниже ПДК<sub>с.с.</sub>.

Наиболее простым, дешевым и поэтому распространенным способом понижения концентрации озона является гетерогенное разложение на катализаторах.

Благодаря своей универсальности, высокой активности и низкой цене широко распространенными на практике являются катализаторы КРО на основе оксидов переходных металлов. Чаще всего это оксиды марганца и оксид меди (II) с различными добавками (NiO, Ag...).

В настоящее время хорошо изучен механизм разложения озона на катализаторах, приготовленных на основе оксидов марганца и меди с различными добавками, но немногие исследователи задавались целью прогнозирования эффективности очистки от озона в различных условиях окружающей среды. Это важно для недопущения утечек высоких концентраций озона.

Целью работы являлось изучение механизма реакции разложения озона на оксидных катализаторах и на этой основе получение зависимости стационарного проскока озона в проточном реакторе от различных параметров: времени контакта, входной концентрации озона, температуры. Зависимость проверена на модельном катализаторе гопкалит.

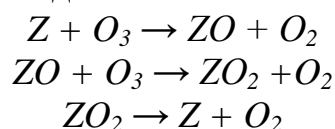
## **2. Методика экспериментального исследования**

Для исследования кинетики разложения озона была собрана установка, включающая в себя проточный реактор, озонатор с барьерным разрядом. Измерение концентрации озона проводилось газоанализатором 202 Ozone Monitor производства 2B Technologies, inc. В качестве объекта исследования использовался катализатор гопкалит – катализатор на основе механической смеси оксида марганца (50% масс.), оксида кобальта (15% масс.) и оксида меди (30% масс.). Перед исследованием катализатор прокаливался в течение двух часов в присутствии воздуха при температуре 300 °С для удаления воды и органических веществ.

Воздух, подаваемый в реактор, предварительно очищался углеродным сорбентом. Относительная влажность воздуха в экспериментах с температурой температурой не превышала 5%. Температура воздуха поддерживалась стабильной при помощи воздушного термостата.

### 3. Результаты и обсуждение

Рассмотрим механизм и кинетику процесса. Согласно [1, 2] схематически процесс разложения озона на катализаторах на основе оксидов переходных металлов можно представить в виде:



где  $Z$  – свободные активные центры катализатора.

В литературных источниках кинетика разложения озона на катализаторах рассматривается в двух случаях: на однородной и неоднородной поверхности [3]. Однородная поверхность имеет определенное количество равноценных активных центров, при этом энергия адсорбции не меняется во времени. На неоднородной поверхности энергии адсорбции и десорбции зависят от степени заполнения  $\theta$ . Если это изменение энергии от параметра  $\theta$  линейно, то оно описывается уравнением Еловича

$$E = E_0 + g \cdot R \cdot T \cdot \theta,$$

где  $E$  – энергия адсорбции или десорбции.

Ранее проведённые нами исследования показали, что для описания зависимости стационарного проскока озона на оксидных катализаторах лучше всего подходит модель с неоднородной поверхностью. При этом была выведена зависимость (1) стационарного проскока от входной концентрации и времени контакта воздуха с катализатором.

$$B = \left(1 - \frac{2gbk_1\tau e^{ga}}{C_0^{gb}}\right)^{\frac{1}{gb}} = \left(1 - \frac{gb\beta\tau}{C_0^{gb}}\right)^{\frac{1}{gb}} \quad (1)$$

где  $B$  – стационарный проскок озона,  $C_0$  – входная концентрация озона,  $\tau$  – время контакта,  $k_1$  – константа скорости первой стадии процесса разложения озона, описанного выше;  $g$  – параметр уравнения Еловича для первой стадии.

Параметры  $a$  и  $b$  получены из выражения для стационарной доли свободных мест  $\theta$  на активной поверхности катализатора:

$$\theta = \frac{g_1g_2 - g_2 \ln \frac{k_1}{k_2} - g_1 \ln \frac{k_1 C}{k_3}}{g_1g_2 + g_2g + g_1g} = a - b \ln C \quad (2)$$

где  $C$  – концентрация на выходе из слоя катализатора;  $k_2, k_3$  – константы скорости второй и третьей стадий процесса разложения озона;  $g_1, g_2$  – параметры уравнения Еловича для 2 и 3 стадий.

#### **Влияние температуры на проскок.**

Уравнение (1) может быть использовано для определения зависимости стационарного проскока от температуры. От температуры зависят константы скорости трех стадий процесса. Если диапазон рабочих температур варьируется

в пределах 0 – 50°C, то температурной зависимостью констант может быть описана уравнением (3).

$$k_i = k_{i0} \cdot e^{-\frac{E_{ai}}{RT}} \quad (3)$$

где  $E_{ai}$  – энергия активации стадии процесса. Используя выражения 1, 2 и 3 получим зависимость проскока от температуры в узком диапазоне (4).

$$B = \left(1 - \frac{2gb\tau A e^{-\frac{E_{a\text{ каж}}}{RT}}}{C_{\text{вх}}^{gb}}\right)^{\frac{1}{gb}} \quad (4)$$

Здесь  $\beta = A * e^{-\frac{E_{a\text{ каж}}}{RT}}$ .

Для оценки значения энергии активации для катализатора гопкалит был проведен эксперимент по измерению зависимости стационарного проскока от температуры, а полученная кривая аппроксимирована уравнением (4).

На рис. 1 представлена зависимость проскока от температуры на 1 см слое катализатора гопкалит при скорости потока 17 см/сек. Диапазон температур 5-50°C. Влажность во время эксперимента была менее 5%. Получено значение кажущейся энергии активации  $41 \pm 3$  кДж/моль, предэкспоненциальный множитель  $A = (2.25 \pm 0.5) * 10^{11}$ .

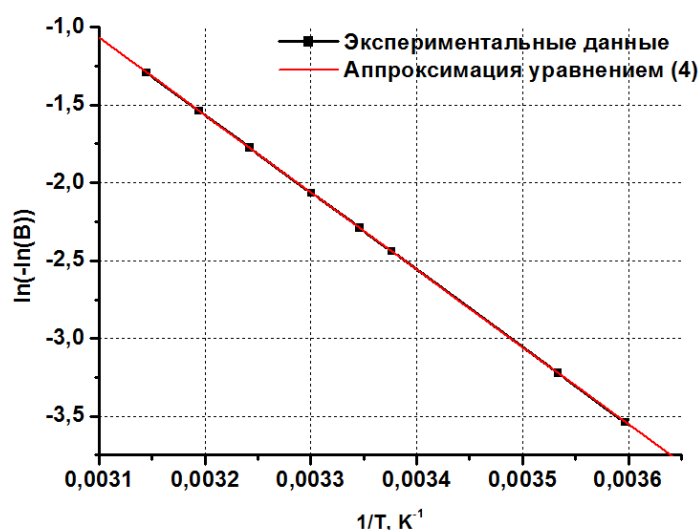


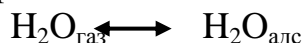
Рис. 1. Аппроксимация экспериментальной зависимости проскока озона от температуры уравнением (4).

### **Влияние влажности на проскок**

В присутствии молекул воды в барьерном разряде протекает множество радикальных реакций с участием молекул кислорода, азота, воды и примесей в воздухе. Взаимодействие воды с синглетным кислородом или озоном приводит к образованию гидроксильных радикалов. Однако, согласно литературным источникам, время жизни таких радикалов ничтожно мало. Поэтому концентрацией гидроксил-радикалов в составе воздуха при входе в слой катализатора можно пренебречь [1].

Согласно исследованиям [1,2] происходит физическая адсорбция

молекул воды на оксидах. Этот процесс можно описать уравнением:



Этот процесс обратимый и имеет константу равновесия  $K$ . Тогда в системе уравнений необходимо переписать условие  $\theta + \theta_1 + \theta_2 + \theta_{\text{вод}} = 1$ ,

где  $\theta_{\text{вод}} = K \cdot p_{\text{вод}} \cdot \theta$ ,  $p_{\text{вод}}$  - парциальное давление водяного пара.

$$\theta = \frac{g_1 g_2 - g_2 \ln \frac{k_1}{k_2} - g_1 \ln \frac{k_1 C}{k_3}}{g_1 g_2 (1 + K p_{\text{воды}}) + g_2 g + g_1 g} = a - b \ln C \quad (5)$$

Таким образом, зависимость проскока от влажности заключается в добавлении в знаменателе члена  $K p_{\text{вод}} g_1 g_2$ . Формула для проскока с учетом влажности:

$$B = \left( 1 - \frac{2gbtk_1}{1+\alpha\varphi} \left( \frac{e^{ga}}{C_0^{gb}} \right)^{\frac{1}{1+\alpha\varphi}} \right)^{\frac{1+\alpha\varphi}{gb}} \quad (6)$$

где  $\varphi$  – относительная влажность. Найденные для гопкалита при комнатной температуре (23-25°C) параметр  $\alpha$  равен  $0.014 \pm 0.002$ ,  $k_1$  равна  $21 \pm 2$ ,  $e^{ga} - 170 \pm 10$ .

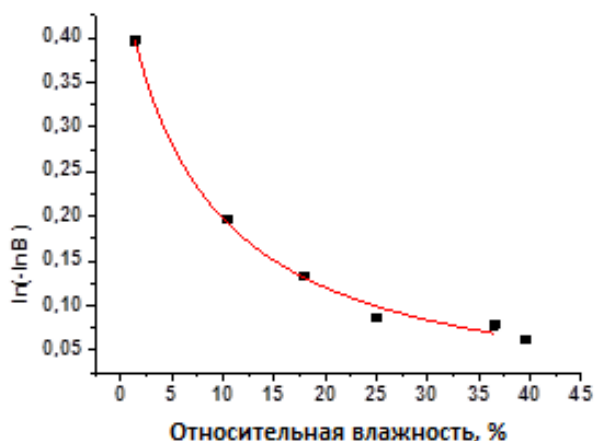


Рис. 2. Аппроксимация экспериментальной зависимости проскока озона от влажности уравнением (6) для катализатора гопкалит. Температура – 31°C.

Для описания зависимости стационарного проскока от относительной влажности применялись различные изотермы адсорбции: Фрейндлиха, Лэнгмюра, Темкина, многослойная адсорбция. Лучше всего описывает полученные экспериментальные данные изотерма адсорбции Лэнгмюра.

#### 4. Выводы

Таким образом, на основе использования модели адсорбции на неоднородной поверхности была описана зависимость стационарного проскока озона от температуры и влажности. Найденные параметры уравнения этой зависимости позволяют прогнозировать концентрацию озона на выходе из установок очистки воздуха для контроля превышения ПДК<sub>сс</sub>.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лунин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н. Физическая химия озона. – М: изд-во МГУ – 1998. – 480 с.;
2. Rakesh Radhakrishnan Structure and ozone decomposition reactivity of supported manganese oxide catalyst. – 2001 – Ph.D. dissertation;
3. Wei Li, S. Ted Oyama Mechanism of ozone decomposition on a manganese oxide catalyst. 2. Steady-state and transient kinetic studies. – 1998 – J. Am. Chem. Soc. – Vol. 120 – Pp. 9047-9052.

### KINETICS OF HETEROGENEOUS OZONE DECOMPOSITION OVER OXIDE-BASED CATALYSTS: DEPENDENCE ON RELATIVE HUMIDITY AND TEMPERATURE

*Philippov I.A.*<sup>1,2</sup>, Ph.D. student, e-mail: [philippov.ilya@gmail.com](mailto:philippov.ilya@gmail.com)  
*Larichkin V.V.*<sup>2</sup>, D.Sc. (Eng.), professor e-mail: [larichkin@corp.nstu.ru](mailto:larichkin@corp.nstu.ru)

<sup>1</sup>Tion Smart Microclimate, 630090, Russian federation, Novosibirsk, Inzhenernaya St., 20

<sup>2</sup>Novosibirsk State Technical University, 630073, Russian federation, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20

#### Abstract

Application of ozone decomposition catalysts requires to predict steady state outlet ozone concentration. The aim of the study was to find out the dependence of the steady state breakthrough of ozone beyond ozone decomposition catalysts on temperature and relative humidity. Different studies of ozone decomposition on transition metal oxides analyze the reaction rate using uniform and non-uniform surface kinetics. In previous study non-uniform surface kinetics was shown to be suitable for interpreting experimental data, and the expression for the breakthrough was received. In this paper we demonstrated that the breakthrough equation provides a good description of the ozone decomposition process at various temperature and relative humidity.

**Keywords:** kinetics, ozone decomposition, ozone breakthrough, relative humidity, temperature.

## АДСОРБЦИОННЫЙ МЕТОД ИЗВЛЕЧЕНИЯ НИКЕЛЯ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

*Цицилина Дарья Михайловна<sup>1</sup>, магистрант;*

*Гаврилова Таисия Германовна<sup>1</sup>, магистрант;*

*Ларичкин Владимир Викторович<sup>1</sup>, д. т. н., профессор*

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(383) 346-50-31

*Цицилина Д.М.*, e-mail: [tsitsilinadm@mail.ru](mailto:tsitsilinadm@mail.ru)

*Гаврилова Т.Г.*, e-mail: [gavrilova.t.g@mail.ru](mailto:gavrilova.t.g@mail.ru)

*Ларичкин В.В.*, e-mail: [larichkin@corp.nstu.ru](mailto:larichkin@corp.nstu.ru)

*Адрес для корреспонденции: Ларичкин Владимир Викторович*, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(383) 346-50-31

### **Аннотация**

Исследована возможность использования марганцевых руд сибирских месторождений для сорбционного извлечения никеля из сточных вод. Определены оптимальные параметры сорбционного процесса в статическом режиме для удаления никеля из сточных вод до концентраций, отвечающих санитарным требованиям к очищенной воде.

**Ключевые слова:** тяжёлые металлы, никель, промышленные сточные воды, марганцевые руды, сорбция.

### **1. Введение**

При использовании воды в технологических процессах она часто загрязняется тяжелыми металлами такими, как Cd, Pb, Zn, Cr, Ni, Co, Hg и др. Тяжелые металлы, попадая в воду, могут существовать в виде растворимых токсичных солей, коллоидных частиц, осадков оксидов, гидроксидов и др.

Главными источниками загрязнения воды тяжелыми металлами являются гальванические производства машиностроительных заводов, предприятия горнорудной, черной и цветной металлургии и др. Сточная вода загрязнённая тяжелыми металлами, попадая в естественные водоемы оказывает прямое или косвенное токсическое воздействие на водные организмы. Тяжелые металлы с водой и по пищевым цепям также могут попадать в организм человека и вызывать заболевания такие как, атеросклероз, гипертонию, поражение костного мозга, ослабление зрения и другие болезни.

В этой связи актуальной является задача поиска эффективного и экономически выгодного способа очистки воды от тяжёлых металлов, в частности, от растворенного никеля.

В настоящее время известны способы химической и электрохимической очистки воды от растворенного никеля. Такие методы, как ионный обмен,

электрокоагуляция, известкование, не позволяют очистить сточные воды до уровня санитарных норм. Другие способы – обратный осмос, ультрафильтрация, обеспечивая высокую степень очистки, влекут за собой масштабные экономические вложения в оборудование, квалифицированный персонал и большие производственные площади.

В последнее время сорбционные методы очистки сточных вод с использованием природных сорбентов все чаще рассматриваются исследователями как экономически выгодный и эффективный метод очистки природных и сточных вод от загрязнений [1].

В работах [2-4] показано, что низкосортные марганцевые руды некоторых месторождений Сибири проявляют высокие окислительные свойства по отношению к ионам поливалентных металлов и отдельным классам органических соединений, а также сорбционные свойства по отношению к ионам тяжелых металлов.

Цель работы – исследование возможности сорбционной очистки промышленных сточных вод от никеля с использованием марганцевых руд сибирских месторождений.

## **2. Методика экспериментальных исследований**

Исследования проводили на модельных растворах, приготовленных на водопроводной воде с добавлением сульфата никеля. Для исследования были выбраны марганцевые руды Селезеньского и Усинского месторождений Сибири.

Содержание марганца в руде Селезеньского месторождения, отмытой от глинистых примесей, составляло 21,25% в основном в виде диоксида марганца  $MnO_2$ . Обогащение руды методом магнитной сепарации позволило повысить содержание марганца до 26,7%.

Карбонатная марганцевая руда Усинского месторождения представлена, в основном, родохрозитами ( $MnCO_3$ ), с содержанием марганца – 20,08%. Для разложения карбонатов марганца до оксидов эта руда была термически обработана при  $t = 600^\circ C$ , при этом содержание марганца увеличилось до 22,23%.

Исследование кинетики сорбции никеля из водных растворов на марганцевой руде проводили в статических условиях методом ограниченного объема. Для этого в конические колбы поочередно помещали:

- раствор никеля с концентрацией  $5 \text{ мг/дм}^3$  в количестве  $0,1 \text{ дм}^3$ ;
- $0,2 \text{ г}$  руды крупностью  $100 \dots 200 \text{ мкм}$ .

Полученный раствор перемешивали на магнитных мешалках в течение 20 минут. Опыты проводили при температуре  $20 \dots 23^\circ C$ .

По экспериментальным данным строили изотермы сорбции методом переменных концентраций на модельных растворах с содержанием металла от 1 до  $100 \text{ мг/дм}^3$ .

Химический анализ жидкой фазы проводили на атомно-эмиссионном спектрографе, а образцов марганцевой руды на рентгенофлуоресцентном

спектрометре.

### 3. Результаты и обсуждение

На первом этапе исследований была определена область оптимальных значений pH, где сорбционная емкость руды по отношению к никелю является максимальной.

Оксид марганца имеет точку нулевого заряда в диапазоне 2,8...4,5, следует при pH выше 4,5 он меняет заряд поверхности с положительного на отрицательный, что важно для сорбции катионов [5]. Возникает необходимость исследования влияния pH на эффективность удаления никеля сорбцией на марганцевой руде.

На рис. 1а представлены зависимости степени извлечения никеля от pH среды на руде Селезеньского и Усинского месторождений.

Важным технологическим фактором является расход сорбента, необходимый для эффективного его использования.

На рис. 1б представлены зависимости степени извлечения никеля от расхода сорбентов. Увеличение расхода сорбента приводит к увеличению степени извлечения, при этом степень извлечения на Усинской руде в два раза выше, чем на руде Селезеньского месторождения.

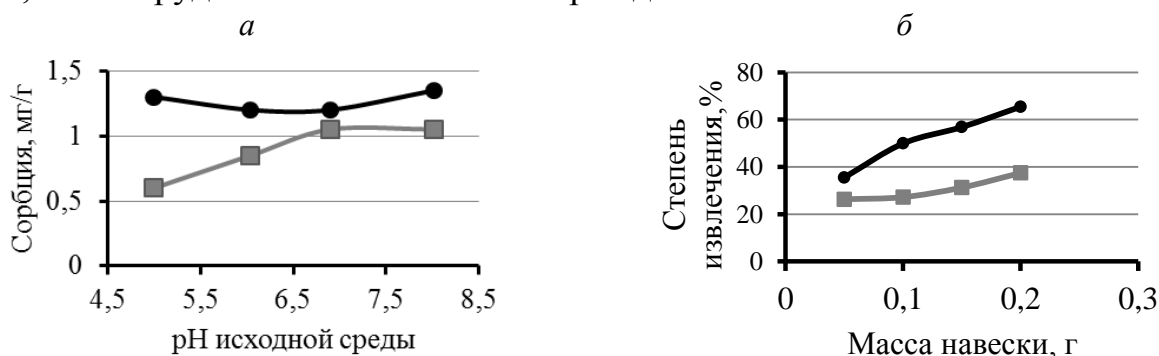


Рис.1. Зависимость степени извлечения ионов никеля от pH среды (а) и массы навески (б) на марганцевой руде:

● – Усинское месторождение ■ – Селезеньское месторождение

Это объясняется наличием кальция в составе руды Усинского месторождения с содержанием карбоната кальция около 30%, который после прокаливания превращается в оксид и в водной среде создает щелочную среду с pH = 8...8.5, что способствует образованию гидролизированных ионов никеля.

Исследования кинетики сорбции и изотермы сорбции проводили в основном на руде Усинского месторождения, имеющей более высокие сорбционные свойства.

По полученным в результате исследований данным рассчитывали сорбционную емкость в определённый промежуток времени по формуле (1) и строили кинетическую кривую (рис. 2).

$$a(t) = \frac{(C_0 - C(t)) \cdot V}{m}, \quad (1)$$

где  $a(t)$  – количество сорбированного вещества в момент времени  $t$ , мг/г;

$C_0$  – начальная концентрация Ni в растворе, мг/дм<sup>3</sup>;

$C(t)$  – концентрация никеля в момент времени  $t$ , мг/дм<sup>3</sup>;  
 $V$  – объем раствора, дм<sup>3</sup>;  
 $m$  – масса воздушно-сухого сорбента (руды), г.

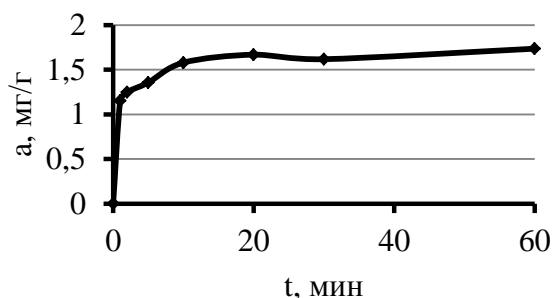


Рис. 2. Кинетическая кривая сорбции никеля на марганцевой руде Усинского месторождения

Анализ кинетической кривой показывает, что сорбционный процесс характеризуется достаточно высокой сорбционной скоростью. Равновесие в системе раствор-сорбент устанавливается за 15 минут, что свидетельствует о высоком сродстве ионов никеля к поверхности сорбента. При этом количество сорбционного вещества было равным  $a = 1,7$  мг/г.

С целью определения лимитирующей стадии процесса сорбции никеля на марганцевой руде экспериментальные данные были обработаны по уравнению для внешних диффузионных процессов:

$$\ln(1 - F) = -\gamma \cdot t \cdot c, \quad (2)$$

где  $F = a/a_{\text{равн}}$  – скорость достижения равновесия;

$a$  – сорбционная емкость руды в момент времени  $t$ , мг/г;

$a_{\text{равн}}$  – сорбционная емкость руды в состоянии равновесия, мг/г;

$\gamma$  и  $c$  – постоянные величины для данных условий;

$t$  – время, мин.

О степени химического сродства между реагирующими веществами можно судить по изменению энергии Гиббса ( $\Delta G$ ), которая связана с константой сорбционного равновесия  $K$  соотношением:

$$\Delta G = -R \cdot T \cdot \ln K, \quad (3)$$

где  $\Delta G$  – изменение энергии Гиббса, Дж/моль;

$R = 8,314$  Дж/(моль·К) – газовая постоянная;

$T$  – температура реакции, К;

$K$  – константа равновесия.

Для нахождения параметров сорбции при обработке экспериментальных данных в работе использовали уравнение Фрейндлиха

$$A = K \cdot C_1/n, \quad (4)$$

где  $A$  – сорбционная емкость, моль/г;

$C$  – равновесная концентрация, моль/л;

$K$ ,  $n$  – константы, зависящие от природы растворенного вещества и температуры.

Постоянные Фрейндлиха находили графоаналитическим методом, представив уравнение (4) в логарифмических координатах в виде

прямолинейной зависимости. Результаты расчета констант и значения энергии Гиббса представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры сорбции

Методы расчёта	по Фрейндлиху					по Ленгмюру	
	lgK	K	tgα	n	ΔG, кДж/моль	K	ΔG, кДж/моль
Значение	2,669	466,87	1,5457	0,6469	-15,11	2236,84	-18,97

Из таблицы видно, что значения энергии Гиббса отрицательные ( $\Delta G < 0$ ), что свидетельствует о возможности химического взаимодействия ионов никеля с рудой.

На основе данных, полученных в результате исследований, были выбраны оптимальные условия для очистки промышленных сточных вод.

По нормам РФ предельно допустимая концентрация никеля в питьевой воде составляет 0,1 мг/л. После сорбционной очистки воды, с концентрацией никеля 16,9 мг/л, что соответствует среднему показателю промышленного стока, концентрация составила 0,052 мг/л.

#### 4. Выводы

Экспериментально показана принципиальная возможность сорбционной очистки сточных вод от никеля на низкосортных марганцевых рудах.

В лабораторных условиях подобраны оптимальные параметры для очистки промышленных сточных вод от ионов никеля:

- марганцевая руда Усинского месторождения;
- pH среды 7,5...8,5;
- расход руды 5 г/л.

Установлено, что при этих параметрах эффективность очистки вод составляет 99,7 %.

Таким образом, высокая эффективность очистки позволяет рекомендовать марганцевую руду Усинского месторождения как экономически выгодный сорбент взамен дорогостоящих электрохимических систем очистки промышленных сточных вод от никеля.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочкарев Г.Р., Пушкарева Г.И., Коваленко К.А. Извлечение мышьяка из природных вод и технологических растворов с использованием природного сорбента и катализатора // ФТПРПИ. – 2010. – № 2. – С. 102-108.
2. Бочкарев Г.Р., Пушкарева Г.И., Коваленко К.А. О сорбционных свойствах марганцевых руд // ФТПРПИ. – 2011. – № 6 – С. 182–183.
3. Бочкарев Г.Р., Коваленко К.А., Пушкарева Г.И. Исследование

сорбции меди на марганцевой руде Порожинского месторождения // ФТПРПИ. – 2015. – № 5 – С. 155–160.

4. Полянский Н.Г., Горбунов Г.В., Полянская Н.Л. Методы исследования ионитов. – М.: Химия, 1976. – 286 с.

5. Когановский А.М., Клименко Н.А., Левченко Т.М., Марутовский Р.М., Рода И.Г. Адсорбционная технология очистки сточных вод. – К.: Наук. думка, 1981. – 175 с.

## ADSORPTION TECHNIQUE FOR THE REMOVAL OF NICKEL FROM INDUSTRIAL WASTE WATER

*Tsitsilina Darya M., Master of Engineering sciences,*

e-mail: [tsitsilinadm@mail.ru](mailto:tsitsilinadm@mail.ru),

*Gavrilova Taisiya G., Master of Engineering sciences,*

e-mail: [gavrilova.t.g@mail.ru](mailto:gavrilova.t.g@mail.ru),

*Larichkin Vladimir V., D.Sc. (Engineering), Professor,*

e-mail: [larichkin@corp.nstu.ru](mailto:larichkin@corp.nstu.ru)

Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx prospect, Novosibirsk,  
630073, Russia

### **Abstract**

The authors analyze applicability of manganese ore from Siberia to remove nickel from waste water by adsorption. Optimal parameters of adsorption in static mode to remove nickel down to health standards are determined.

**Keywords:** heavy metals, nickel, industrial waste water, manganese ore, adsorption.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНА В ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ

*Часовникова Анита Валерьевна<sup>1,2</sup>, магистрант  
Верниковская Надежда Викторовна<sup>1,2</sup>, к.т.н.  
Чумаченко Виктор Анатольевич<sup>1</sup>, к.х.н.*

<sup>1</sup>Институт катализа СО РАН, Пр. Ак. Лаврентьева 5, Новосибирск 630090

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, 630073,  
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(383) 346-50-31

*Часовникова А.В.*, e-mail: [zokii09@rambler.ru](mailto:zokii09@rambler.ru)

*Верниковская Н.В.*, e-mail: [vernik@catalysis.ru](mailto:vernik@catalysis.ru)

*Чумаченко В.А.*, e-mail: [vachum@catalysis.ru](mailto:vachum@catalysis.ru)

*Адрес для корреспонденции: Чумаченко Виктор Анатольевич, Институт катализа СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, Пр. Ак. Лаврентьева 5, тел. 326-94-12*

### **Аннотация**

Применение каталитических способов окисления углеводородного топлива позволяет достичь принципиально новых результатов разработки технологий с минимальным загрязнением атмосферы. Актуальным является использование тепла, образующегося в результате каталитического окисления метана, в трубчатых элементах каталитических нагревателей.

Целью работы являлось проведение математического моделирования каталитического нагревателя в виде трубчатого реактора, в межтрубном пространстве которого тепло снимается с помощью высококипящего теплоносителя. Определены оптимальные характеристики реактора для получения снимаемой тепловой мощности с одной трубки 0,0235 кВт.

### **Ключевые слова:**

математическая модель; каталитическое окисление; метан; трубчатый реактор.

### **1. Введение**

Органические виды топлива в настоящее время являются самым распространенным источником энергии. Более половины энергии, потребляемой во всем мире, производится за счет сжигания углеводородных топлив [1]. Сжигание органического топлива для получения электрической энергии и/или тепла, и в особенности электроэнергетика с ее огромными централизованными электростанциями, является одной из основ функционирования современного общества. Топливосжигающие установки расходуют большое количество органического топлива различных видов и



других природных ресурсов, преобразуя их в полезную энергию. Функционирование этих предприятий приводит к образованию разнообразных отходов и поступлению большого количества загрязняющих веществ во все природные среды: в воздух, воду и почву, причем выбросы в атмосферу считаются одной из глобальных экологических проблем [2]. В настоящее время установлено, что продукты сгорания ряда углеводородных топлив обладают канцерогенной активностью. Это связано с тем, что среди несгоревших углеводородов содержатся полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), многие из которых обладают канцерогенной и (или) мутагенной активностью. Одним из распространенных источников эмиссии канцерогенных ПАУ являются отопительные системы, среди которых мелкие котельные и топки отличаются наибольшими удельными выбросами [1].

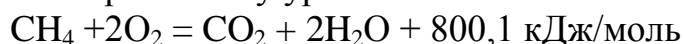
В частности, на автоматических газораспределительных станциях (АГРС) в теплогенерирующих установках сжигается большое количество углеводородных газов, а полученное тепло используется для подогрева, транспортировки и переработки продуктов газоконденсатных месторождений [3]. Снижение загрязнения атмосферы токсичными выбросами может быть достигнуто при применении каталитического сжигания углеводородных топлив.

В связи с этим актуальна задача исследования возможности каталитического окисления топлив в теплогенерирующих установках АГРС, что позволит снизить уровень вредных выбросов в атмосферу, с последующим полезным использованием образующегося тепла.

Целью работы являлось проведение математического моделирования каталитического нагревателя в виде трубчатого реактора, в межтрубном пространстве которого тепло снимается с помощью высококипящего теплоносителя, и определение оптимальных характеристик реактора для получения наибольшей снимаемой тепловой мощности. При этом конверсия метана должна составлять не менее 98-99%, максимальная температура не должна превышать 810°C.

## 2. Теория

Реакция полного окисления метана кислородом воздуха протекает по следующему стехиометрическому уравнению:



Скорость реакции окисления может быть представлена кинетическим уравнением 1-го порядка относительно метана:

$$\omega = k \cdot y_{\text{CH}_4} \quad (1)$$

где  $k$  – константа скорости реакции, моль/(м<sup>3</sup><sub>кат</sub>·с);  $y_{\text{CH}_4}$  – концентрация метана, мольная доля;  $\omega$  – скорость реакции, моль/(м<sup>3</sup><sub>кат</sub>·с).

Зависимость константы скорости реакции от температуры определяется по уравнению Аррениуса:

$$k = A \cdot e^{-E/RT} \quad (2)$$

В качестве катализатора для сжигания природного газа использовался катализатор марки АОК-75-41 ТУ 6-68-197-2002, который выпускается ОАО «СКТБ Катализатор», г. Новосибирск. Катализатор имеет форму шариков диаметром 2-3 мм. Катализатор выполнен на основе высокотемпературных форм оксидов марганца  $MnO_x$  и алюминия  $Al_2O_3$ , он обладает термической стабильностью до 850 °С и достаточной механической прочностью на разрушение и истирание. Согласно кинетическим исследованиям, значения энергии активации и предэкспоненциального множителя константы скорости равны  $82,5 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$  и  $5,5 \cdot 10^5 \text{ мл} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ , соответственно.

Поскольку в многотрубном каталитическом реакторе все трубки находятся в идентичных условиях, то расчеты велись для одной трубки реактора. Слой катализатора в трубке имеет форму цилиндра. Использовалась стационарная двумерная математическая модель процессов тепло- и массопереноса, с достаточной для инженерных расчетов точностью описывающая изменение температуры и концентраций веществ по длине и по радиусу трубки [4].

Математическое описание процесса в слое катализатора имеет вид:

$$\frac{P_0}{RT_0} \frac{\partial(u_i y_i)}{\partial l} + \frac{1}{r} \frac{P_0}{RT_0} \frac{\partial}{\partial r}(r u_r y_i) - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{PD_r}{RT} \frac{\partial y_i}{\partial r} \right) = g_i \omega \quad (3)$$

$$\frac{P_0}{RT_0} \bar{u}_l c_p \frac{\partial T}{\partial l} + \frac{P_0}{RT_0} \bar{u}_r c_p \frac{\partial T}{\partial r} - \epsilon_i c_{pi} \left( \frac{\partial T}{\partial r} \right) \frac{PD_r}{RT} \frac{\partial y_i}{\partial r} - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \lambda_r \frac{\partial T}{\partial r} \right) = -\Delta H \omega \quad (4)$$

$$\frac{\partial u_l}{\partial l} = \frac{2RT_0}{R^2_{Tp} P_0} \int_0^{R_{Tp}} g_i \omega dr \quad (5)$$

граничные условия:

$$0 \leq r \leq R_{Tp} \quad l = 0: \quad \bar{u}_l(0, r) = \bar{u}_0, \quad T(0, r) = T_{in}, \quad y_i(0, r) = y_{in}, \quad i = \overline{1, N};$$

$$0 \leq l \leq L \quad r = 0: \quad \frac{\partial y_i(l, 0)}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial T(l, 0)}{\partial r} = 0;$$

$$r = R_{Tp}: \quad \frac{\partial y_i(l, R_{Tp})}{\partial r} = 0, \quad i = \overline{1, N}; \quad u_r(l, R_{Tp}) = 0.;$$

где  $P$ ,  $P_0$  – давление рабочее и при н.у., бар;  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $\text{м}^3 \cdot \text{атм} / (\text{моль} \cdot \text{К})$ ;  $T$ ,  $T_0$  – температура рабочая и при н.у., К;  $\bar{u}_l$  – линейная скорость потока, м/с;  $y_i$  – концентрация  $i$ -го вещества, м. д. (мольная доля);  $l$  – координата по длине слоя, м;  $r$  – координата по радиусу слоя, м;  $\bar{u}_r$  – радиальная скорость потока, м/с;  $D_r$  – радиальный коэффициент диффузии,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $\gamma_i$  – стехиометрический коэффициент  $i$ -го вещества в реакции;  $\omega$  – наблюдаемая скорость реакции на зерне катализатора,  $\text{моль} / (\text{м}^3_{\text{кат}} \cdot \text{с})$ ;  $c_p$  – теплоемкость смеси,  $\text{Дж} / (\text{К} \cdot \text{моль})$ ;  $c_{pi}$  – теплоемкость  $i$ -го вещества,  $\text{Дж} / (\text{К} \cdot \text{моль})$ ;  $\lambda_r$  – радиальный коэффициент теплопроводности,  $\text{Дж} / (\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{К})$ ;  $\Delta H$  – энтальпия реакции,  $\text{Дж} / \text{моль}$ ;  $\epsilon$  – порозность слоя;  $R_{Tp}$  – радиус трубки, м,  $L$  – длина трубки, м;  $T_{in}$  – входная температура, К;  $y_{in}$  – входная концентрация, м. д.

В уравнении материального баланса (3) учитывается конвективный перенос массы в продольном и поперечном направлениях, перенос массы в

поперечном направлении за счет диффузии и изменение массы вследствие протекания реакции. В уравнении теплового баланса (4) учитывается конвективный перенос энергии в продольном и поперечном направлениях, перенос тепла теплопроводностью в поперечном направлении, перенос тепла диффузией вследствие различия теплоемкостей диффундирующих веществ и выделение тепла в результате химической реакции. Уравнение (5) описывает изменение аксиальной скорости по длине трубки. Заданы условия теплообмена между реакционным пространством и теплоносителем через стенку трубки.

При моделировании реактора исследовалось влияние диаметра и длины слоя катализатора, температуры теплоносителя, входной температуры, входной концентрации метана, линейной скорости, а также формы катализатора на конверсию метана, максимальную температуру, перепад давления и снимаемую тепловую мощность. Параметры варьировались в следующих пределах:

диаметр трубки ( $D_{тр}$ ) – от 3 до 5 см;

длина трубки ( $L_{тр}$ ) – от 0,5 до 1 м;

температура теплоносителя ( $T_x$ ) – 315°C, 400°C;

входная температура ( $T_{вх}$ ) – от 450 до 500°C;

входная концентрация метана ( $C_{вх}$ ) – от 2 до 3 %;

линейная скорость ( $u_0$ ) – от 0,1 до 0,284 м/с;

форма и размер катализатора – сфера диаметром ( $d$ ) 3мм или кольцо с внешним диаметром ( $d_{внеш}$ ) 5 мм и с внутренним диаметром ( $d_{внут}$ ) 2 мм.

### 3. Результаты

Максимальная конверсия (91,23%) для катализатора сферической формы получена при  $L_{тр}=1$  м,  $D_{тр}=3$  см,  $T_x=400$  °C,  $T_{вх}=500$  °C,  $C_{вх}=2,5$  %,  $u_0=0,142$  м/с (табл.1). Хотя максимальная температура не превышает 810 °C, конверсия остается ниже требуемого значения 98-99%. При увеличении линейной скорости от 0,142 до 0,284 м/с снимаемая тепловая мощность увеличивается, однако конверсия снижается с 91,23 до 73,88%.

Таблица 1

Влияние линейной скорости

$u_0$ , м/с	$T_{вх}$ , °C	$C_{вх}$ , %	$d_{тр}$ , см	Конверсия, %	$T_{вых}$ , °C	$T_{max}$ , °C	Q, кВт	$\Delta P$ , бар
0,142	500	2,5	2,5	91,23	401,66	595,56	0,031	0,0104
0,284	500	2,5	2,5	73,88	404,68	555,12	0,052	0,0269

Максимальная конверсия (99%) для катализатора в виде кольца получена при  $L_{тр}=1$  м,  $D_{тр}=3$  см,  $T_x=400$  °C,  $T_{вх}=500$  °C,  $C_{вх}=2,5$  %,  $u_0=0,1$  м/с (табл.2). Максимальная температура не превышает 810°C. Конверсия не ниже 98-99%. Снимаемая тепловая мощность составляет 0,0235 кВт. При увеличении линейной скорости от 0,1 до 0,142 м/с снимаемая тепловая мощность увеличивается, однако конверсия снижается с 99,0 до 97,41%. Снижение входной температуры приводит к уменьшению конверсии и снимаемой тепловой мощности.

Таблица 2

## Влияние линейной скорости и входной температуры

$u_0$ , м/с	$T_{вх}$ , °С	$C_{вх}$ , %	$d_{тр}$ , см	Конверсия, %	$T_{вых}$ , °С	$T_{max}$ , °С	Q, кВт	$\Delta P$ , бар
0,1	500	2,5	3	99,00	400,25	731,01	0,0235	0,016
0,142	500	2,5	3	97,41	400,62	700,46	0,0327	0,0028
0,1	470	2,5	3	96,16	400,97	551,87	0,0218	0,0016
0,1	450	2,5	3	94,99	401,28	496,95	0,0208	0,0016

При использовании катализатора в виде кольца перепад давления снижается более чем в 3 раза, по сравнению со сферой, при прочих равных условиях.

На рис. 1 приведены профили температуры по длине трубки в четырех сечениях по радиусу. Видно, что по оси элемента температура повышается с 500 °С до максимальной температуры, равной 731 °С, а затем снижается, приближаясь к значению, близкому к температуре теплоносителя. При  $r = 0,33 \cdot R_{тр}$  и  $0,67 \cdot R_{тр}$  профили имеют аналогичный характер. Профиль 4 отличается от первых трех, так как он находится ближе к стенке трубки, которая имеет температуру теплоносителя, равную 400 °С. Поэтому температура сначала понижается, а затем растет, достигает своего максимума и снижается до температуры, близкой к температуре теплоносителя.

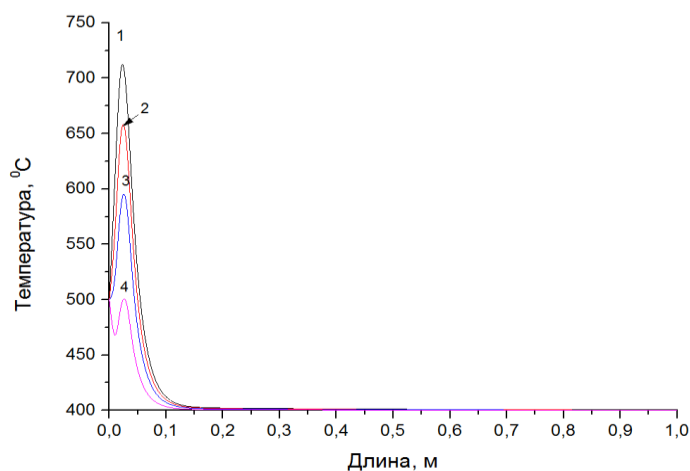


Рис 1. Профили температуры по длине элемента в 4-х сечениях по радиусу: 1 –  $r = 0$ ; 2 –  $r = 0,33 \cdot R_{тр}$ ; 3 –  $r = 0,67 \cdot R_{тр}$ ; 4 –  $r = R_{тр}$ ;  $T_x = 400^\circ\text{C}$ ;  $T_{вх} = 500^\circ\text{C}$ ;  $C_{вх} = 2,5\%$ ;  $D_{тр} = 3$  см;  $L_{тр} = 1$  м;  $u_0 = 0,1$  м/с; форма катализатора – кольцо.

Температурным профилям соответствуют профили конверсии (рис. 2). Видно, что чем выше температура, тем выше конверсия метана. Снижение температуры у стенки трубки приводит к снижению конверсии.

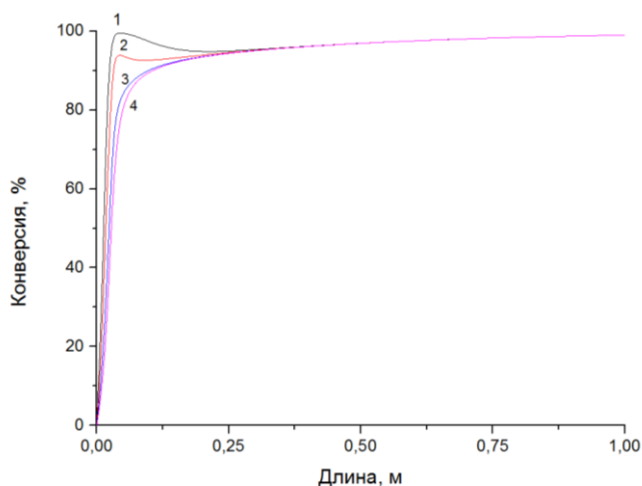


Рис 2. Профили конверсии метана по длине элемента в 4-х сечениях по радиусу: 1 –  $r = 0$ ; 2 –  $r = 0.33 \cdot R_{\text{тр}}$ ; 3 –  $r = 0.67 \cdot R_{\text{тр}}$ ; 4 –  $r = R_{\text{тр}}$ ;  $T_x = 400^\circ\text{C}$ ;  $T_{\text{вх}} = 500^\circ\text{C}$ ;  $C_{\text{вх}} = 2,5\%$ ;  $D_{\text{тр}} = 3$  см;  $L_{\text{тр}} = 1$  м;  $u_0 = 0,1$  м/с; форма катализатора – кольцо.

На рис. 3 приведены профили температуры по радиусу элемента в пяти сечениях по длине. Температура в центре трубки во всех сечениях выше, чем температура у стенки.

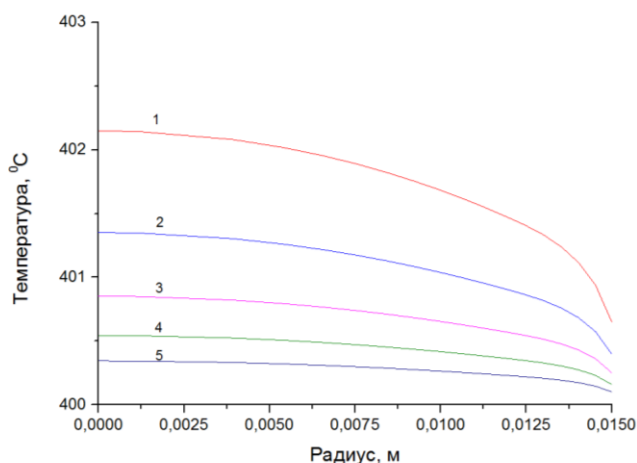


Рис 3. Профили температуры по радиусу элемента в 5-ти сечениях по длине: 1 –  $l = 0.2 \cdot L_{\text{тр}}$ ; 2 –  $l = 0.4 \cdot L_{\text{тр}}$ ; 3 –  $l = 0.6 \cdot L_{\text{тр}}$ ; 4 –  $l = 0.8 \cdot L_{\text{тр}}$ ; 5 –  $l = L_{\text{тр}}$ ;  $T_x = 400^\circ\text{C}$ ;  $T_{\text{вх}} = 500^\circ\text{C}$ ;  $C_{\text{вх}} = 2,5\%$ ;  $D_{\text{тр}} = 3$  см;  $L_{\text{тр}} = 1$  м;  $u_0 = 0,1$  м/с; форма катализатора – кольцо.

На рис. 4 приведены профили конверсии по радиусу элемента в пяти сечениях по длине. Конверсия метана вблизи стенки трубки ниже, чем в центральной части, вследствие более низкой температуры.

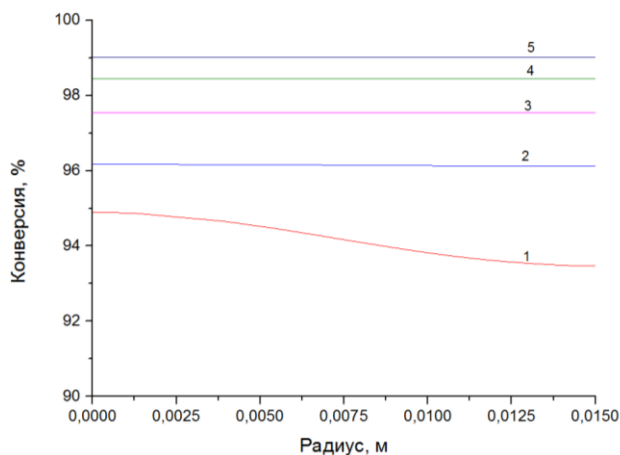


Рис 4. Профили конверсии метана по радиусу элемента в 5-ти сечениях по длине: 1 –  $l = 0.2 \cdot L_{\text{тр}}$ ; 2 –  $l = 0.4 \cdot L_{\text{тр}}$ ; 3 –  $l = 0.6 \cdot L_{\text{тр}}$ ; 4 –  $l = 0.8 \cdot L_{\text{тр}}$ ; 5 –  $l = L_{\text{тр}}$ ;  $T_x = 400^\circ\text{C}$ ;  $T_{\text{вх}} = 500^\circ\text{C}$ ;  $C_{\text{вх}} = 2,5\%$ ;  $D_{\text{тр}} = 3$  см;  $L_{\text{тр}} = 1$  м;  $u_0 = 0,1$  м/с; форма катализатора – кольцо.

#### 4. Выводы

В результате проведенного математического моделирования каталитического нагревателя при различных технологических параметрах было найдено, что при конверсии метана 99% и максимальной температуре 731°C максимальная снимаемая тепловая мощность составит 0,0235 кВт и может быть получена при  $L_{\text{тр}} = 1$  м,  $D_{\text{тр}} = 3$  см,  $T_x = 400^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{вх}} = 500^\circ\text{C}$ ,  $C_{\text{вх}} = 2,5$  %,  $u_0 = 0,1$  м/с, при этом форма катализатора – кольцо с внешним и внутренним диаметром 5 мм и 2 мм, соответственно.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукачѳв, С. В. Образование и выгорание бензапирена при сжигании УВ / С. В. Лукачѳв, А. А. Горбатко, С. Г. Матвеев ; Лукачѳв С. В.. – М. : Машиностроение, 1999. – 153 с.
2. Основные экологические аспекты сжигания топлива [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.14000.ru/projects/power/bref/2-aspects.pdf>.
3. Данилов, А. А. Автоматизированные газораспределительные станции / А. А. Данилов. – СПб : Химиздат, 2004. – 544 с.
4. А.Р. Kаgyрманова, I.A. Zolotarskii, E.I. Smirnov, N.V. Vernikovskaya, Optimum dimensions of shaped steam reforming catalysts, Chemical Engineering Journal, V. 134, 2007, p. 228-234.

## MODELING OF POLLUTION-FREE OXIDATION OF METHANE IN THE TUBULAR ELEMENTS OF CATALYTIC HEATERS

*Chasovnikova Anita Valeryevna*<sup>1,2</sup>, graduate students, [zokii09@rambler.ru](mailto:zokii09@rambler.ru)

*Vernikovskaya Nadezhda Viktorovna*<sup>1,2</sup>, Ph.D. (Engineering), senior researcher, [vernik@catalysis.ru](mailto:vernik@catalysis.ru)

*Chumachenko Victor Anatol'yevich*<sup>1</sup>, Ph.D. (Engineering), senior researcher, head of Group, [vachum@catalysis.ru](mailto:vachum@catalysis.ru)

<sup>1</sup>Institute of Catalysis SB RAS, pr. Lavrentieva 5, Novosibirsk, 630090, Russia

<sup>2</sup>Novosibirsk State Technical University, Prospekt K. Marksa 20, Novosibirsk, 630073, Russia

### ***Abstract***

The use of catalytic methods for oxidation of hydrocarbon fuel permits to achieve new results in the development of the technologies with minimal air pollution. The utilization of the heat generated in tubular elements of catalytic heaters due to catalytic oxidation of methane is of current importance. The aim of the paper is mathematical modeling of catalytic heater in the form of tubular reactor. High-boiling thermofor circulates between tubes and withdraws generated heat. We study the influence of diameter and length of catalytic bed, thermofor temperature, inlet temperature, inlet methane concentration, linear velocity, catalyst shape on methane conversion, maximum temperature, pressure drop and heating capacity. We find optimal reactor properties to obtain one tube heating capacity of 0,0235 kW.

### ***Keywords***

Mathematical model; catalytic oxidation; methane, tubular reactor.

## КЕРАМИЧЕСКИЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДООЧИСТКИ ВОДЫ ГОРОДСКОГО ВОДОПРОВОДА

*Ядыкин Виталий Александрович*<sup>1</sup>, *магистрант; Труфанов Дмитрий Юрьевич*<sup>2</sup>, *к.ф.-м.н., Бардаханов Сергей Прокопьевич*<sup>1,2</sup> *д.ф.-м.н., профессор*

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, проспект К. Маркса, 20, тел. (383)346-50-31

<sup>2</sup> Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 4/1, тел. (383)330-42-78

*Ядыкин В. А.*, e-mail: [vit\\_yad@mail.ru](mailto:vit_yad@mail.ru)

*Труфанов Д. Ю.*, e-mail: [trufanov@itam.nsc.ru](mailto:trufanov@itam.nsc.ru)

*Бардаханов С. П.*, e-mail: [bard@itam.nsc.ru](mailto:bard@itam.nsc.ru)

*Адрес для корреспонденции: Ядыкин Виталий Александрович*, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, проспект К. Маркса, 20, тел. 8(923)189-43-23

### Аннотация

Целью работы являлось исследование основных адсорбционных свойств гранул спеченных из наноразмерных порошков диоксида кремния. Ее актуальность обусловлена тем, что используемые сегодня адсорбенты сложно регенерировать и они имеют высокую стоимость. Нанопорошки производятся оригинальным способом, затем из них приготавливаются нанопористые керамические материалы с высокой удельной поверхностью до 80 м<sup>2</sup>/г. Такой тип адсорбента является новым и его изучение проведено впервые. Измеренные параметры сопоставлены с некоторыми данными для наполнителя коммерческого проточного фильтра для доочистки воды из водопровода. На данном этапе исследований сравнение проводилось по значениям *pH*, общей жесткости и концентрации общего железа в отфильтрованной воде.

**Ключевые слова:** нанопорошок, ускоритель электронов, нанопористая керамика, адсорбент, очистка воды, водородный показатель, общая жесткость, концентрация общего железа, спектрофотометр

### 1. Введение

Объем потребляемой в мире воды достигает 4 трлн. литров в год, а человечество воздействует практически на всю гидросферу. За время существования человечества в природную среду было введено около миллиона новых веществ (всего известно свыше 6 млн. химических соединений). Ежегодно в мире синтезируется около 250 тысяч новых химических



соединений, многие из которых получают широкое применение и могут поступать в окружающую среду.

Значительная часть примесей не извлекается из воды механически, не нейтрализуется при биологической очистке, не удаляется такими традиционными методами водоочистки, как отстаивание, коагуляция и флотация. Это обуславливает введение в комплексную технологическую схему водоподготовки стадии адсорбционной доочистки. Как правило, эта стадия является заключительным этапом в технологическом процессе очистки воды. Однако используемые сегодня адсорбенты сложно регенерировать и они имеют достаточно высокой стоимостью (~250р/кг для активированного угля), что увеличивает затраты при качественной воды [1]. В то же время адсорбционный метод является хорошо управляемым процессом. Он позволяет удалять загрязнения широкого спектра практически до любой остаточной концентрации независимо от их химической устойчивости. При этом отсутствуют вторичные загрязнения. Отсюда перспективной является тенденция развития фильтрующе-сорбирующих устройств, предназначенных для локальной доочистки питьевой воды [2]. Поэтому предмет исследования является актуальным.

В Институте теоретической и прикладной механики СО РАН сегодня производится нанопорошок с использованием ускорителя электронов (рис. 1). Гранулы, полученные из нанопорошка (рис. 2) обладают большой удельной поверхностью ( $80 \text{ м}^2/\text{г}$ ) и могут проявлять адсорбционные свойства. Изучение некоторых из них и являлось целью данной работы.

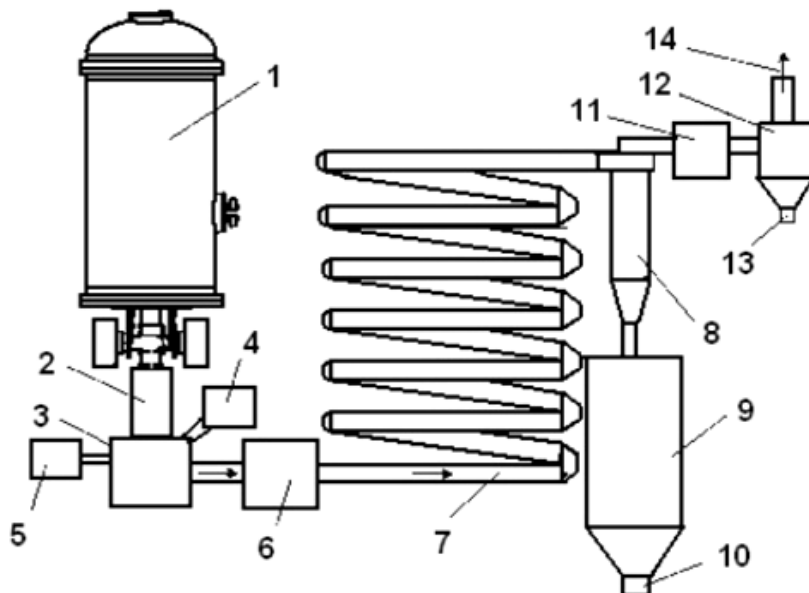


Рис. 1. Схема опытно-промышленной установки на базе ускорителя электронов для получения нанопорошков: 1 – ускоритель электронов; 2 – устройство выпуска пучка электронов; 3 – реактор; 4 – подача сырья; 5 – воздух; 6 – циклон №1; 7 – трубопровод–коагулятор; 8 – циклон №2; 9 – бункер; 10 – выгрузка порошка; 11 – вентилятор; 12 – фильтр; 13 – выгрузка порошка; 14 – очищенный воздух [3].

## 2. Методика экспериментального исследования

Для сравнения адсорбционных свойств, был использован бытовой фильтр для проточной очистки типа «Барьер». В данном фильтре 3 отсека: для очистки

от механических загрязнений (с ситом и фильтрующей бумагой), для очистки от солей кальция и магния (с ионно-обменной смолой), для очистки от ионов тяжёлых металлов (с кокосовым углем). Исследуемая нанокерамика испытывалась в картридже, задача которого - очистка от ионов тяжёлых металлов.



Рис. 2. – Внешний вид нанокерамики

### *2.1. Измерение рН исследуемой воды*

Для измерения рН использовался рН-метр METTLER TOLEDO. Для анализа были взяты пробы воды до и после прохождения через фильтр. Результаты измерения рН представлены в таблице 1.

Условные обозначения, использованные для работы:

У<sub>0</sub> – вода до прохождения через фильтр, фильтрат кокосовый уголь;

У<sub>1</sub> – вода после прохождения через фильтр, фильтрат кокосовый уголь;

К<sub>0</sub> – вода до прохождения через фильтр, фильтрат нанокерамика;

К<sub>1</sub> – вода после прохождения через фильтр, фильтрат нанокерамика.

Из таблицы видно, что нанокерамика почти не влияет на рН: не повышая и не понижая её. Понижения, которые замечаются – можно списать на влияние второго отсека фильтра «Барьер».

### *2.2. Измерение общей жёсткости исследуемой воды*

Определение общей жёсткости исследуемой воды проводилось методом титрования, согласно ГОСТ Р 52407-2005. В данном методе, с помощью трилон Б, титруется смесь из аммиачного буферного раствора с красителем эрихромом чёрным Т и исследуемой водой. Под действием титрования изначальный малиновый цвет смеси меняется на тёмно синий. Для определения общей жёсткости используется формула (1):

$$\text{ОЖ} = N \cdot V_1 \cdot 1000 / V_2, \quad (1)$$

где: ОЖ – общая жесткость воды, мг·экв/л;

N – нормальность раствора трилона Б, моль·экв./л;

V<sub>1</sub> – объем раствора трилона Б, израсходованного на титрование, мл;

V<sub>2</sub> – объем воды, взятой на анализ, мл.

Результаты расчётов представлены в таблице 2.

Таблица 1

## Результаты измерения рН

№ измерения:	У <sub>0</sub>	У <sub>1</sub>	К <sub>0</sub>	К <sub>1</sub>
1	7,505	7,320	7,269	7,182
2	7,392	7,338	7,278	7,200
3	7,308	7,268	7,183	7,100
4	7,181	6,767	7,180	6,947
5	7,197	6,779	7,284	6,979
6	7,203	6,804	7,253	7,013
7	7,235	6,806	7,280	7,010
□ средняя	7,289	7,012	7,247	7,062

Таблица 2

## Результаты измерения общей жесткости исследуемой воды

№ измерения	У <sub>0</sub> , мг·экв./л	У <sub>1</sub> , мг·экв./л	К <sub>0</sub> , мг·экв./л	К <sub>1</sub> , мг·экв./л
1	5,62	6,28	6,24	4,22
2	5,50	4,74	5,30	5,54
3	5,40	4,70	5,12	5,10
4	5,24	4,70	5,60	5,20
5	5,34	5,48	5,30	5,46
6	5,18	4,50	5,20	5,30
7	5,14	4,80	5,22	5,66
□ средняя	5,35	5,03	5,43	5,21

По данным таблицы 2, можно утверждать, что влияние нанокерамики на общую жёсткость незначительно.

### 2.3. Измерение концентрации общего железа

Далее был проведен опыт по очистке водопроводной воды при помощи изготовленного нами адсорбента. Для этого крупку из порошковой пористой керамики поместили в одну из секций промышленного фильтра для очистки воды и пропустили через нее около 7 тонн воды. Несмотря на то, что водопроводная вода была достаточно чиста, адсорбент приобрел рыжеватый оттенок характерный для оксида железа. Далее мы рассмотрели возможность улавливать оксид железа из раствора более детально.

Опыт проводился с целью узнать ёмкостные пределы адсорбента. Для этого через 20 мл ёмкость, забитую нанокерамикой, пропустили 7 проб воды по 80 мл, заведомо загрязнённых ржавчиной. На пробе №7 внешний вид пропущенной через фильтр воды уже не отличался от исходной.

Определение концентрации общего железа проводилось по ОСТ 39-191-85, а именно - сульфосалициловому методу определения содержания железа. Метод основан на факте, что содержание железа в присутствии раствора аммиака, и раствора сульфосалициловой кислоты может изменить оптическую плотность воды. Зная оптическую плотность исследуемой воды в присутствии данных растворов можно рассчитать концентрацию общего железа по формуле (2), где параметр  $C_{\text{граф}}$  берётся из калибровочного графика (рис.3). Оптическая плотность измерялась посредством спектрофотометра ЮНИКО 1201 при длине волны равной 400 нм,

$$C_{\text{общ}} = \frac{C_{\text{граф.}} \cdot 100}{V}, \quad (2)$$

где:  $C_{\text{общ}}$  – искомая концентрация железа, мг/л;

$C_{\text{граф.}}$  – концентрация железа, найденная по калибровочному графику, мг/л;

100 – объём исследуемой воды с растворами, мл;

$V$  – объём пробы воды, взятой на определение, мл.

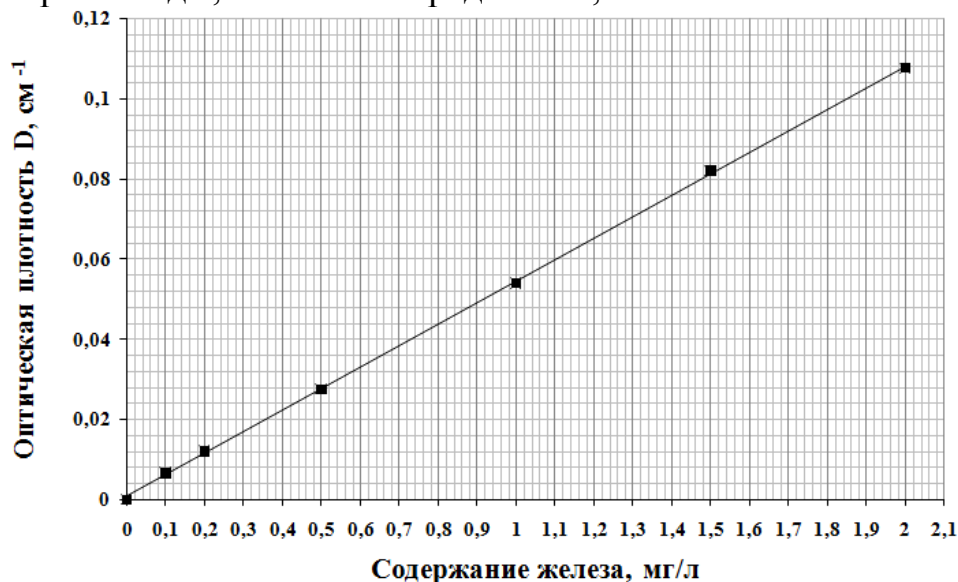


Рис. 3. Калибровочный график отношения содержания железа к оптической плотности воды, где точки – калибровочные растворы с известным содержанием железа

Результаты расчетов концентрации общей жесткости воды представлены на рисунке 4.

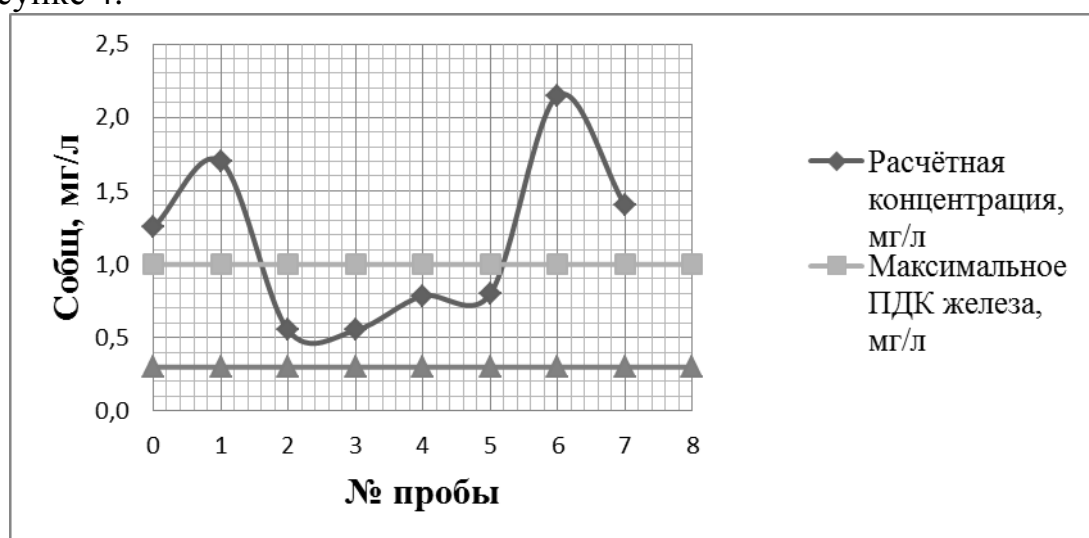


Рис. 4. Результаты расчётов концентрации общего железа

На графике нулевая точка (0) – это вода не пропущенная через адсорбент. Вторую точку графика можно списать на мутность воды из-за самого адсорбента при первой подаче воды через него. Обращая внимание на точки 2, 3, 4, 5 можно сказать, что исследуемый адсорбент справляется с задачей очистки воды от соединений железа вплоть до шестой пробы. Из этого следует, что адсорбент с насыпным объёмом в 20 мл в пределах нормы ПДК по железу

может очищать воду объёмом 400 мл (каждая проба была по 80 мл). А значит, 1 мл насыпного объёма адсорбента может эффективно очищать 20 мл воды от соединений железа.

### **3. Результаты и обсуждение**

В работе проведен всесторонний анализ адсорбционных свойств материала изготовленного из наноразмерного порошка. Несмотря на то, что результаты по солям, отвечающим за жесткость воды, оказались малозначимыми, однако для наиболее распространенного загрязнения – оксида железа, фильтрация показала хорошие сепарационные свойства. Кроме того в ходе эксперимента было замечено, что разные размерные фракции керамических гранул, улавливают оксид железа в разной степени. Например, крупные частицы после экспериментов по фильтрации почти не изменили свой цвет, а достаточно мелкие полностью приобрели «ржавый» цвет. По-видимому, это связано с тем, что поглощение железа идёт не по всему объёму нанопористой керамики, а только в приповерхностной ее области.

### **4. Выводы**

На основании проведённых экспериментов можно сделать следующие выводы по применению керамических наноматериалов на основе оксида кремния в качестве фильтрующего элемента для доочистки воды городского водопровода:

- гранулированная нанокерамика не влияет на снижение или повышение pH;
- соли калия и магния не задерживаются исследуемым адсорбентом;
- гранулированная нанокерамика может быть эффективной для удаления оксидов железа.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Промышленная химия. Адсорбенты. [Электронный ресурс] // TIU.RU – Товары и услуги. Режим доступа: [http://tiu.ru/Adsorbenty?no\\_redirect=1](http://tiu.ru/Adsorbenty?no_redirect=1).
2. Адсорбенты и ионные обменники в процессах очистки природных и сточных вод. [Электронный ресурс] // Банк Рефератов. Режим доступа: <http://qps.ru/NHyYU>.
3. Труфанов Д.Ю. Исследование свойств и динамики нанодисперсных порошков: Автореф. дис. канд. физ.-мат. наук: 01.02.05/ Труфанов Дмитрий Юрьевич — Новосибирск, 2011. — 22 с.

## CERAMIC NANOMATERIALS FOR WATER PURIFICATION OF URBAN WATER PIPELINE

**Yadykin V.A.**<sup>1</sup>, student, e-mail: [vit\\_yad@mail.ru](mailto:vit_yad@mail.ru)  
**Trufanov D.Yu.**<sup>2</sup>, candidate of engineering sciences,  
e-mail: [trufanov@itam.nsc.ru](mailto:trufanov@itam.nsc.ru)

**Bardakhanov S.P.**<sup>1,2</sup>, professor, e-mail: [bard@itam.nsc.ru](mailto:bard@itam.nsc.ru)

<sup>1</sup>Novosibirsk State Technical University, 20, Karl Marx prospect, Novosibirsk, 630073, Russia

<sup>2</sup>Siberian Branch of Russian Academy of Sciences Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics, 4/1, street Institute, Novosibirsk, 630090, Russia

### Abstract

The aim of the work was to study the main adsorption properties of the sintered granules of nanoscale silica powder. Its relevance is due to the fact that the regeneration of existing adsorbents is difficult and they are expensive. Nanopowders produced by original way, and nanoporous ceramic materials were prepared with high specific surface of 80 m<sup>2</sup>/g. This type of adsorbent is new and its study was conducted for the first time. The measured parameters were compared with some of the data for filler of commercial water purification filter. At this stage of research was conducted by comparison of pH, general salt impurities and general concentration of iron in the filtered water.

**Keywords:** nanopowders, electron accelerator, nanoporous ceramic, absorbent, water treatment, pH, general salt impurities, general iron concentration, spectrophotometer

## АНАЛИЗ ГРОЗОВЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

*Илюшов Николай Яковлевич, Скрябина Екатерина Андреевна*

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

*Илюшов Н. Я.* e-mail: kamchatka1234@rambler.ru

*Скрябина Е. А.* e-mail: [ekaterina.skryabina.93@mail.ru](mailto:ekaterina.skryabina.93@mail.ru)

В статье рассмотрены вопросы грозоупорности воздушных линий электропередач в районах Крайнего Севера. Приведена статистика грозовых отключений по данным ОАО «Тюменьэнерго»

**Ключевые слова:** грозовые отключения, перенапряжения, воздушные линии.

Проблема грозовых отключений воздушных линий (ВЛ) электропередач и на сегодняшний день не решена окончательно. Благодаря своей огромной протяженности ВЛ подвержены ударам молнии, а возникающие при этом импульсы грозового перенапряжения, распространяясь по линиям от точки удара в обе стороны линии, представляют реальную опасность для электрооборудования близкорасположенных подстанций. Особенно это актуально для северных районов нашей страны, несмотря на то, что грозовой период по своей продолжительности гораздо короче, чем в южных областях.

Низкая грозоупорность воздушных линий электропередач в районах Крайнего Севера связана с высоким удельным сопротивлением грунта. Это подтверждают данные о числе отключений ВЛ в северных регионах в течении одного грозового периода (таблица 1), представленные ЗАО «Феникс-88» [1]

Таблица 1

### Число отключений ВЛ в районах Крайнего Севера

Регион	Филиал и электрические сети	Протяжённость ВЛ, км	Общее число отключений	Удельное число отключений на 100 км
Ханты-Мансийский автономный округ	Когалымские	1564	36	2,3
	Нижневартовские	2934	25	3,2
	Энергокомплекс	1956	17	0,86
	Нефтеюганские	2535	17	0,67
	Уральские	1856	26	1,4
Ямало-Ненецкий автономный округ	Ноябрьские	1648	56	2,11
	Северные	1470	17	1,2



Тюменская область	Тюменские	1281	2	0,2
	Тобольские	1319	6	0,45
	Ишимские	1863	4	0,2
	Южные	1010	4	0,4
Всего		22368	271	1,2

По данным таблицы видно, что наибольшее количество отключений наблюдается в электрических сетях наиболее северных регионах, находящихся в зоне вечной мерзлоты, таких как Когалымские, Нижневартовские и Ноябрьские электрические сети. Например, г. Ноябрьск по данным [2] входит в зону распространения вечномерзлых грунтов с максимальной мощностью до 25 м (рисунок 1). Верхний слой грунта прогревается в летний период на глубину не более 40-50 см, и поэтому удельное сопротивление грунта у поверхности в грозовой период составляет 500-1000 Ом·м, а при нулевых температурах может достигать 20 000 Ом·м.

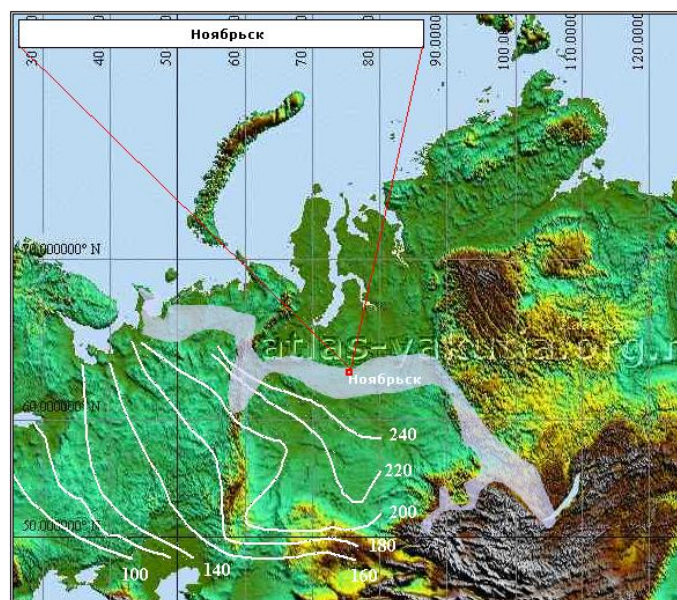


Рисунок 1 – Распространение вечномерзлых грунтов и глубин промерзания на широте г. Ноябрьск

Ноябрьские электрические сети включают четыре района электросетей: Холмогорский, Муравленковский, Пурпейский, Вынгапуровский. На балансе предприятия находится 56 подстанций, в том числе одна напряжением 35 кВ; 55 - напряжением 110 кВ; а также три переключательных пункта 110 кВ.

Основные потребители электрической энергии НЭС: ОАО «Газпромнефть-ННГ», ОАО «Роснефть-Пурнефтегаз», ОАО «Таркосаленфтегаз», ООО «Газпром добыча Ноябрьск», энергоснабжающие организации городов Ноябрьск, Муравленко, Губкинский, Тарко-Сале, посёлков Ханымей, Пурпе, Харампур. Расположение некоторых подстанций показано на рисунке 2.



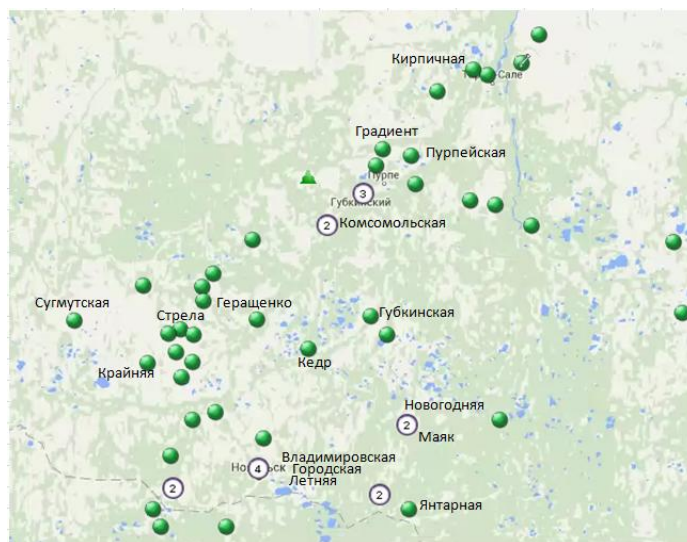


Рисунок 2 – Расположение подстанций Ноябрьских электрических цепей. По данным ОАО «Тюменьэнерго» за грозовые периоды с 2010 по 2015 год в филиале «Ноябрьские электрические сети» было зарегистрировано 857 случаев отключения воздушных линий (ВЛ). Из них 545 являются грозовыми отключениями и 312 возникли в результате других причин. Удельное число грозовых отключений на 100 км и 30 грозовых часов в зависимости от расположения ВЛ составляло от 1,1 до 23,3. Диаграмма грозовых отключений воздушных линий электропередач Ноябрьских электрических сетей по подстанциям представлена на рисунке 3.



ПС-110 Кедр
ПС-110 Герашенко
ПС-110 Стрела
ПС-110 Губкинская
ПС-110 Новогодняя
ПС-500 Муравленковская
ПС-220 Пуль-Яха
ПС-110 Крайняя
ПС-110 Пурпейская
ПС-110 Градиент
ПС-220 Выпугатур
ПС-110 Маяк
ПС-500 Тарко-Сале
ПС-500 Холмогорская
ПС-110 Кирпичная
ПС-220 Янга-Яха
ПС-110 Янтарная
ПС-110 Летняя
ПС-110 Городская
ПП-110 Северный
НПЭ
ПС-110 Владимировская
ПС-110 Сугмутская
ПП-110 Комсомольский
ПС-110 Барсуковский

Рисунок 3 – Диаграмма грозовых отключений

Одним из наиболее распространенных способов защиты электрических сетей от перенапряжений в настоящее время являются нелинейные ограничители

перенапряжений ОПН, установка которых в Ноябрьских электрических сетях практикуется с 2008 года. Количество грозовых отключений до и после установки ОПН приведены в таблице 2 и представлено в виде диаграмм на рисунке 4

Таблица 2

**Количество грозовых отключений при использовании ОПН**

Подстанция	Количество отключений	
	до	после
Сугмутская - 1	10	3
Сугмутская - 2	20	0
Новогодняя - 1	16	5
Новогодняя - 2	15	11
Пуль-Яха	9	3
Крайняя	9	11

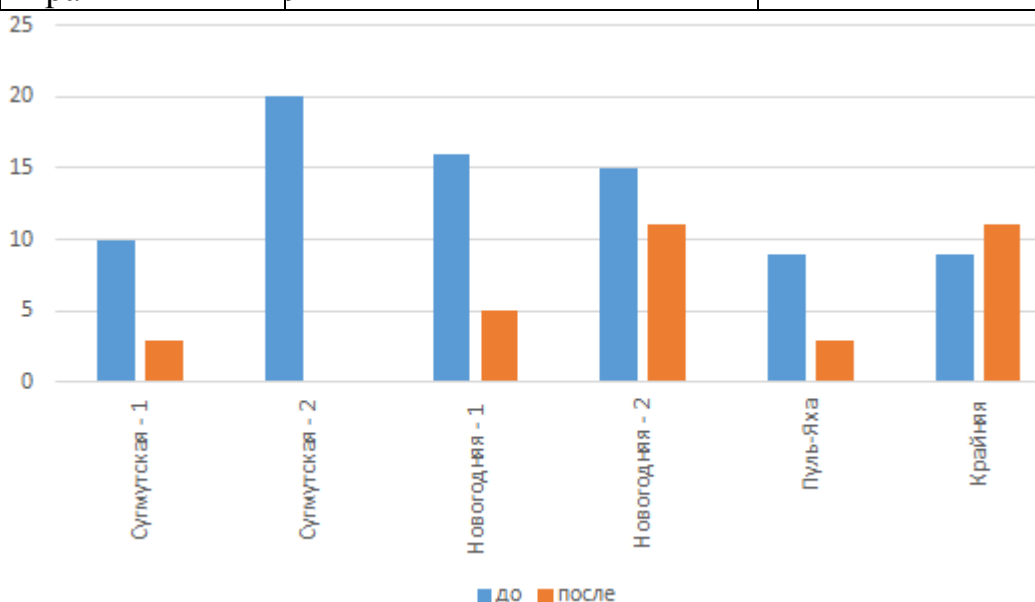


Рисунок 4 – Диаграммы грозовых отключений до и после установки ОПН

Проведенный анализ отключений в филиале «Ноябрьские электрические сети» за грозовые периоды с 2010 по 2015 год показал, что общее количество отключений составило 857, из них 545 являются грозовыми. На некоторых подстанциях были установлены нелинейные ограничители перенапряжений. Анализ отключений на этих подстанциях, до и после установки ОПН, показал снижение грозовых отключений. Однако, на некоторых подстанциях установка ОПН не сильно повлияла на количество грозовых отключений. Это показывает недостаточную эффективность ОПН, поэтому необходимы исследования для улучшения эффективности защиты подстанций.

**Литература:**

1. Данилов Г.А., Зубков А.С. ЗАО «ФЕНИКС-88», Новосибирск, Боровицкий В.Г., Лошаков Ю.Е. ОАО «Тюменьэнерго» Надежность воздушных

электросетей.

2. «Информация по промерзанию, оттаиванию, температуре грунтов за 2000-2013 (Excel)» Copyright © atlas-yakutia.ru Россия 2007 – 2014

3. Перечень ВЛ НЭС, отключившихся, в грозовые периоды с 2010 по 2015 гг. ОАО «Тюменьэнерго» Ноябрьские электрические сети.

## **ANALYSIS THUNDERSTORM TRIP ON OVERHEAD LINES IN FAR NORTH**

Pyushov N.Y. Ph.D. (Engineering), Associate Professor, e-mail:  
kamchatka1234@rambler.ru

Skryabina Student, e-mail: ekaterina.skryabina.93@mail.ru  
Novosibirsk State Technical University, Karl Marx Ave.20, Novosibirsk,  
630073, Russia

In this article, we discussed the issues of lightning-proof overhead lines in the Far North. To do this, we analyzed the disconnection in the northern regions, during one storm period. JSC "Tyumenenergo" has provided these data. The analysis showed that the highest number of outages happens in the northern regions, with the zone of permafrost. The specific resistance of the soil in these areas, can reach very high values. Data analysis showed that of the 860 outages, more than 60% - a thunderstorm disconnection. We have analyzed the effectiveness of the use of non-linear surge arresters. Analysis of the effectiveness showed that these arresters reduce the number of outages. However, they reduce not enough as been recorded by increase in the number of outages on some lines.

**Keywords:** Overhead lines, stormy overvoltage, stormy overvoltage

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1. *Бирюков Д. И.*  
**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА СБОРКИ ГОЛОВНОЙ ЧАСТИ ФЮЗЕЛЯЖА МНОГОЦЕЛЕВОГО САМОЛЕТА**  
**ASSEMBLY OFFUSELAGE OF AIRCRAFT**  
Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....5
2. *Елфимов А.В.<sup>1</sup>, Гартман И.И.<sup>2</sup>, Рынгач Н.А.<sup>1</sup>*  
**РАЗРАБОТКА ПРИСОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ БОКОВОЙ ВНУТРЕННЕЙ ОБШИВКИ ОТСЕКА ХЧФ**  
**TOOLS DESIGN FOR SIDE INNER LINING COMPARTMENT AFT FUSELAGE SECTION**  
<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);  
<sup>2</sup> Филиал ОАО Компания "Сухой"- Новосибирский авиационный завод им В.П. Чкалова, (г. Новосибирск);.....8
3. *Желободько Б. А., Рынгач Н. А.*  
**МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ИНДУКТОРА ДЛЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ**  
**MODERNIZATION OF INDUCTOR FOR ELECTROMAGNETIC CRIMPING**  
Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....10
4. *Зимоглядова Т. А., Степанова Н. В., Алферова Г. И.*  
**СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АНТИФРИКЦИОННОГО БЕСПОРИСТОГО ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННОГО ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКОЙ МЕДИ И АЛЮМИНИЯ НА СТАЛЬ 10**  
**Peculiarities education of copper-containing inclusions in in cast iron, which contains 14.7 % copper**  
Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....15
5. *Иванчик И. С., Иванчик С. Н., Сибриков Д. А.*  
**ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОРРОЗИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОКРЫТИЙ СФОРМИРОВАННЫХ НА СТАЛЬНОЙ ОСНОВЕ**  
**RESEARCH RESULTS OF CORROSION TESTS OF THE COATINGS FORMED ON THE STEE BASE**  
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», (г. Новосибирск);.....20

6. *Иванчик И. С.<sup>1</sup>, Иванчик С. Н.<sup>1</sup>, Карпенко В. А.<sup>2</sup>, Артемьев Л. И.<sup>2</sup>, Гайбель В. А.<sup>2</sup>*  
**СОВРЕМЕННЫЕ ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ – РЕЗЕРВ НАДЁЖНОСТИ УЗЛОВ И МЕХАНИЗМОВ**

**MODERN GREASE IN A RESERVE OF JOINT RELIABILITY**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»  
(г. Новосибирск);

<sup>2</sup>ГБОУ НСО «Сибирский авиационный кадетский корпус им.А.И. Покрышкина (школа – интернат)», (г. Новосибирск);.....24

7. *Клименков И. А.*

**МОДЕРНИЗАЦИЯ УЧАСТКА ЗАГОТОВИТЕЛЬНО-ШТАМПОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**UPGRADE AREA STOCKPILING-STAMPING PRODUCTION**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....29

8. *Ленинцева О. Г.<sup>1</sup>, Руктуев А. А.<sup>1</sup>, Самойленко В. В.<sup>1</sup>, Поляков И. Г.<sup>1</sup>, Иванчик И. С.<sup>2</sup>*  
**ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Ti-Ta-Nb В РАСТВОРАХ КИПЯЩИХ КИСЛОТ**

**Characterization of Ti-Ta-Nb Alloys Corrosion Resistance in the Boiling Acid Solutions**

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup>Сибирский государственный университет водного транспорта,(г. Новосибирск);.....34

9. *Матюгин А. А.*

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСКРОЯ ЗАГОТОВОК ИЗ ТИТАНОВЫХ ПЛИТ**

**IMPROVING THE PROCESS OF CUTTING BLANKS OF TITANIUM PLATES**

Новосибирский государственный технический университет.....39

10. *Николаев В. П., Бобин К. Н.*

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА СБОРКИ ПАНЕЛИ СВЕРХЗВУКОВОГО САМОЛЁТА**

**IMPROVING THE ASSEMBLY OF PANEL SUPERSONIC AIRCRAFT**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....44

11. *Низовкина Н. Г., Валова Т. Е.*

**3D – ПРИНТЕРЫ КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ИЗДЕЖЕК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МЕХАНООБРАБОТКИ**

**3D PRINTERS AS A WAY TO REDUCE COSTS ON ENTERPRISES MACHINING**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....47

12. *Погорелов А. К.<sup>12</sup>, Рынгач Н. А.<sup>12</sup>, Райш Д. В.<sup>2</sup>*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
ДЕТАЛЕЙ ПЕРЕПЛЕТА ФОНАРЯ ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЕТА  
RESEARCH OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF MANUFACTURE OF  
DETAILS OF COVER OF THE LAMP OF THE PASSENGER PLANE**

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup>Филиал ПАО "Компания "Сухой" – Новосибирский авиационный завод им. В.П. Чкалова, (г. Новосибирск);.....52

13. *Поletaев И. А., Степанов В. М.*

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ ДЕТАЛЕЙ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ  
ОТСЕКА Ф1 САМОЛЕТА SSJ-100  
ENSURING INTERCHANGEABILITY PARTS COMPARTMENT  
ASSEMBLY UNITS OF SECTION F1 SSJ-100 AIRCRAFT**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....57

14. *Рынгач Н. А., Осокин И. В.*

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ В АВИАСТРОЕНИИ  
STUDY OF CRYOGENIC HARDENING OF CUTTING TOOL**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....60

15. *Снегирев В. А., Астафуров Н. Н., Щербакова Н. А.*

**СОКРАЩЕНИЕ ПОТЕРЬ ЗА СЧЕТ БЫСТРОЙ ПЕРЕНАЛАДКИ  
Reduction of losses by using quick changeover**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....63

16. *Сторож И. А.<sup>1</sup>, Ряковский С. М.<sup>2</sup>, Курлаев Н. В.<sup>1</sup>*

**КАРТЫ РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОБЛЕМ  
CARDS OF THE PRODUCTION PROBLEMS SOLUTIONS**

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup>Авиационная холдинговая компания «Сухой», (г. Москва); .....67

17. *Ушаков А. С., Бобин К. Н.*

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОНКОЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ  
МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКОЙ  
Production thin-sheet details of aircraft by magnetic-pulse processing**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....71

18. *Ходжаев Р. Р.*

**УПРОЧНЯЮЩЕ-ЧИСТОВАЯ ОБРАБОТКА ВНУТРЕННИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ  
ПОВЕРХНОСТЕЙ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ  
The finishing machining of internal cylindrical surfaces by ultrasonic hardening**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....74

19. Чучкова Л. В., Ленивецова О. Г., Васильева В. С., Белов А. С.

**ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ВНЕВАКУУМНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ  
НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ТИТАНОВОГО СПЛАВА VT1-0**

**Investigation of the impact of the non-vacuum electron beam treatment modes  
on the structure and properties of the cp-Ti**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....79

20. Штогрин Н. И., Гофман Ф. А.

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТИТАНМАГНИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В  
СТЕРЕОСПЕЦИФИЧЕСКОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПРОПИЛЕНА  
SYNTHESIS AND RESEARCH OF TITANMAGNIUM CATALYSTS IN  
STEREOSPECIFIC POLYMERIZATION OF PROPYLENE**

Бердский политехнический колледж, (г. Бердск);.....84

**СЕКЦИЯ: БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И  
ПРОИЗВОДСТВ**

1. Дьяченко Г. И., Чимыкова М. С.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АТМОСФЕРЕ ПРИ  
ЭЛЕКТРОГАЗОСВАРКЕ**

**LEARNING CONTENT OF HEAVY METALS INTO THE ATMOSPHERE  
DURING WELDING**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....90

2. Голод А. Д., Леган М.В., Афанасьева О. С.

**ТРАВМАТИЗМ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЭНЕРГЕТИКИ  
TRAUMATISM AT ENTERPRISES OF ENERGETICS**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....93

3. Горбунова А. С., Овечкина Д. В., Тихонова О. В.

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА: ЗАДАЧИ, СТРУКТУРА И  
РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ  
SYSTEM OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH MANAGEMENT:  
OBJECTIVES, STRUCTURE AND IMPLEMENTATION FOR ENTERPRISE**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....100

4. Зайнутдинов В. Р.

**ТЕОРИЯ ПОЛЯ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНЫХ  
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....106

5. Иванов Е.А., Поляков Ю.О.

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ  
РАДИОГРАФИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ ШВОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ  
НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ  
DEVELOPMENT OF PROTECTION FROM RADIATION AT RADIOGRAPHIC  
TESTING OF WELDS OIL AND GAS PIPELINES**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....112

6. *Илюшов Н. Я., Ломан В. А.*  
**ЗАЩИТА ПОДСТАНЦИЙ ОТ ГРОЗОВЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ  
 КРАЙНЕГО СЕВЕРА**  
**THE PROTECTION OF SUBSTATION LIGHTNING SURGE IN THE FAR  
 NORTH**  
 Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....117
7. *Казарик Е. Л., Илюшов Н. Я.*  
**АНАЛИЗ УРОВНЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ**  
**ANALYSIS OF THE FIRE HAZARD LEVEL IN NOVOSIBIRSK REGION**  
 Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....122
8. *Кисилёва Д. В., Илюшов Н. Я.*  
**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ЭВАКУАЦИИ ИЗ ПОТОЧНОЙ АУДИТОРИИ ПРИ  
 ПОЖАРЕ**  
**THE ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF EVACUATION FROM  
 STUDENT'S AUDIENCE AT THE FIRE**  
 Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....127
9. *Колмагорова А. Ю., Илюшов Н. Я.*  
**РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАЗДАЧЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НАСЕЛЕНИЮ  
 ГОРОДА НОВОСИБИРСКА ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ**  
**DEVELOPMENT OF MEASURES FOR THE DISTRIBUTION OF  
 DRINKING WATER TO THE POPULATION OF NOVOSIBIRSK CITY AT  
 EMERGENCY**  
 Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....131
10. *Корыткина Н. С., Илюшов Н. Я.*  
**ОЦЕНКА ВЗРЫВООПАСНОСТИ РУДНИЧНОЙ АТМОСФЕРЫ ПО ГАЗОВОМУ  
 СОСТАВУ**  
**EVALUATION EXPLOSIBILITY OF MINING ATMOSPHERE ABOUT  
 GASCOMPASITION**  
 Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики  
 (г. Новосибирск);  
 Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....136
11. *Кругликова А. В., Костяной А. О., Браткова А. Н.*  
**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
 РАБОТЫ ОТКРЫТЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ**  
**INFLUENCE OF NATURAL CLIMATIC CONDITIONS ON THE  
 EFFICIENCY OF WORK OF OPEN WASTEWATER TREATMENT  
 PLANTS**  
 Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин),  
 (г. Новосибирск);.....142
12. *Манжуева Е. А., Коробенков А. Д.*  
**АНАЛИЗ АЭРОИОННОГО СОСТАВА ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЙ**  
**ANALYSIS OF AERO IONIC COMPOSITION OF AIR OF PREMISES**  
 Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....147



<i>13. Никитина М. Г., Парахин А. М.</i>	
<b>СПОСОБЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА</b>	
<b>METHODS OF EVALUATION OPERATOR'S HEALTH STATUS</b>	
Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....	152
<i>14. Туз А. С.</i>	
<b>АНАЛИЗ ШУМА ТРАНСПОРТА В СЕЛИТЕБНОЙ ЗОНЕ</b>	
<b>ANALYSIS OF NOISE TRANSPORT IN RESIDENTIAL ZONE</b>	
Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....	156
<i>15. Хохлова А. Б., Горбатенков М. Д.</i>	
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕРЕБРЕНИЯ ВОДЫ В СХЕМЕ ВОДОПОДГОТОВКИ</b>	
<b>USE OF WATER SILVERING IN WATER TREATMENT SCHEME</b>	
Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....	160
<i>16. Худякова Ю. И., Илюшов Н. Я.</i>	
<b>АНАЛИЗ НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ</b>	
<b>СООРУЖЕНИЯ</b>	
<b>ANALYSIS OF LOADINGS AND IMPACTS ON HYDRAULIC ENGINEERING</b>	
<b>CONSTRUCTIONS</b>	
Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....	166
<i>17. Яковлева Ю.П.</i>	
<b>ОХРАНА ТРУДА- КЛЮЧ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ</b>	
<b>LABOUR SAFETY - A KEY TO SAFETY.....</b>	171

**СЕКЦИЯ: ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЗАЩИТА  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

<i>1. Акимова Т. Н.<sup>1</sup>, Мягкая И. Н.<sup>2</sup></i>	
<b>ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА МИГРАЦИЮ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ</b>	
<b>ВЫСОКОСУЛЬФИДНЫХ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ</b>	
<b>ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF SUBZERO TEMPERATURES ON</b>	
<b>MIGRATION ELEMENTS FROM HIGH SULFIDE TAILINGS</b>	
<sup>1</sup> Новосибирский государственный <i>технический</i> университет, (г. Новосибирск);	
<sup>2</sup> Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, (г. Новосибирск);.....	176
<i>2. Александров В. Ю.<sup>1</sup>, Ключева С. К.<sup>1</sup>, Садыкова А. А.<sup>1</sup>, Булгаков В. В.<sup>2</sup>, Полубояров В. А.<sup>2</sup></i>	
<b>РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ</b>	
<b>ТЕРМОАКТИВИРОВАННОГО ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ</b>	
<b>DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY WASTE DISPOSAL THERMAL</b>	
<b>ACTIVATION OF ALUMINUM HYDROXIDE</b>	
<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);	
<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук (ИХТТМ СО РАН), (г.Новосибирск);.....	183

3. *Афиногенова И. И.<sup>1</sup>, Аюшеев А. Б.<sup>2</sup>, Таран О. П.<sup>1,2</sup>*

**РАЗДЕЛЕНИЕ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ НА КОМПОНЕНТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫМ МЕТОДОМ ОРГАНСОЛЬВЕНТНОЙ ВАРКИ**  
**THE SEPARATION OF LIGNOCELLULOSIC MATERIAL INTO COMPONENTS BY ENVIRONMENT-FRIENDLY ORGANOSOLVENT METHOD**

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, (г. Новосибирск);.....190

4. *Быков А. П., Сидорова М. С.*

**РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА НОРМАТИВОВ ПДВ ДЛЯ ОАО «ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩАЯ КОМПАНИЯ»**  
**PROJECT DEVELOPMENT STANDARDS FOR MAXIMUM PERMISSIBLE EMISSIONS OF “HEAT GENERATING COMPANY”**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....195

5. *Воробьёв Л. Ю.<sup>1, 2</sup>, Воробьёв Ю. Ф.<sup>2</sup>, Ларичкин В. В.<sup>1</sup>, Червяков В. Ю.<sup>1</sup>, Лобов В. И.<sup>1</sup>, Соловей М. В.<sup>1</sup>*

**ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ ВОДОРОДА В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД БЕЗРЕАГЕНТНЫМ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**  
**MODULE TEST ON NONCHEMICAL WASTEWATER TREATMENT OF LOCOMOTIVE DEPOT**

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup>Институт гидродинамики СО РАН, (г. Новосибирск);.....202

6. *Воробьёв Л. Ю.<sup>1</sup>, Воробьёв Ю. Ф.<sup>2</sup>, Ларичкин В. В.<sup>1</sup>, Червяков В. В.<sup>1</sup>, Лобов В. В.<sup>1</sup>, Соловей М. В.<sup>1</sup>*

**ИСПЫТАНИЯ МОДУЛЯ ПО БЕЗРЕАГЕНТНОЙ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО**  
**MODULE TEST ON NONCHEMICAL WASTEWATER TREATMENT OF LOCOMOTIVE DEPOT**

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup>Институт гидродинамики СО РАН, (г. Новосибирск);.....206

7. *Габова Н. Е.<sup>2</sup>, Коскин А. П.<sup>1</sup>, Толстихина Д. В.<sup>2</sup>*

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СУЛЬФОКИСЛОТНЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**  
**THE STUDY OF CATALYTIC ACTIVITY OF CARBON MATERIALS SULFONIC**

<sup>1</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....212

8. *Гаврилова Т. Г., Цицилина Д. М., Ларичкин В. В.*

**ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ КСАНТОГЕНАТОВ**  
**PURIFICATION OF WASTE WATER FROM XANTHOGENATES**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....217

9. Жигайлов М. А., Швецова И. Ю.

**ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА  
ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА  
INFLUENCE OF THE ECOLOGICAL FACTOR ON INDICATORS OF  
QUALITY OF LIFE OF THE POPULATION ON THE EXAMPLE OF THE  
CITY OF NOVOSIBIRSK**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....223

10. Кадимова А. В.<sup>1</sup>, Гуреева О. А.<sup>2</sup>, Ларичкин В. В.<sup>1</sup>, Ларичкина Н. И.<sup>1</sup>

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА НЕФТИ НА ФИЛЬТРАЦИОННУЮ  
СПОСОБНОСТЬ  
ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОЧВЫ  
RESEARCH OF INFLUENCE OF COMPOSITION OF OIL ON FILTRATIONAL  
ABILITY OF NATURAL MATERIALS AND SOIL**

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup> ЗАО «СоюзХимПром», (г. Новосибирск);.....227

11. Каримова Л. К.<sup>1</sup>, Тимофеева М. Н.<sup>1,2</sup>, Панченко В. Н.<sup>1,2</sup>

**МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИЕ КООРДИНАЦИОННЫЕ ПОЛИМЕРЫ, КАК  
ЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ СИНТЕЗА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ  
ТОПЛИВНЫХ ДОБАВОК ИЗ ГЛИЦЕРИНА И АЦЕТОНА  
METAL-ORGANIC FRAMEWORKS AS EFFECTIVE CATALYST FOR  
ACETALYZATION OF GLYCEROL WITH ACETONE TO FUEL  
OXYGENATES**

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup> Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, (г. Новосибирск);.....233

12. Кочурова Н. М.<sup>1,2</sup>, Саланов А. Н.<sup>2</sup>, Сутормина Е. Ф.<sup>2</sup>

**ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ  
МИКРОСТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАТИНЫ, ПАЛЛАДИЯ И РОДИЯ В  
ПРОЦЕССЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ АММИАКА  
SCANNING ELECTRON MICROSCOPY STUDY OF SURFACE  
MICROSTRUCTURAL OF RHODIUM, PALLADIUM AND PLATINUM FOILS  
IN THE PROCESS OF CATALYTICAL AMMONIA OXIDATION**

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup> Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, (г. Новосибирск);.....238

13. Куницына Е. А., Пилипчук А. В., Немущенко Д. А., Ларичкин В. В.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА НА  
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ В ТЕХНОЛОГИИ  
ПРИГОТОВЛЕНИЯ ШЛИКЕРА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЕРАМИКИ  
RESEARCH OF INFLUENCE OF SURFACE-ACTIVE AGENT ON  
DISTRIBUTION OF NANOSIZE PARTICLES IN TECHNOLOGY OF  
PREPARATION OF DOUGH FOR MAKING OF CERAMICS**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....243

14. Макарова К. Н.<sup>1</sup>, Кастина Д. К.<sup>1</sup>, Тимофеева М. Н.<sup>1,2</sup>, Панченко В. Н.<sup>1,2</sup>  
**ПОЛУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТОПЛИВНЫХ ДОБАВОК ИЗ ГЛИЦЕРИНА И АЦЕТОНА В ПРИСУТСТВИИ ГЛИН, МОДИФИЦИРОВАННЫХ АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ**  
**ACETALYZATION OF GLYCEROL WITH ACETONE TO FUEL OXYGENATES OVER ACID MODIFIED MONTMORILLONITE CLAYS**  
<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);  
<sup>2</sup> Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, (г. Новосибирск);.....248
15. Матюшенко Е. Н., Белозёрова Е. С., Гейсатдинов Т. И., Нагорная Т. В.  
**РЕАГЕНТНОЕ УДАЛЕНИЕ ФОСФАТОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД**  
**REAGENT REMOVAL OF PHOSPHATES FROM WASTEWATER**  
 Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), (г. Новосибирск);.....253
16. Мик И. А.<sup>1</sup>  
**ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА ФИЛЬТРА СОСТОЯЩЕГО ИЗ НЕСУЩЕЙ МАТРИЦЫ МИКРОВОЛОКОН И ФИЛЬТРУЮЩИХ НАНОВОЛОКОН ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ**  
**FABRICATION COMPOSITE FILTER MATERIAL OF BEARING MATRIX OF MICROFIBERS AND FILTERING NANOFIBERS FOR HIGH EFFICIENCY FINE PARTICULATE FILTRATION**  
 Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....259
17. Нефедова Д. В.<sup>1,2</sup>, Матус Е. В.<sup>1</sup>, Сухова О. Б.<sup>1</sup>, Исмагилов И. З.<sup>1</sup>, Керженцев М. А.<sup>1</sup>, Исмагилов З. Р.<sup>1,3</sup>  
**Ni/Ce<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>O<sub>y</sub> КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ АВТОТЕРМИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА ЭТАНОЛА В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЙ ГАЗ**  
**Ni/Ce<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>O<sub>y</sub> catalysts for autothermal reforming of ethanol into hydrogen-containing gas**  
<sup>1</sup> Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, (г. Новосибирск);  
<sup>2</sup> Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);  
<sup>3</sup> Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН, (г. Кемерово);.....263
18. Папихина В. В.<sup>1</sup>, Таран О. П.<sup>1,2</sup>  
**РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ВОД ОТ ОПАСНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ МЕТОДОМ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА В ПРИСУТСТВИЕ КОМПОЗИТНЫХ (УГЛЕРОДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ/ПОРИСТАЯ МАТРИЦА) КАТАЛИЗАТОРОВ-СОРБЕНТОВ**  
**SOLUTION OF ENVIRONMENTAL PROBLEM OF CLEANING WATER FROM HAZARDOUS ORGANIC SUBSTANCES OF TECHNOGENIC ORIGIN BY OXIDATIVE DEGRADATION OF HYDROGEN PEROXIDE IN THE PRESENCE OF A COMPOSITE (CARBON NANOMATERIALS / POROUS MATRIX) CATALYST - SORBENTS**  
<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);  
<sup>2</sup> Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, (г. Новосибирск);.....268

19. Рундау И. А.<sup>1,2</sup>, Матус Е. В.<sup>1</sup>, Кузнецов В. В.<sup>1</sup>, Исмагилов И. З.<sup>1</sup>, Керженцев М. А.<sup>1</sup>, Исмагилов З. Р.<sup>1,3</sup>

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ NiPd/CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАНА В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЙ ГАЗ**  
**Synthesis and study of NiPd/CeZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts for rational conversion of methane into hydrogen-containing gas**

<sup>1</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);

<sup>3</sup>Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН, (г. Кемерово);.....273

20. Садвакасов К. С.<sup>1</sup>, Ларичкин В. В.<sup>1</sup>, Арынгазин К. Ш.<sup>2</sup>

**ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННО-ТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН**  
**PROVIDING INDUSTRIAL AND ECOLOGICAL SAFETY OF THE MAIN OIL PIPELINES OF KAZAKHSTAN**

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup>Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, (Республика Казахстан, г. Павлодар);.....279

21. Солдышев Р. В., Александров В. Ю.

**ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ НОРМАТИВОВ ПЛАТЕЖЕЙ ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**  
**GRAPHIC PRESENTATION OF NORMS OF PAYMENTS FOR CONTAMINATION OF ATMOSPHERIC AIR**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....286

22. Сопова В. С.<sup>1,2</sup>, Матус Е. В.<sup>1</sup>, Кузнецов В. В.<sup>1</sup>, Исмагилов И. З.<sup>1</sup>, Керженцев М. А.<sup>1</sup>, Исмагилов З. Р.<sup>1,3</sup>

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ КОНВЕРСИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ЭТИЛЕН**

**The development of effective catalyst for conversion of natural gas into ethylene**

<sup>1</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);

<sup>3</sup>Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН, (г. Кемерово);.....291

23. Сыплинова А. С.<sup>1</sup>, Мищенко Т. И.<sup>2</sup>, Таран О. П.<sup>1,2</sup>

**АНАЛИЗ СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫХ МАТОВ С ЦЕЛЬЮ ПОИСКА ПУТЕЙ ЕЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ**  
**ANALYSIS OF THE COMPOSITION OF PLANT BIOMASS CIANOBAKTHERIAL MATS TO FIND WAYS ITS SOUND PROCESSING**

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, (г. Новосибирск);.....297

24. Таловская Л. А., Гофман Ф. А.,

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРЕСС- КРУГОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТВОРАХ**

**THE USING OF EXPRESS- CIRCLES FOR DETERMINATION HEAVY METALS IN SOLUTIONS**

Бердский политехнический колледж, (г. Бердск);.....302

25. Толстихина Д. В.<sup>1,2</sup>, Габова Н. Е.<sup>1,2</sup>, Коскин А. П.<sup>1</sup>

**РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО МЕТОДА НИТРОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**  
**DEVELOPMENT OF HIGHLY EFFECTIVE AND ENVIRONMENTALLY METHOD OF NITRATION OF AROMATIC COMPOUNDS**

<sup>1</sup> Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup> Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....307

26. Татарина Т. В.<sup>1,2</sup>, Шутылов А. А.<sup>1,2,3</sup>, Зенковец Г. А.<sup>1,2,3</sup>

**РАЗРАБОТКА НОВОГО MoVSbNb<sub>x</sub> ОКСИДНОГО КАТАЛИЗАТОРА, НЕ СОДЕРЖАЩЕГО ТОКСИЧНЫХ ЛЕТУЧИХ КОМПОНЕНТОВ, ДЛЯ РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ ПРОПАНА В АКРИЛОВУЮ КИСЛОТУ**  
**THE DEVELOPMENT OF NEW MoVSbNbO<sub>x</sub> CATALYSTS NOT CONTAINING TOXIC VOLATILE COMPONENTS FOR THE REACTION OXIDATION OF PROPANE TO ACRYLIC ACID**

<sup>1</sup> Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup> Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);

<sup>3</sup> Новосибирский государственный университет, (г. Новосибирск);.....312

27. Филиппов И. А.<sup>1,2</sup>, Ларичкин В. В.<sup>2</sup>

**КИНЕТИКА ГЕТЕРОГЕННОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ОЗОНА НА ОКСИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ: ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ**  
**KINETICS OF GETEROGENOUS OZONE DECOMPOSITION OVER OXIDE-BASED CATALYSTS: DEPENDENCE ON RELATIVE HUMIDITY AND TEMPERATURE**

<sup>1</sup> ООО «Тион Умный Микроклимат», (г. Новосибирск);

<sup>2</sup> Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....316

28. Цицилина Д. М., Гаврилова Т. Г., Ларичкин В. В.

**АДСОРБЦИОННЫЙ МЕТОД ИЗВЛЕЧЕНИЯ НИКЕЛЯ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**  
**ADSORPTION TECHNIQUE FOR THE REMOVAL OF NICKEL FROM INDUSTRIAL WASTE WATER**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....322

29. Часовникова А. В.<sup>1,2</sup>, Верниковская Н. В.<sup>1,2</sup>, Чумаченко В. А.<sup>1</sup>

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНА В ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ**  
**MODELING OF POLLUTION-FREE OXIDATION OF METHANE IN THE TUBULAR ELEMENTS OF CATALYTIC HEATERS**

<sup>1</sup> Институт катализа СО РАН, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup> Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);.....328

30. Ядыкин В. А.<sup>1</sup>, Труфанов Д. Ю.<sup>2</sup>, Бардаханов С. П.<sup>1,2</sup>

**КЕРАМИЧЕСКИЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДООЧИСТКИ ВОДЫ ГОРОДСКОГО ВОДОПРОВОДА**

**CERAMIC NANOMATERIALS FOR WATER PURIFICATION OF URBAN WATER PIPELINE**

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск);

<sup>2</sup> Институт теоретической и прикладной механики

им. С. А. Христиановича СО РАН, (г. Новосибирск);.....336

33. Илюшов Николай Яковлевич, Скрыбина Екатерина Андреевна

**АНАЛИЗ ГРОЗОВЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

**ANALYSIS THUNDERSTORM TRIP ON OVERHEAD LINES IN FAR NORTH**

Новосибирский государственный технический университет, (г. Новосибирск).....343

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**Наука Промышленность Оборона**

Труды XVII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ

г. Новосибирск, 20-22 апреля 2016 г.

Том 3

Под редакцией *С.Д. Саленко*

Компьютерная верстка:

*Долматов А.С.*

*Тихонина К.В.*

Подписано в печать 16.06.2016 г. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная  
Тираж 100 экз. Уч.-изд.л. 20,93. Печ.л. 22,5. Заказ № 950

Отпечатано в типографии  
Новосибирского государственного технического университета  
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20  
Тел: (383)-346-31-87