МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ИЗВЕСТИЯ

Юго-Западного государственного университета

Серия ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

Том 7
№ 1 (22)

Курск 2017

2017. Том 7, № 1 (22).
Научный рецензируемый журнал

ИЗВЕСТИЯ

ЮГО-ЗАПАДНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА
Серия Техника и технологии

Основан в 2011 г.

Выходит четыре раза в год

Учредитель: ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (ПИ №ФС77-44619 от 15.04.11).

Журнал «Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии» включен в перечень ведущих научных журналов ВАК Минобрнауки России 01.12.2015 г. по группам научных специальностей:
01.02.00 – механика,
01.04.00 – физика,
05.16.00 – металлургия и материаловедение,
05.26.00 – безопасность деятельности человека,
02.00.00 – химические науки

Редакционная коллегия

С.Г. Емельянов (главный редактор), д-р техн.наук, профессор, ректор ЮЗГУ;
Е.В. Агеев (зам. главного редактора), д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ;
Бертрам Торстен, д-р техн. наук, профессор (Германия);
В.Н. Гадалов, д-р техн. наук, профессор;
А.Е. Гвоздев, д-р техн. наук, профессор;
И.М. Голев, д-р физ.-мат. наук, профессор;
Л.В. Димитров, д-р техн. наук, профессор (Болгария);

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.....6

Агеева Е. В., Алтухов А. Ю., Гулидин С. С., Зубарев М. А.
Дифрактограмма электроэрозионного вольфрамокобальтового порошка, используемого в износостойких покрытиях.....6

Хорьякова Н. М., Агеев Е. В., Латыпов Р. А.
Сравнительная характеристика морфологии и твердости спеченных образцов из электроэрозионного медного порошка и ПМС-1.....14

Агеев Е. В., Хардиков С. В., Алтухов А. Ю.
Исследование производительности процесса ЭЭД при получении порошковой шарикоподшипниковой стали.....21

БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА.....27

Томаков В. И., Томаков М. В.,
Состояние промышленной безопасности при эксплуатации грузоподъёмных кранов на объектах, подконтрольных Ростехнадзору.....27

Королев В. А., Шорманов В. К., Юшин В. В., Рыжаева В. Н., Тарасова О. В., Никитина Е.С., Королев И. В.
Технология эколого-аналитического контроля содержания микроколичеств ядохимикатов в пищевой продукции.....42

Толстых А. В., Хаустов В. В.
Некоторые проблемы проектирования систем пожарной безопасности современных тепличных комбинатов.....49

Шемякин А. В., Терентьев В. В.
Улучшение условий труда при подготовке сельскохозяйственной техники к хранению.....58

Томакова И. А., Томаков М. В.
Правила и методы ухода за рабочей одеждой с целью сохранения необходимых защитных функций.....64

Попов В. М., Чугуева А. В., Барков А. Н., Протасов В. В.
Управление экологическим риском посредством контроля и устранения опасных производственных ситуаций на магистральных нефтепроводах.....75

Ж.В. Еремеева, д-р техн. наук, доцент;
А.М. Иванов, д-р хим. наук, профессор;
А.Г. Ивахненко, д-р техн. наук, профессор;
Н.М. Игнатенко, д-р физ.-мат. наук, профессор;
В.И. Колмыков, д-р техн. наук, профессор;
А.П. Кузьменко, д-р физ.-мат. наук, профессор;
Р.А. Латыпов, д-р техн. наук, профессор;
О.Г. Локтионова, д-р техн. наук, профессор;
Ю.А. Миргород, д-р хим. наук, профессор;
Л.М. Миронович, д-р хим. наук, профессор;
Г.Я. Пановко, д-р техн. наук, профессор;
В.И. Томаков, д-р пед. наук, канд. техн. наук, профессор;
С.Э. Харзеева, д-р пед. наук, канд. хим. наук, профессор;
Л.В. Шульга, д-р мед. наук, профессор;
В.В. Юшин, канд. техн. наук, доцент;
С.Ф. Яцун, д-р техн. наук, профессор

Адрес редакции:
305040, г. Курск, ул.50 лет Октября, 94.
Телефоны: (4712) 22-25-26
Факс: (4712) 50-48-00.
E-mail: rio_kursk@mail.ru

Оригинал-макет подготовлен О.А. Леоновой

Подписано в печать 17.03.17. Формат 60×84/8.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 16,0.
Тираж 1000 экз. Заказ . Цена свободная.
Юго-Западный государственный университет
305040, г. Курск, ул.50 лет Октября, 94.

Плата с аспирантов за публикацию не взимается.

Подписной индекс журнала «Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии» 44291 в объединенном каталоге «Пресса России»

Кобелев Н. С., Кобелев В. Н., Катунин С. В., Зенченков В. И. Жмакин В. А.,
Экологически безопасное производство электрической энергии для мобильных устройств при изготовлении сельскохозяйственной продукции 83

МЕХАНИКА 90

Савин С. И., Ворочаева Л. Ю., Ворочаев А. В.
Алгоритм генерации походок для робота, осуществляющего движение в трубопроводах 90

ФИЗИКА 98

Твердова С. М., Йе Еинт Ко Ко
Особенности создания керметного материала катодно-подогревательного узла на основе алюмонитридной керамики 98

Джамамедов Р. Г., Моллаев А. Ю., Кочура А. В., Кузько А. Е.
Особенности обратимого фазового перехода в *p* -$Cd_{1-x}Mn_xSb$ при высоком давлении 104

Аунг Пьо
Расчёт зависимости фактора заполнения и выходной мощности от подвижности основных носителей заряда на выходные характеристики солнечных элементов nCdS-pCdTe 111

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ 117

Сидоренко С.В., Агеева Л.С., Борщ Н. А.
Исследование продуктов синтеза 4-октиламинопирдина методом высокоэффективной жидкостной хроматографии 117

Бурых Г. В., Агеева Е. В.
Использование алюминийсодержащей композиции в антипиреновом отделочном составе 123

Миронович Л. М., Любаева Л. К., Даева Е. Д.
Метиленактивные и карбонильные соединения в реакциях с 3-гидразино-1,2,4-триазин-5(2*H*)-онами 131

К сведению авторов 138

© Юго-Западный государственный университет, 2017

2017. Volume 7, No 1 (22)
Scientific reviewed journal

Published four a year

PROCEEDINGS

of the SOUTHWEST
STATE
UNIVERSITY
Technics and Technologies

CONTENS

METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE 6

Ageeva E. V., Altukhov A. Yu., Gulidin S. S., Zubarev M. A.
The Diffraction Pattern of the Edm Wolframalpha Powder
Used in Wear-Resistant Coatings 6

Horakova N. M., Ageev E. V., Latypov R. A.
Comparative Characteristics of the Morphology and Hardness
of Sintered Samples of EDM Copper Powder PMS-1 14

Ageev E. V., Khardikov S. V., Altukhov A. Yu.
A Study of the Performance of the Process Aid when
Receiving the Powder-bearing Steel 21

SAFETY OF ACTIVITY OF THE PERSON.....27

Tomakov V. I., Tomakov M. V.
The State of Industrial Safety at Operation of Load-lifting
Cranes at Facilities Controlled by Rostekhnadzor.....27

Korolev V. A., Shormanov V. K., Yushin V. V., Ryzhaeva V. N., Tarasova O. V., Nikitina E. S., Korolev I. V.
Technology for Environmental Analytical Monitoring
of Microquantities of the Pesticides in Food Products.....42

Tolstyh A. V., Khaustov V. V.
Some Problems of Fire Safetyes Design of Modern
Greenhouse Complex 49

Shemyakin A. V., Terentyev V. V.
The Improvement of Working Conditions in the Preparation
Farm Equipment Storage 58

Tomakova I. A., Tomakov M. V.
Rules for the Care of Work Clothes in Order to Preserve
the Basic Protective Functions.....64

Popov V. M., Chugueva A. V. Barkov A. N., Protasov V. V.
Management of Environmental Risk Through Control
and Elimination of Hazardous Production Situations
on the Main Pipelines.....75

Kobelev N. S., Kobelev V. N., Katynin S. V., Zenchenkov V. I., Zhmakin B. A.
Environmentally Safe Production of Electrical Energy
for Mobile Devices, Agricultural Production 83

MECHANICS.....90

Savin S. I., Vorochaeva L. Yu., Vorochaev A. V.
Algorithm to Generate Gaits for Robots Moving in Pipelines 90

PHYSICS.....98

Tverdova S. M., Ye Yint Ko Ko
Some Specific Features of Creation of Cermet Material for Cathode-heating Units Based on Aluminium Nitride Ceramics 98

Dzhamamedov R. G., Mollayev A. Ju., Kochura A. V., Kuzko A. E.
Characteristic Property of Reversible Phase Transition in p -$Cd_{1-x}Mn_xSb$ at high pressure.....104

Aung Phyo
Calculation of the Dependence of Fill Factor and Power Output From the Mobility of Main Charge Carriers on Output Characteristics of Solar Cells nCdS-pCdTe.....111

CHEMICAL SCIENCES.....117

Sidorenko S. V., Ageeva L. S., Borsch N. A.
Study of Synthesis of Products 4-octilaminopyrdin by HPLC.....117

Buryh G. V., Ageeva E. V.
The Use of Aluminium Containing Compositions Flame Retardant Finishing the Composition 123

Mironovich L. M., Lyubaeva L. K., Daeva E. D.
Methyl active and carbonyl compounds in reactions with 3-hydrazino-1,2,4-triazin-5 (2H)-ones.....131

Information for Authors 138

© Southwest State University, 2017

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

УДК 621.762.27

Е. В. Агеева, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

А. Ю. Алтухов, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: alt@yandex.ru)

С. С. Гулидин, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: gulidin_ss@mail.ru)

М. А. Зубарев, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: koy747@gmail.ru)

ДИФРАКТОГРАММА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ВОЛЬФРАМОКОБАЛЬТОВОГО ПОРОШКА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЯХ

В настоящее время одним из перспективных способов получения порошковых композиционных материалов является электроэрозионное диспергирование (ЭЭД). ЭЭД начинает успешно конкурировать с другими способами получения порошков, в том числе и нанопорошков. Основные достоинства электроэрозионного диспергирования заключаются в хорошей управляемости, низкой энергоемкости, экологичности процесса, высоких физико-механических характеристиках получаемых нанопорошков. Однако большая часть установок для ЭЭД, созданных самими материаловедами, отличаются большими несовершенствами, что не позволяет добиваться высокой производительности наряду с низкой энергоемкостью и стабильностью процесса. Широкое использование метода ЭЭД в производстве сдерживается отсутствием справочного материала по оптимизации режимов порошкообразования, выбору рабочей жидкости и свойствам полученных нанопорошков. Поэтому для выбора оптимальных режимов ЭЭД, обеспечивающих максимальную производительность и получение высоких эксплуатационных свойств нанопорошков, требуются обширные теоретические и экспериментальные исследования.

Целью настоящей работы являлось изучение фазового состава порошка, полученного электроэрозионным диспергированием отходов твердого сплава марки ВК8 в керосине осветительном.С целью переработки отходов ВК8 в порошок с высоким содержанием наночастиц, была использована установка ЭЭД. При этом в качестве рабочей жидкости использовали керосин осветительный. Параметры установки следующие: напряжение на электродах – 190…210 В; емкость разрядных конденсаторов – 55 мкФ; частота следования импульсов – 90…110 Гц.

На основании фазового анализа установлено, что в порошке, полученном электроэрозионным диспергированием отходов твердого сплава марки ВК8 в керосине осветительном, основными фазами являются вольфрам (W), карбид вольфрама (W2C), оксид кобальта (CoO), оксид железа (FeO), кобальт (Co) и углерод (C).

***Ключевые слова**: отходы твердого сплава марки ВК8, керосин, электроэрозионное диспергирование, порошок, рентгеновская дифракция, фазы.*

***

Введение

Анализ исследовательских работ в области современных функциональных материалов показывает, что большинство из них связано с порошковыми композиционными материалами [1–3].

В настоящее время одним из перспективных способов получения порошковых композиционных материалов является электроэрозионное диспергирование (ЭЭД). ЭЭД начинает успешно конкурировать с другими способами получения порошков, в том числе и нанопорошков. Основные достоинства электроэрозионного диспергирования заключаются в хорошей управляемости, низкой энергоемкости, экологичности процесса, высоких физико-механических

характеристиках получаемых нанопорошков. Однако большая часть установок для ЭЭД, созданных самими материаловедами, отличаются большими несовершенствами, что не позволяет добиваться высокой производительности наряду с низкой энергоемкостью и стабильностью процесса [4–11].

Широкое использование метода ЭЭД в производстве сдерживается отсутствием справочного материала по оптимизации режимов порошкообразования, выбору рабочей жидкости и свойствам полученных нанопорошков. Поэтому для выбора оптимальных режимов ЭЭД, обеспечивающих максимальную производительность и получение высоких эксплуатационных свойств нанопорошков, требуются обширные теоретические и экспериментальные исследования.

Целью настоящей работы являлось исследование фазового состава порошка, полученного электроэрозионным диспергированием отходов твердого сплава марки ВК8 в керосине осветительном.

С целью переработки отходов ВК8 в порошок с высоким содержанием наночастиц была использована установка ЭЭД [12]. При этом в качестве рабочей жидкости использовали керосин осветительный.

Параметры установки следующие:

- напряжение на электродах – 190…210 В;
- емкость разрядных конденсаторов – 55 мкФ;
- частота следования импульсов – 90…110 Гц.

Исследование фазового состава порошков, полученных методом ЭЭД из отходов твердого сплава марки ВК8 в керосине осветительном, проводили методом рентгеновской дифракции на дифрактометре Rigaku Ultima IV (рис. 1) в излучении Cu-Kα (длина волны λ = 0,154178 нм) с использованием щелей Соллера.

Рис. 1. Дифрактометр Rigaku Ultima IV

Съемку дифракционного спектра для фазового анализа проводят по схеме θ-2Θ сканирования с фокусировкой по Брегу-Брентано в интервале углов 5…100 град. 2 Θ. Съемку осуществляют в поточечном режиме с шагом сканирования Δ(2θ) = 0,02 град, скоростью 0,6 град/мин, рабочее напряжение 45 кВ, ток 200 мА. Для уточнения профиля экспериментальных рентгенограмм использовали программный пакет PDXL RIGAKU. Вычитание фона проводили методом Сонневельда – Виссера, сглаживание экспериментального профиля – методом Савицкого – Голая, разделение компонент $k_\alpha 1$ и $k_\alpha 2$ – методом Рачингера. Для описания дифракционных максимумов использовали суперпозицию функции Гаусса и функции Лоренца. Аппроксимация каждого из рефлексов на дифрактограммах исследуемых образцов функцией псевдо-Войгта позволила точно определить положение рефлексов с учетом смещения, вызванного перекрытием рефлексов, на половине максимума интенсивности (FWHM) и интенсивность. Фазовый состав покрытий определяли с помощью БД ICCD PDF-2 (2008).

Особенности дифрактометра серии Ultima IV:

– радиус гониометра – 185 мм на выходной пучок;

– щели переменной ширины, которые позволяют сохранять неизменной облучаемую поверхность образца;

– Θ/Θ гониометр вертикального типа для всех трех конфигураций, адаптированный для установки широкого набора дополнительных оптических компонентов;

– высокоскоростной рентгеновский детектор D/teX Ultra, который обладает высокой скоростью счета, высоким энергетическим уровнем разрешения и низким уровнем шума.

Многофункциональная приставка для анализа текстур и остаточных напряжений с поворотными столиками Multi purpose attachment MPA-IV χ(kai)- φ(phi)- Z stage включает в себя:

– автосменщик образцов (10 кювет);

– программное обеспечение: качественный и количественный фазовый анализ, база данных дифрактограмм ICDD PDF-2, анализ кристалличности, анализ остаточных напряжений, построение прямых и обратных полюсных фигур, функция распределения ориентировок.

Технические характеристики:

• источник излучения: малогабаритный с использованием высокочастотного преобразователя;

• максимальная мощность – 3кВт;

• напряжение на трубке – 20–60 кВ;

• ток трубки – 2–60 мА;

• материал анода трубки – Cu;

• размер фокуса – 0,4 х 12 мм.

Гониометр: Θ/Θ вертикального типа, образец неподвижен.

Метод сканирования – независимое сканирование каждой оси Θs или Θd; режим сканирования со связанными осями Θs/Θd.

Радиус гониометра – 185 мм; диапазон углов сканирования в режиме связанных осей Θs/Θd от –30 до +1620(2Θ); оси Θs от –1,50 до +810, оси Θd от –950 до +1200; шаг сканирования для оси Θs или Θd – 0,0001–60; в режиме связанных осей – 0,0002–120 (2Θ).

Скорость сканирования в режиме связанных осей Θs/Θd 0,020~1000 (2Θ), независимо каждой оси 0,010~500; скорость позиционирования 5000/мин (2Θ).

Щели: с управляемой шириной на выходной и дифрагированный пучок. Два стандартных комплекта щелей Соллера для работы в фокусирующей геометрии и геометрии псевдопараллельного пучка.

Юстировка: полностью автоматическая для гониометра, амплитудного дискриминатора, счетчика, оптических узлов и дополнительных приставок.

Детектор: сцинтилляционный счетчик с линейностью 700000 импульсов (стандарт), однокоординатный полупроводниковый детектор D/teX Ultra с чувствительностью, превышающей чувствительность сцинтилляционного счетчика на два порядка.

Порошок исследуемого образца насыпали в кювету диаметром 20 мм и глубиной 0,5 мм и спрессовывали так, чтобы поверхность образца была параллельна краям кюветы. Кювету ставят в держатель, в результате чего на отъюстированном гониометре поверхность образца совмещается с плоскостью фокусировки.

Параметры съемки: диапазон: 10–95 град 2Θ; шаг – 0,020 град, скорость – 1 град/мин, рабочее напряжение – 40 кВ, ток – 40 мА.

Обработка профиля дифрактограммы: программа PDXL; сглаживание – метод Савицкого-Голая; расчет фона – метод Сонневельда-Виссера, поиск пиков – peak top method.

Результаты исследования фазового состава порошков, полученных методом ЭЭД из отходов твердого сплава марки ВК8 в керосине осветительном, методом рентгеновской дифракции на дифрактометре Rigaku Ultima IV в излучении Cu-Kα с использованием щелей Соллера представлены на рисунке 2 и в таблице.

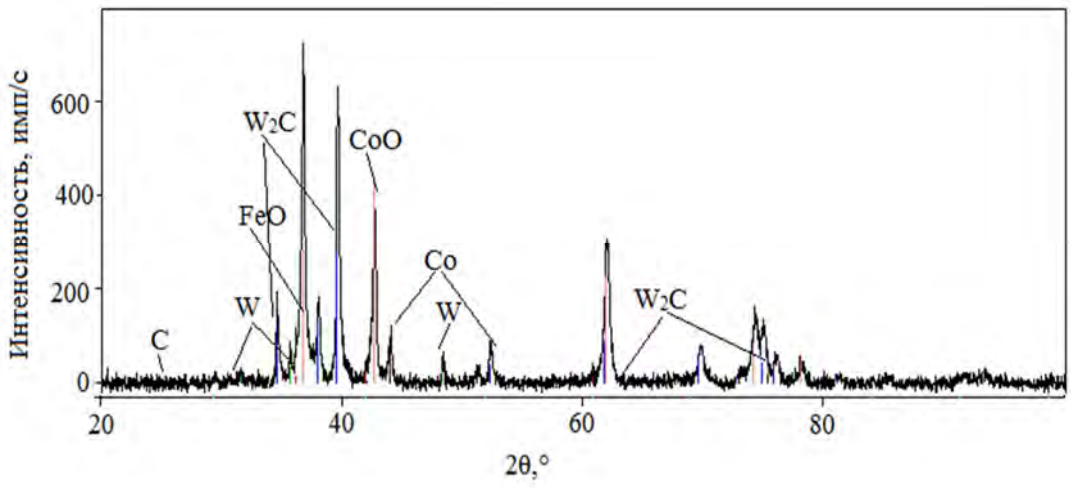


Рис. 2. Дифрактограмма порошка, полученного ЭЭД ВК8 в керосине

Основные фазы порошка ВК8

№	2θ, градус	Диаметр, ангстрем	Высота, Гц	Интенсивность W, градус	Фактор асимметрии
1	29,305(6)	3,0452(6)	14(4)	0,28(9)	0,32(4)
2	31,44(2)	2,843(2)	12(4)	1,2(4)	0,76(14)
3	34,488(7)	2,5985(5)	136(12)	0,32(3)	0,62(12)
4	35,626(8)	2,5180(5)	55(7)	0,17(4)	3,6(12)
5	36,40(6)	2,466(4)	84(9)	1,13(16)	0,91(7)
6	36,704(3)	2,4465(2)	454(21)	0,30(2)	2,1(2)
7	37,976(16)	2,3674(9)	112(11)	0,46(5)	2,0(7)

Окончание табл.

№	2θ, градус	Диаметр, ангстрем	Высота, Гц	Интенсивность W, градус	Фактор асимметрии
8	39,517(3)	2,27857(19)	524(23)	0,325(16)	0,59(6)
9	42,25(3)	2,1371(15)	37(6)	0,55(18)	4(3)
10	42,637(8)	2,1188(4)	247(16)	0,38(4)	2,3(4)
11	43,958(3)	2,05816(14)	88(9)	0,35(4)	2,36(17)
12	48,278(10)	1,8836(4)	63(8)	0,14(3)	0,8(4)
13	51,211(12)	1,7824(4)	22(5)	0,42(12)	2,1(16)
14	52,229(13)	1,7500(4)	70(8)	0,37(5)	1,0(3)
15	60,677(6)	1,52502(15)	31(6)	0,09(3)	0,7(3)
16	61,872(9)	1,4984(2)	232(15)	0,61(4)	0,89(10)
17	69,616(12)	1,3494(2)	55(7)	0,40(10)	0,40(8)
18	70,14(14)	1,341(2)	12(3)	2,6(10)	2,4(10)
19	73,04(5)	1,2944(8)	17(4)	1,3(6)	0,5(3)
20	74,24(2)	1,2764(3)	98(10)	0,68(11)	1,4(3)
21	74,874(19)	1,2672(3)	84(9)	0,50(8)	0,65(14)
22	76,03(3)	1,2508(4)	37(6)	0,52(12)	2,0(6)
23	78,089(10)	1,22283(13)	44(7)	0,44(8)	2,3(5)
24	80,952(7)	1,18666(8)	16(4)	0,45(13)	0,32(4)
25	83,98(7)	1,1514(8)	8(3)	0,19(15)	0,6(12)
26	91,43(4)	1,0760(3)	12(3)	1,9(7)	0,57(19)
27	93,52(2)	1,05741(19)	15(4)	0,37(17)	5(2)

Таким образом, на основании фазового анализа установлено, что в порошке, полученном электроэрозионным диспергированием отходов твердого сплава марки ВК8 в керосине осветительном, основными фазами являются вольфрам (W), карбид вольфрама (W_2C), оксид кобальта (CoO), оксид железа (FeO), кобальт (Co) и углерод (C).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (договор № 31 16-38-60064\15 от 02.12.2015 г.).

Список литературы

1. Выбор оптимальных технологических режимов плазменной наплавки порошковыми твердыми сплавами / И. Н. Кравченко, Е. М. Бобряшов, С. М. Зубачёв, М. Л. Макаренко // Механизация строительства. – 2011. – № 1. – С. 4–5.

2. Переплетчиков Е. Ф. Плазменно-порошковая наплавка никелевых и кобальтовых сплавов на медь и ее сплавы // Автоматическая сварка. – 2015. – № 5-6 (742). – С. 14–17.

3. Гуревич Л. М., Трыков Ю. П., Новиков Р. Е. Оценка размеров карбидных частиц и степени их деформации при взрывном плакировании заготовок порошковыми твердыми сплавами // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2015. – № 10 (170). – С. 38–43.

4. Агеев Е. В., Латыпов Р. А. Получение и исследование заготовок твердого сплава из порошков, полученных электроэрозионным диспергированием

вольфрамсодержащих отходов // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. – 2014. – № 5. – С. 50–53.

5. Агеев Е. В., Семенихин Б. А., Латыпов Р. А. Метод получения наноструктурных порошков на основе системы WC-CO и устройство для его осуществления // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2010. – № 5. – С. 39–42.

6. Оценка эффективности применения твердосплавных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов, при восстановлении и упрочнении деталей композиционными гальваническими покрытиями / Е. В. Агеев, Б. А. Семенихин, Е. В. Агеева, Р. А. Латыпов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2011. – № 9. – С. 14–16.

7. Проведение рентгеноспектрального микроанализа твердосплавных электроэрозионных порошков / Е. В. Агеев, Г. Р. Латыпова, А. А. Давыдов, Е. В. Агеева // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 5(44), ч. 2. – С. 99–102.

8. Латыпов Р. А., Агеев Е. В., Давыдов А. А. Восстановление и упрочнение деталей машин и инструмента с использованием порошков, полученных электроэрозионным диспергированием вольфрамсодержащих отходов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2013. – № 12. – С. 23–28.

9. Агеев Е. В., Семенихин Б. А., Латыпов Р. А. Исследование влияния электрических параметров установки на процесс порошкообразования при электроэрозионном диспергировании отходов твердого сплава // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – Т. 11, № 5, ч. 2. – С. 238–240.

10. Агеев Е. В., Латыпов Р. А., Угримов А. С. Металлургические особенности получения твердосплавных порошков электроэрозионным диспергированием сплава Т15К6 в бутаноле // Электрометаллургия. – 2016. – № 4. – С. 28–31.

11. Свойства твердого сплава ВК6, полученного из свс-порошка карбида вольфрама / В. С. Панов, Ж. В. Еремеева, Е. В. Агеев, Е. Л. Нарбаев, Ю. Ю. Капланский // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – Т. 1, № 3(60). – С. 32–35.

12. Электроэрозионные порошки микро- и нанометрических фракций для производства твердых сплавов / Р. А. Латыпов, Е. В. Агеева, О. В. Кругляков, Г. Р. Латыпова // Электрометаллургия. – 2016. – № 1. – С. 16–20.

13. Пат. 2449859 Российская Федерация, С2, B22F9/14. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е.В.; заявитель и патентообладатель Юго-Западный государственный университет. – № 2010104316/02; заявл. 08.02.2010; опубл. 10.05.2012. – 4 с.

Получено 23.12.16

E. V. Ageeva, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

A. Yu. Altukhov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: alt@yandex.ru)

S. S. Gulidin, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: gulidin_ss@mail.ru)

M. A. Zubarev, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: koy747@gmail.ru)

THE DIFFRACTION PATTERN OF THE EDM WOLFRAMALPHA POWDER USED IN WEAR-RESISTANT COATINGS

Currently one of the promising methods for producing powder composite material is electroerosion dispersion (EED). Head is beginning to compete with other methods for production of powders, including nanopowders. The main advantages of electric erosion dispersing are in good controllability, low power consumption, environmentally friendly process, high physical-mechanical characteristics of the obtained nanopowders. However, most of the installations for EAD created by materials scientists, have large imperfections that does not allow to achieve high throughput along with low power consumption and stability of the process. The widespread use of the method, aid in the production is hampered by lack of reference material for optimization of poroshkoobraznye, the choice of the working fluid and the properties of the obtained nanopowders. Therefore, to select optimal modes EED for maximum performance and obtain high performance properties of nanopowders requires extensive theoretical and experimental studies.

The aim of this work was to study the study of phase composition of the powder obtained by electroerosion dispersion of waste carbide brand VK8 in kerosene lighting.With the aim of recycling VK8 powder with a high content of nanoparticles were used to install AED. Wherein the slave fluid used kerosene lighting. Installation options the following: voltage on the electrodes 190...210V; the capacity of the bit capacitor 55 μf; frequency pulse 90 to 110 Hz.

On the basis of the phase analysis found that the powder obtained by electroerosion dispersion of waste carbide brand VK8 in kerosene lighting, the main phases are tungsten (W), tungsten carbide (W2C), cobalt oxide (CoO), iron oxide (FeO), cobalt (Co) and carbon (C).

Key words: *waste of hard alloy material VK8, electrical treroninae dispersion, powder, form and morphology of the powder particles.*

Reference

1. Vybor optimal'nyh tekhnologicheskih rezhimov plazmennoj naplavki poroshkovymi tverdymi splavami / I. N. Kravchenko, E. M. Bobryashov, S. M. Zubachyov, M. L. Makarenko // Mehanizaciya stroitel'stva. – 2011. – № 1. – S. 4–5.

2. Perepletchikov E. F. Plazmen-no-poroshkovaya naplavka nikelevyh i kobal'-tovyh splavov na med' i ee splavy // Avtomaticheskaya svarka. – 2015. – № 5-6 (742). – S. 14–17.

3. Gurevich L. M., Trykov Yu. P., Novikov R. E. Ocenka razmerov karbidnyh chastic i stepeni ih deformacii pri vzryvnom plakirovanii zagotovok poroshkovymi tverdymi splavami // Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2015. – № 10(170). – S. 38–43.

4. Ageev E. V., Latypov R. A. Poluchenie i issledovanie zagotovok tverdogo splava iz poroshkov, poluchennyh ehlektroehrozionnym dispergirovaniem vol'framsoderzhashchih othodov // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Cvetnaya metallurgiya. – 2014. – № 5. – S. 50–53.

5. Ageev E. V., Semenihin B. A., Latypov R. A. Metod polucheniya nanostrukturnyh poroshkov na osnove sistemy WC-CO i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya // Fundamental'nye i

prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2010. – № 5. – S. 39–42.

6. Ocenka ehffektivnosti prime-neniya tverdosplavnyh poroshkov, poluchennyh ehlektroehrozionnym dispergirovaniem othodov tverdyh splavov, pri vosstanovlenii i uprochnenii detalej kompozicionnymi gal'vanicheskimi pokrytiyami / E. V. Ageev, B. A. Semenihin, E. V. Ageeva, R. A. Latypov // Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya. – 2011. – № 9. – S. 14–16.

7. Provedenie rentgenospektral'nogo mikroanaliza tverdosplavnyh ehlektroehrozionnyh poroshkov / E. V. Ageev, G. R. Latypova, A. A. Davydov, E. V. Ageeva // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – № 5(44), ch. 2. – S. 99–102.

8. Latypov R. A., Ageev E. V., Davydov A. A. Vosstanovlenie i uprochnenie detalej mashin i instrumenta s ispol'zovaniem poroshkov, poluchennyh ehlektroehrozionnym dispergirovaniem vol'framsoderzhashchih othodov // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. – 2013. – № 12. – S. 23–28.

9. Ageev E. V., Semenihin B. A., Latypov R. A. Issledovanie vliyaniya ehlektricheskih parametrov ustanovki na process poroshkoobrazovaniya pri ehlektroehrozionnom dispergirovanii othodov tverdogo splava // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – 2009. – T. 11, № 5, ch. 2. – S. 238–240.

10. Ageev E. V., Latypov R. A., Ugrimov A. S. Metallurgicheskie osobennosti polucheniya tverdosplavnyh poroshkov ehlektroehrozionnym dispergirovaniem splava T15K6 v butanole // Ehlektrometallurgiya. – 2016. – № 4. – S. 28–31.

11. Svojstva tverdogo splava VK6, poluchennogo iz svs-poroshka karbida vol'frama / V. S. Panov, ZH. V. Eremeeva, E. V. Ageev, E. L. Narbaev, Yu. Yu. Kaplanskij // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. – T. 1, № 3(60). – S. 32–35.

12. Ehlektroehrozionnye poroshki mikro- i nanometricheskih frakcij dlya proizvodstva tverdyh splavov / R. A. Latypov, E. V. Ageeva, O. V. Kruglyakov, G. R. Latypova // Ehlektrometallurgiya. – 2016. – № 1. – S. 16–20.

13. Pat. 2449859 Rossijskaya Federaciya, C2, B22F9/14. Ustanovka dlya polucheniya nanodispersnyh poroshkov iz tokoprovodyashchih materialov / Ageev E.V.; zayavitel' i patentoobladatel' Yugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet. – № 2010104316/02; zayavl. 08.02.2010; opubl. 10.05.2012. – 4 s.

УДК 621.762.227

Н. М. Хорьякова, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: natali030119891@yandex.ru)

Е. В. Агеев, д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: ageev_ev@mail.ru)

Р. А. Латыпов, д-р техн. наук, профессор, Московский государственный политехнический университет (e-mail: latipov46@mail.ru)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОЛОГИИ И ТВЕРДОСТИ СПЕЧЕННЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО МЕДНОГО ПОРОШКА И ПМС-1

Одним из методов получения порошка с новыми свойствами является метод электроэрозионного диспергирования, представляющий собой разрушение токопроводящего материала в результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между электродами, обладающий такими конкурентными преимуществами, как простота конструкции оборудования, использование в качестве металлической загрузки отходов, безвредность и экологическая чистота процесса, отсутствие механического износа оборудования, малые энергозатраты. С другой стороны, расширяется спектр материалов, особые свойства которых могут быть получены только методами порошковой металлургии, ощущается отчетливый прогресс в физико-механических и эксплуатационных показателях практически всех видов спеченных материалов, поэтому способность к спеканию является одной из важнейших характеристик порошков.

Целью настоящей работы являлась сравнительная характеристика морфологии и твердости спеченных образцов из электроэрозионного медного порошка и ПМС-1. Получение медных порошков производили методом электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) на установке для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов (патент РФ № 2449859), включающей в себя регулятор напряжения, генератор импульсов и реактор. Процесс проводили при следующих электрических параметрах: емкость разрядных конденсаторов 45,5 мкФ, напряжение 220 В, частота следования импульсов 100 Гц. В качестве реактора установки электроэрозионного диспергирования использовался стеклянный эксикатор, в качестве разделителя – пластмассовая решетка. Для исключения возможности соприкосновения электродов со стенками реактора диспергированный материал изолировали от стенок реактора пластмассовой перегородкой. В качестве исходного (диспергируемого) материала использовали отходы электротехнической медной проволоки марки М1.

Экспериментально установлено, что средняя твердость заготовок, полученных спеканием медного электроэрозионного порошка, равна 52,2 HV, средняя твердость заготовок, полученных спеканием порошка ПМС-1, равна 51,1 HV.

Ключевые слова: *электроэрозионное диспергирование, медный электроэрозионный порошок, ПМС-1, спекание, морфология и твердость спеченных образцов.*

***

Развитие современных отраслей промышленности невозможно без создания материалов с новыми, заранее заданными свойствами. Среди современных материалов все большее внимание привлекают порошковые объекты, исходным сырьем для получения которых являются порошки металлов и неметаллов. Порошковая технология – это широкая область получения дисперсных тел, обладающая такими преимуществами, как энерго- и ресурсосбережение, экологическая чистота процесса, и характеризующаяся высокоэкономичными и малоотходными процессами получения материалов с широким спектром свойств [1–2].

Одним из методов получения порошка с новыми свойствами является метод электроэрозионного диспергирования, представляющий собой разрушение токопроводящего материала в результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между электродами, обладающий такими конкурентными преимущества-

ми, как простота конструкции оборудования, использование в качестве металлической загрузки отходов, безвредность и экологическая чистота процесса, отсутствие механического износа оборудования, малые энергозатраты [3–8].

С другой стороны, расширяется спектр материалов, особые свойства которых могут быть получены только методами порошковой металлургии, ощущается отчетливый прогресс в физико-механических и эксплуатационных показателях практически всех видов спеченных материалов, поэтому способность к спеканию является одной из важнейших характеристик порошков.

Целью настоящей работы являлась сравнительная характеристика морфологии и твердости спеченных образцов из электроэрозионного медного порошка и ПМС-1.

Получение медных порошков производили методом электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) на установке для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов (патент РФ № 2449859), включающей в себя регулятор напряжения, генератор импульсов и реактор [9].

Процесс проводили при следующих электрических параметрах:

– емкость разрядных конденсаторов 45,5 мкФ;

– напряжение 220 В;

– частота следования импульсов 100 Гц.

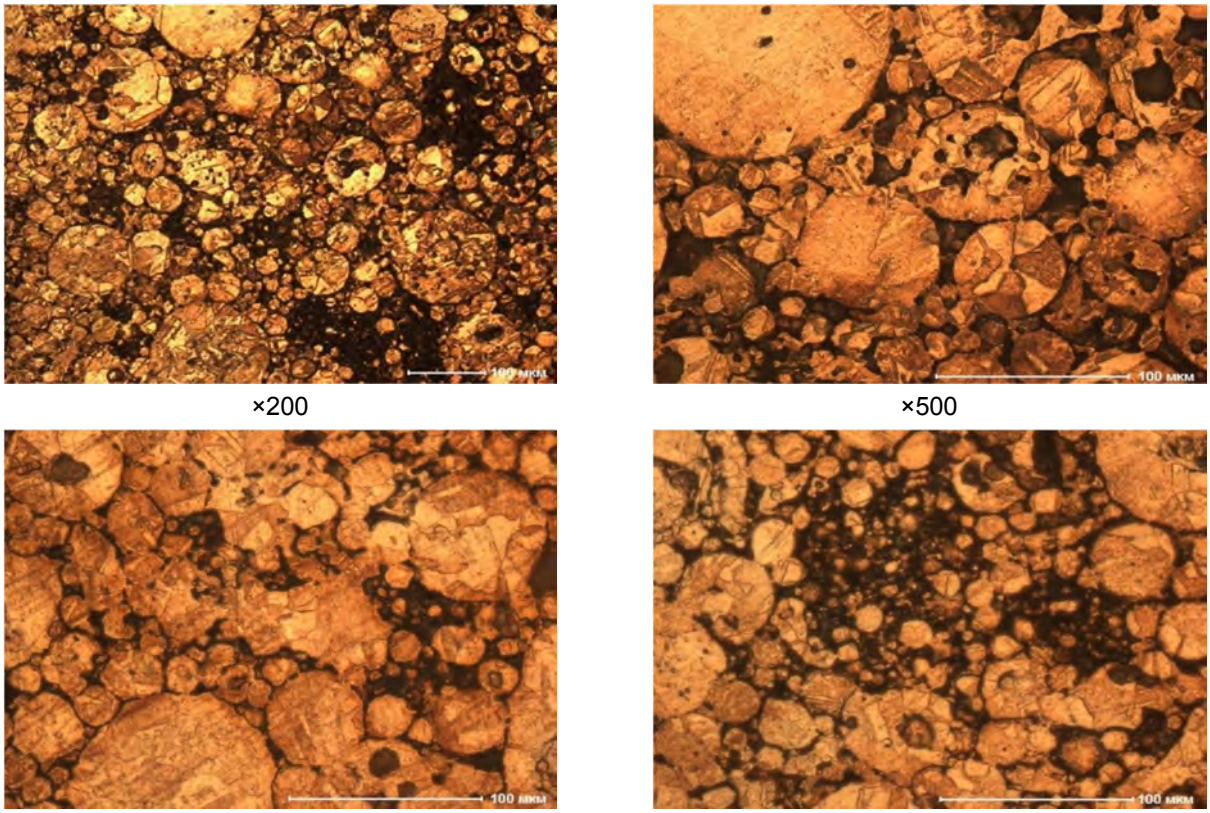
В качестве реактора установки электроэрозионного диспергирования использовался стеклянный эксикатор, в качестве разделителя – пластмассовая решетка. Для исключения возможности соприкосновения электродов со стенками реактора диспергированный материал изолировали от стенок реактора пластмассовой перегородкой. В качестве исходного (диспергируемого) материала использовали отходы электротехнической медной проволоки марки М1.

Для получения компактированных материалов из медного порошка, полученного методом электроэрозионного диспергирования в воде дистиллированной в изолированном реакторе, и медного порошка ПМС-1 был использован изостатический пресс EPSI CIP 400–200*1000Y.

На первом этапе прессования порошки меди помещали в гибкую резиновую форму и предварительно вручную уплотняли до плотности 3,1847 г/см^3. Далее образцы помещали в рабочую камеру пресса при температуре 18^{o}C, давление нагнетали до необходимой величины, при этом давлении образец выдерживался в течение 2 минуты, после чего давление сбрасывали до атмосферного и скомпактированные образцы извлекали из резиновой формы. Было использовано давление изостатического прессования 200 МПа, 2 минуты. Скомпактированные образцы в печи Nabertherm VHT 8/22 спекали в течение 1 часа при температуре 900ºС в вакууме.

Результаты микроскопии спеченного образца электроэрозионного медного порошка, полученного с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX51, приведены на рисунке 1.

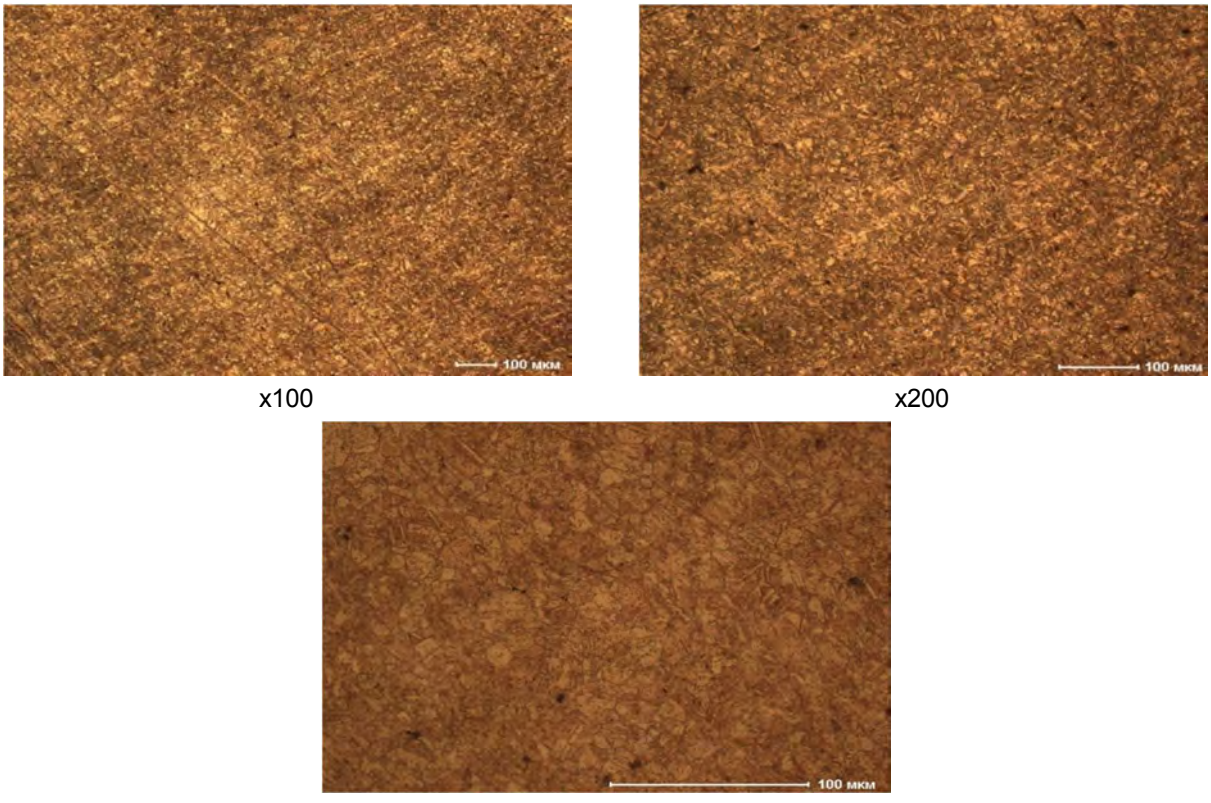
Результаты микроскопии спеченного образца порошка ПМС-1, полученного с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX51, приведены на рисунке 2.



×200 ×500

×500 ×500

Рис. 1. Морфология спеченного образца электроэрозионного медного порошка, полученного в изолированном реакторе



x100 x200

x500

Рис. 2. Морфология спеченного образца ПМС-1

Результаты исследования твердости заготовок, полученных спеканием медного электроэрозионного порошка, представлены в таблице и на рисунке 3.

Результаты исследования твердости заготовок, полученных спеканием порошка ПМС-1, представлены в таблице и на рисунке 4.

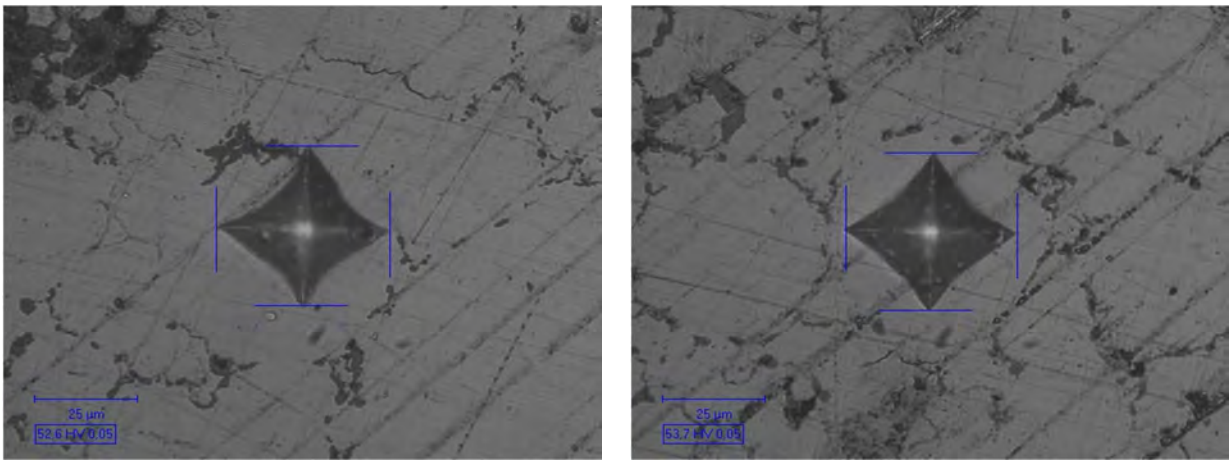


Рис. 3. Фото отпечатков на поверхности спеченного образца электроэрозионного порошка

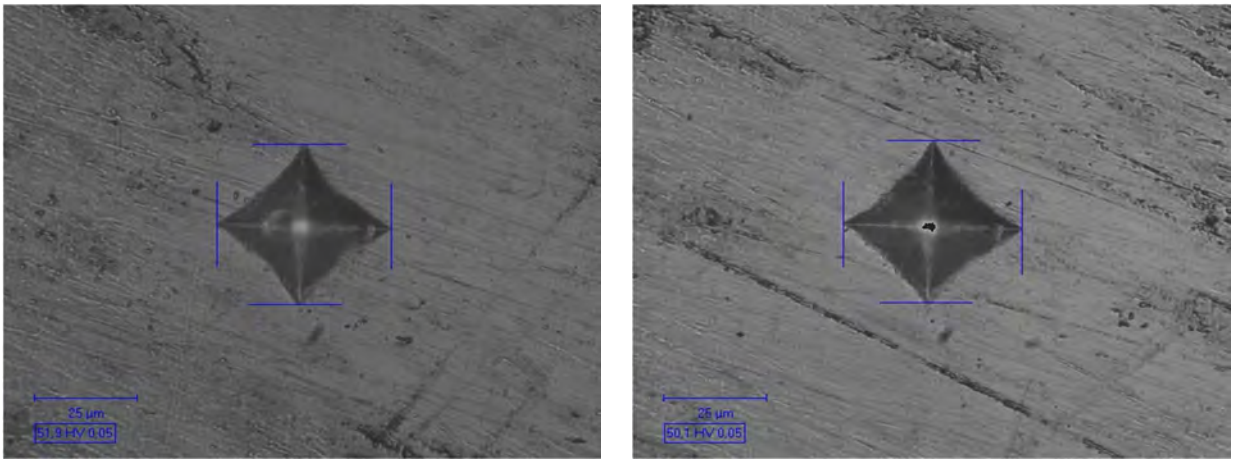


Рис. 4. Фото отпечатка на поверхности спеченного образца ПМС-1

Твердость по Виккерсу спеченных образцов

Отпечаток	Твердость по Виккерсу, HV	
	Спеченный образец электроэрозионного медного порошка	Спеченный образец ПМС-1
1	48,7	54,5
2	42,5	54,8
3	55,0	54,0
4	52,6	51,8
5	47,1	49,2
6	50,4	53,1
7	55,9	50,1
8	52,3	50,3
9	53,7	50,4
10	55,2	51,9
Среднее значение	52,2	51,1

Экспериментально установлено, что средняя твердость заготовок, полученных спеканием медного электроэрозионного порошка, равна 52,2 HV, средняя твердость заготовок, полученных спеканием порошка ПМС-1, равна 51,1 HV.

Список литературы

1. Агеева Е. В., Хорьякова Н. М., Агеев Е. В. Получение и исследование композиционных медных гальванических покрытий, модифицированных медными электроэрозионными порошками микро- и нанофракций: монография / Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2016. – 131 с.

2. Исследование физико-механических и трибологических свойств медных гальванических покрытий, полученных с добавлением медного электроэрозионного нанопорошка / Е. В. Агеева, Р. А. Латыпов, Н. М. Хорьякова, Е. В. Агеев // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2016. – № 1. – С. 35–43.

3. Рентгеноструктурный анализ порошка, полученного электроэрозионным диспергированием в среде керосина / Е. В. Агеева, Н. М. Хорьякова, Р. А. Латыпов, П. И. Бурак // Международный технико-экономический журнал. – 2015. – № 2. – С. 59–65.

4. Хорьякова Н. М., Агеева Е. В., Агеев Е. В. Исследования гранулометрического и элементного состава электроэрозионного медно-углеродного порошка, полученного в керосине // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2015. – № 4 (17). – С. 18–24.

5. Хорьякова Н. М., Малюхов В. С. Применение медных порошков и зависимость их свойств от размеров частиц // Перспективное развитие науки, техники и технологии: сб. докл. III Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 т. / Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2013. – Т. 3. – С. 258–362.

6. Агеев Е. В., Латыпов Р. А. Получение и исследование заготовок твердого сплава из порошков, полученных электроэрозионным диспергированием вольфрамсодержащих отходов // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. – 2014. – № 5. – С. 50–53.

7. Агеев Е. В., Агеева Е. В. Исследование химического состава порошков, полученных из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: матер. IV Междунар. науч.-техн. конф. – Курск, 2006. – С. 146–150.

8. Ageeva E. V., Ageev E. V., Osminina A. S. Properties and characterizations of powders produced from waste carbides // Журнал нано- и электронной физики. – 2013. – Т. 5, № 4. – С. 04038-1–04038-2.

9. Пат. 2449859 Российская Федерация, C2, B22F9/14. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е.В.; заявитель и патентообладатель Юго-Западный государственный университет. – № 2010104316/02; заяв. 08.02.2010; опубл. 10.05.2012. – 4 с.

10. Исследования гранулометрического и элементного состава электроэрозионного медно-углеродного порошка, полученного в керосине / Н. М. Хорьякова, Е. В. Агеева, Е. В. Агеев, И. В. Егельский, Д. А. Чумак-Жунь // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2015. – № 4 (17). – С. 18–23.

Получено 23.12.16

N. M. Horakova, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: natali030119891@yandex.ru)

E. V. Ageev, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: ageev_ev@mail.ru)

R. A. Latypov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Moscow State Engineering University (e-mail: latipov46@mail.ru)

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE MORPHOLOGY AND HARDNESS OF SINTERED SAMPLES OF EDM COPPER POWDER PMS-1

One method of obtaining a powder with new properties, is a method of electroerosion dispersion, which is a destruction of the conductive material in the through local exposure to short-term electrical discharges between the electrodes, with competitive advantages such as simplicity of design of equipment used as metal waste, harmlessness and environment-friendly process, no mechanical wear, low power consumption.

On the other hand, expanding the range of materials, special properties which can only be obtained by powder metallurgy methods, there is a clear advance in the physical-mechanical and operational performance of almost all types of sintered materials, therefore, the ability to be sintered is one of the most important characteristics of powders. The aim of this work was the comparative characteristics of the morphology and hardness of sintered samples of EDM copper powder PMS-1. Obtaining copper powders produced by the method of electroerosion dispersion (EED) on the unit for production of nanodispersed powders of conductive materials (patent RF № 2449859), which includes a voltage regulator, pulse generator and the reactor. The process is carried out at the following electrical parameters: capacity of the bit capacitors of 45.5 microfarads, voltage 220 V, the pulse repetition rate of 100 Hz. As the digester electroerosion dispersion used glass desiccators in the separator – the plastic grille. To exclude the possibility of contact of the electrodes with the walls of the reactor, the dispersed material is insulated from the walls of the reactor with a plastic partition. As the source (dispersible) material used waste electrical copper wire grade M1.

It was established experimentally that the average hardness of the blanks obtained by sintering copper powder EDM is equal to 52,2 HV average hardness of blanks obtained by sintering of powder PMS-1 is equal to 51.1 HV.

Key words: *electroerosive dispersion, EDM copper powder PMS-1, sintering, morphology and hardness of the sintered samples.*

Reference

1. Ageeva E. V., Hor'yakova N. M., Ageev E. V. Poluchenie i issledovanie kompozicionnyh mednyh gal'vanicheskih pokrytij, modificirovannyh mednymi ehlektroehrozionnymi poroshkami mikro- i nanofrakcij: monografiya / Yugo-Zap. gos. un-t. – Kursk, 2016. – 131 s.

2. Issledovanie fiziko-mekhanicheskih i tribologicheskih svojstv mednyh gal'vanicheskih pokrytij, poluchennyh s dobavleniem mednogo ehlektroehrozionnogo nanoporoshka / E. V. Ageeva, R. A. Latypov, N. M. Hor'yakova, E. V. Ageev // Izvestiya vuzov. Poroshkovaya metallurgiya i funkcional'nye pokrytiya. – 2016. – № 1. – S. 35–43.

3. Rentgenostrukturnyj analiz poroshka, poluchennogo ehlektroehrozionnym dispergirovaniem v srede kerosina / E. V. Ageeva, N. M. Hor'yakova, R. A. Latypov, P. I. Burak // Mezhdunarodnyj tekhniko-ehkonomicheskij zhurnal. – 2015. – № 2. – S. 59–65.

4. Hor'yakova N. M., Ageeva E. V., Ageev E. V. Issledovaniya granulometricheskogo i ehlementnogo sostava ehlektroehrozionnogo medno-uglerodnogo poroshka, poluchennogo v kerosine // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii. – 2015. – № 4 (17). – S. 18–24.

5. Hor'yakova N. M., Malyuhov V. S. Primenenie mednyh poroshkov i zavi-

simost' ih svojstv ot razmerov chastic // Perspektivnoe razvitie nauki, tekhniki i tekhnologii: sb. dokl. III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: v 3 t. / Yugo-Zap. gos. un-t. – Kursk, 2013. – T. 3. – S. 258–362.

6. Ageev E. V., Latypov R. A. Poluchenie i issledovanie zagotovok tverdogo splava iz poroshkov, poluchennyh ehlektroehrozionnym dispergirovaniem vol'framsoderzhashchih othodov // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Cvetnaya metallurgiya. – 2014. – № 5. – S. 50–53.

7. Ageev E. V., Ageeva E. V. Issledovanie himicheskogo sostava poroshkov, poluchennyh iz othodov tverdyh splavov metodom ehlektroehrozionnogo dispergirovaniya // Sovremennye instrumental'nye sistemy, informacionnye tekhnologii i innovacii: mater. IV Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. – Kursk, 2006. – S. 146–150.

8. Ageeva E. V. Properties and characterizations of powders produced from waste carbides / E. V. Ageeva, E. V. Ageev, A. S. Osminina // Zhurnal nano- i ehlektronnoj fiziki. – 2013. – T. 5, № 4. – S. 04038-1–04038-2.

9. Pat. 2449859 Rossijskaya Federaciya, C2, B22F9/14. Ustanovka dlya polucheniya nanodispersnyh poroshkov iz tokoprovodyashchih materialov / Ageev E.V.; zayavitel' i patentoobladatel' Yugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet. – № 2010104316/02; zayav. 08.02.2010; opubl. 10.05.2012. – 4 s.

10. Issledovaniya granulometricheskogo i ehlementnogo sostava ehlektroehrozionnogo medno-uglerodnogo poroshka, poluchennogo v kerosine / N. M. Hor'yakova, E. V. Ageeva, E. V. Ageev, I. V. Egel'skij, D. A. Chumak-Zhun' // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii. – 2015. – № 4 (17). – S. 18–23.

УДК 621.762.27

Е. В. Агеев, д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: ageev_ev@mail.ru)

С. В. Хардиков, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (e-mail: hardikov1990@mail.ru)

А. Ю. Алтухов, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: alt997@yandex.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ЭЭД ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПОРОШКОВОЙ ШАРИКОПОДШИПНИКОВОЙ СТАЛИ

Одним из основных направлений развития технологии машиностроения в настоящее время является совершенствование существующих и разработка новых безотходных, экологически чистых, материалосберегающих производственных процессов. Порошковая металлургия занимает значительное место в создании перспективных современных материалов, обладающих высокой прочностью, жаростойкостью, твердостью, износостойкостью, малой плотностью, специальными магнитными и оптическими характеристиками. Свойства порошковых материалов, кроме того, в большой мере определяются еще и свойствами исходных порошков.

Целью исследования является изучение режимов порошкообразования процесса получения порошков из отходов шарикоподшипниковой стали методом электроэрозионного диспергирования в воде дистиллированной. Процесс получения порошков осуществляется на установке для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов. Порошковая металлургия используется как для создания принципиально новых материалов и изделий из них, так и для изготовления самой широкой номенклатуры конструкционных деталей общего назначения.

В статье представлены графики зависимости массы получаемого порошка от электрических параметров установки для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов. Экспериментально установлены прямо пропорциональные зависимости массы получаемого порошка от частоты следования импульсов и массы получаемого порошка от напряжения на электродах. Также установлена прямо пропорциональная зависимость массы получаемого порошка от ёмкости разрядных конденсаторов в интервале до 48 мкФ. Дальнейшее увеличение ёмкости разрядных конденсаторов приводит к уменьшению процесса порошкообразования.

Ключевые слова: *шарикоподшипниковая сталь, производительность процесса ЭЭД, электроэрозионное диспергирование.*

***

Одним из основных направлений развития технологии машиностроения в настоящее время является совершенствование существующих и разработка новых безотходных, экологически чистых, материалосберегающих производственных процессов, т. е. таких процессов, которые обеспечивают получение заготовок с минимальными припусками под последующую механическую обработку либо вообще без них при одновременном снижении расхода дефицитных материалов. В решении этой проблемы определенная роль принадлежит порошковой металлургии.

Прогресс в современной технике неразрывно связан с достижениями в области порошковой металлургии. Порошковая металлургия занимает значительное место в создании перспективных современных материалов, обладающих высокой прочностью, жаростойкостью, твердостью, износостойкостью, малой плотностью, специальными магнитными и оптическими характеристиками и т.п. [1]. Свойства порошковых материалов определяются структурой и строением, которые в свою очередь зависят от химического состава, технологии получения и последующей обработки посредством механических, тер-

мических, химических, физических и других комбинированных воздействий.

Порошковая металлургия – это отрасль техники, включающая изготовление порошков из металлов и их сплавов и получение из них заготовок и изделий без расплавления основного компонента. Методами порошковой металлургии можно создавать материалы из различных компонентов с резко отличающимися свойствами и температурами плавления, новые материалы с разнообразным комплексом физико-механических свойств. Порошковая металлургия используется как для создания принципиально новых материалов и изделий из них, так и для изготовления самой широкой номенклатуры конструкционных деталей общего назначения.

Свойства порошковых материалов, кроме того, в большой мере определяются еще и свойствами исходных порошков. Поэтому при разработке и применении порошковых материалов важная роль принадлежит характеристикам исходных порошков, а также структуре, составу самих порошковых материалов и, следовательно, методам их исследования и оценки [2].

В последнее время для получения металлических порошков большой интерес вызывает метод электроэрозионного диспергирования. На наш взгляд, он является одним из наиболее перспективных методов получения порошков. Метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) отличается относительно невысокими энергетическими затратами и экологической чистотой процесса и позволяет получить порошки из отходов производства и потребления [3–11]. Тем не менее широкое использование метода электроэрозионного диспергирования сдерживается отсутствием справочного материала по оптимизации режимов порошкообразования и свойствам полученных медных порошков. Для широкого использования данного метода требуются обширные теоретические и экспериментальные исследования.

Целью исследования является изучение режимов порошкообразования процесса получения порошков из отходов шарикоподшипниковой стали методом электроэрозионного диспергирования в воде дистиллированной.

Процесс получения порошков осуществляется на установке для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов. Установка содержит реактор электроэрозионного диспергирования для загружаемых в него токопроводящих материалов, регулятор напряжения и генератор импульсов [12]. Для получения порошка методом электроэрозионного диспергирования использовали отходы шарикоподшипниковой стали. Лом шарикоподшипниковой стали загружали в реактор, заполненный рабочей жидкостью – дистиллированной водой, процесс проводили, изменяя электрические параметры: напряжение на электродах, частоту следования импульсов и ёмкость разрядных конденсаторов. В результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между электродами произошло разрушение лома шарикоподшипниковой стали.

На рисунках 1–3 представлены графики зависимости массы получаемого порошка от электрических параметров установки для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов.

На рисунке 1 представлен график зависимости массы получаемого порошка от рабочей частоты генератора импульсов при напряжении на электродах $U = 100$ В и ёмкости разрядных конденсаторов $C = 58$ мкФ.

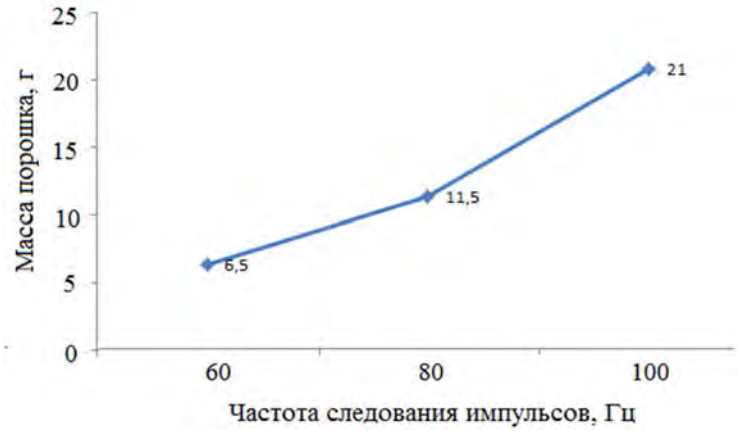


Рис. 1. Зависимость массы получаемого порошка от рабочей частоты установки ЭЭД (U = 100 В, С = 58 мкФ)

На рисунке 2 представлен график зависимости массы получаемого порошка от ёмкости разрядных конденсаторов при напряжении на электродах U = 100 и частоте следования импульсов υ = 100 Гц.

На рисунке 3 представлены график зависимости массы получаемого порошка от напряжения на электродах реактора установки ЭЭД при частоте следования импульсов υ = 100 Гц и ёмкости разрядных конденсаторов С = 58 мкФ.

Рис. 2. Зависимость массы получаемого порошка от ёмкости разрядных конденсаторов (U = 100 В, υ = 100 Гц)

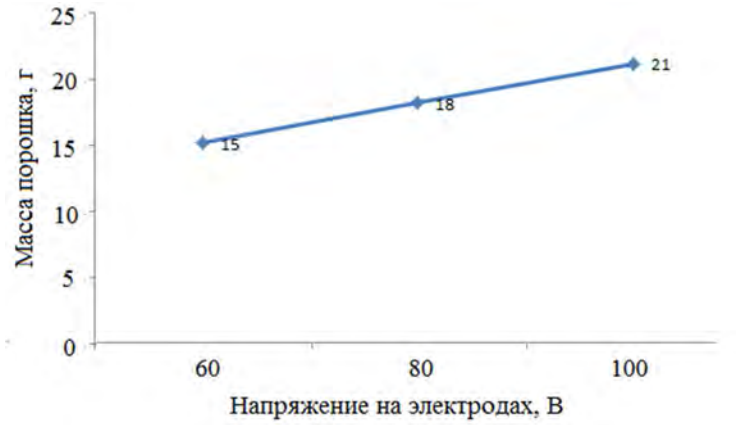


Рис. 3. Зависимость массы получаемого порошка от напряжения на электродах ректора (υ = 100 Гц, С = 58 мкФ)

Экспериментально установлены прямо пропорциональные зависимости массы получаемого порошка от частоты следования импульсов и массы получаемого порошка от напряжения на электродах. Также установлена прямо пропорциональная зависимость массы получаемого порошка от ёмкости разрядных конденсаторов в интервале до 48 мкФ. Дальнейшее увеличение ёмкости разрядных конденсаторов приводит к уменьшению процесса порошкообразования.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (договор № 31 16-38-60064\15 от 02.12.2105 г.).

Список литературы

1. Витязь П. А. Порошковые материалы на основе железа и меди. Атлас структур. – Минск: Белорус. наука, 2008. – 155 с.

2. Корчагина М. В., Науменко А. А., Липкин В. М. Закономерности получения электролитических порошков меди на виброкатоде и исследование их свойств // Вестник Донского государственного технического университета. – 2015. – Т. 15, № 3 (82). – С. 41–46.

3. Петридис А. В., Толкушев А. А., Агеев Е. В. Состав и свойства порошков, полученных из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) // Технология металлов. – 2005. – № 6. – С. 13–17.

4. Агеев Е. В., Семенихин Б. А., Латыпов Р. А. Разработка генератора импульсов установки электроэрозионного диспергирования // Информационно-измерительные, диагностические и управляющие системы. Диагностика-2009: сб. матер. Междунар. науч.-техн. конф. – Курск, 2009. – С. 144–147.

5. Агеев Е. В., Агеева Е. В., Хорькова Н. М. Состав и свойства медных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием: монография. – Курск, 2014. – 144 с.

6. Оценка эффективности применения твердосплавных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов, при восстановлении и упрочнении деталей композиционными гальваническими покрытиями / Е. В. Агеев, Б. А. Семенихин, Е. В. Агеева, Р. А. Латыпов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2011. – № 9. – С. 14–16.

7. Исследование производительности процесса получения порошков методом электроэрозионного диспергирования / Е. В. Агеев, Б. А. Семенихин, Е. В. Агеева, Р. А. Латыпов, Н. А. Пивовар // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2010. – № 4 (33). – С. 76–82.

8. Ageeva E. V., Khor'yakova N. M., Ageev E. V. Morphology and composition of copper electrospark powder suitable for sintering // Source of the Document Russian Engineering Research. – 2010. – Vol. 35 (1). – P. 33–35

9. Ageeva E. V., Khor'yakova N. M., Ageev E. V. Morphology of copper powder produced by electrospark dispersion from waste // Russian Engineering Research. – 2010. – Vol. 34 (11). – P. 694–696.

10. Ageeva E. V., Ageev E. V., Karpenko V. Y. Nanopowder produced from high-speed steel waste by electrospark dispersion in water // Source of the Document Russian Engineering Research. – 2010. – Vol. 35 (3). – P. 189–190.

11. Document Electroerosive powder obtained from alloy VK8 waste into butanol / E. V. Ageev, A. Y. Altukhov, S. V Khar-

dikov, S. S. Gulidin, A. N. Novikov // Source of the Document Journal of Nano- and Electronic Physics. – 2010. – № 7 (4). – P. 04080.

12. Пат. 2449859 Российская Федерация, C2, B22F9/14. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е. В.; заявитель и патентообладатель Юго-Западный государственный университет. – № 2010104316/02; заявл. 08.02.2010; опубл. 10.05.2012. – 4 с.

Получено 20.01.17

E. V. Ageev, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: ageev_ev@mail.ru)

S. V. Khardikov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: hardikov1990@mail.ru)

A. Yu. Altukhov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: alt997@yandex.ru)

A STUDY OF THE PERFORMANCE OF THE PROCESS AID WHEN RECEIVING THE POWDER-BEARING STEEL

One of the main directions of development of the technology-machinery nastroenia currently is the improvement of existing and development of new waste-free, environmentally Chi-grained, material-saving production processes. In roshkova metallurgy occupies a significant place in the development of advanced modern materials, with high strength, heat resistance, hardness, wear resistance, low density, special magnetic and optical ha characteristics. Properties of powder materials, in addition, to a large extent determined by and the properties of the initial powders.

The aim of the research is the study of modes poroshkoobraznye the process of obtaining powders from waste-bearing steel a method of electroerosion dispersion in water distilled. The process of production of powders is carried out on the installation for obtaining of nanodispersed powders of conductive materials. Powder metallurgy is used for creating a prin-sepialine new materials and products and for fabrication-tion of a wide range of structural items of utility.

The figures below show graphs of the mass of the resulting powder from the electrical para-meters of the plant for producing nanodisperse powders from that coprostasia materials. Experimentally established is directly proportional to the mass of the resulting powder from the pulse repetition frequency and the mass of the resulting powder of the voltage on the electrodes. Also have a directly proportional dependence of the mass of the resulting powder from the capacity of the bit capacitors in the range of up to 48мкФ. Further increasing the capacity of the bit capacitors reduces the process of poroshkoobraznye.

Key words: *ball bearing steel, productivity process aid, electroerosion dispersion.*

Reference

1. Vityaz' P. A. Poroshkovye materialy na osnove zheleza i medi. Atlas struktur. – Minsk: Belorus. nauka, 2008. – 155 s.

2. Korchagina M. V., Naumenko A. A., Lipkin V. M. Zakonomernosti polucheniya ehlektroliticheskih poroshkov medi na vibrokatode i issledovanie ih svojstv // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2015. – T. 15, № 3 (82). – S. 41–46.

3. Petpidis A. V., Tolkushev A. A., Ageev E. V. Sostav i svojstva poposhkov, poluchennyh iz othodov tvepdyh splavov metodom ehlektpoehpozionnogo dispepgipovaniya (EHEHD) // Tekhnologiya metallov. – 2005. – № 6. – S. 13–17.

4. Ageev E. V., Semenihin B. A., Latypov R. A. Razrabotka generatora impul'sov ustanovki ehlektroehrozionnogo dispergirovaniya // Informacionno-izmeritel'nye, diagnosticheskie i upravlyayushchie sistemy. Diagnostika-2009: sb. mater.

Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. – Kursk, 2009. – S. 144–147.

5. Ageev E. V., Ageeva E. V., Hor'yakova N. M. Sostav i svojstva mednyh poroshkov, poluchennyh ehlektroehrozionnym dispergirovaniem: monografiya. – Kursk, 2014. – 144 s.

6. Ocenka ehffektivnosti primeneniya tverdosplavnyh poroshkov, poluchennyh ehlektroehrozionnym dispergirovaniem othodov tverdyh splavov, pri vosstanovlenii i uprochnenii detalej kompozicionnymi gal'vanicheskimi pokrytiyami / E. V. Ageev, B. A. Semenihin, E. V. Ageeva, R. A. Latypov // Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya. – 2011. – № 9. – S. 14–16.

7. Issledovanie proizvoditel'nosti processa polucheniya poroshkov metodom ehlektroehrozionnogo dispergirovaniya / E. V. Ageev, B. A. Semenihin, E. V. Ageeva, R. A. Latypov, N. A. Pivovar // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2010. – № 4 (33). – S. 76–82.

8. Ageeva E. V., Khor'yakova N. M., Ageev E. V. Morphology and composition of copper electrospark powder suitable for sintering // Source of the Document Russian Engineering Research. – 2010. – Vol. 35 (1). – P. 33–35

9. Ageeva E. V., Khor'yakova N. M., Ageev E. V. Morphology of copper powder produced by electrospark dispersion from waste // Russian Engineering Research. – 2010. – Vol. 34 (11). – P. 694–696.

10. Ageeva E. V., Ageev E. V., Karpenko V. Y. Nanopowder produced from high-speed steel waste by electrospark dispersion in water // Source of the Document Russian Engineering Research. – 2010. – Vol. 35 (3). – P. 189–190.

11. Document Electroerosive powder obtained from alloy VK8 waste into butanol / E. V. Ageev, A. Y. Altukhov, S. V Khardikov, S. S. Gulidin, A. N. Novikov // Source of the Document Journal of Nano- and Electronic Physics. – 2010. – № 7 (4). – P. 04080.

12. Pat. 2449859 Rossijskaya Federaciya, C2, B22F9/14. Ustanovka dlya polucheniya nanodispersnyh poroshkov iz tokoprovodyashchih materialov / Ageev E. V.; zayavitel' i patentoobladatel' Yugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet. – № 2010104316/02; zayavl. 08.02.2010; opubl. 10.05.2012. – 4 s.

БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

УДК 621.86; 621.87; 69.057

В. И. Томаков, д-р пед. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tomakov_v_i@rambler.ru)

М. В. Томаков, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tomakovmv@rambler.ru)

СОСТОЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУЗОПОДЪЁМНЫХ КРАНОВ НА ОБЪЕКТАХ, ПОДКОНТРОЛЬНЫХ РОСТЕХНАДЗОРУ

В статье приведен анализ аварийности грузоподъёмных кранов и травматизма работников за многолетний период. Показано распределение аварий по видам грузоподъёмных кранов и несчастных случаев по профессиям погибших работников. Называются причины аварий. В первую очередь отмечается рост числа аварий и несчастных случаев на объектах, на которых используют башенные грузоподъёмные краны.

Коэффициент смертельного травматизма в 2015 г. при эксплуатации грузоподъемных кранов составил 0,193, что является следствием большого числа нарушений требований промышленной безопасности при эксплуатации. Причина большинства аварий – человеческий фактор: низкая технологическая дисциплина, недостаточная квалификация персонала, некачественный монтаж, несвоевременный ремонт оборудования. Также на уровень промышленной безопасности оказывают влияние технические, организационные и финансовые проблемы на предприятиях. Основной причиной снижения уровня промышленной безопасности является значительное количество оборудования, отработавшего свой расчетный ресурс. Перевод грузоподъемных кранов из III класса опасности в IV класс также повлиял на снижение уровня безопасности этих объектов.

Учитывая тот факт, что у ряда предприятий отсутствуют средства на обновление, реконструкцию и модернизацию кранов, следует ожидать, что в ближайшем будущем в России будут эксплуатироваться физически изношенные и потенциально опасные грузоподъемные краны. Все эти показатели ставят проблему безопасности и надежности грузоподъёмных кранов в число приоритетных проблем промышленной безопасности.

В статье названы основные меры, принимаемые Ростехнадзором в целях повышения безопасности эксплуатации подъёмных сооружений. В частности, внесены изменения в нормы, направленные на повышение требований к организациям, эксплуатирующим грузоподъемные краны и другие подъемные сооружения. Предлагается повысить класс опасности соответствующих объектов (до III класса опасности), чтобы вернуть плановые проверочные мероприятия в сфере промышленной безопасности.

***Ключевые слова**: грузоподъёмный кран, безопасность, авария, несчастный случай.*

***

Введение

Промышленное производство неразрывно связано с подъемом и транспортировкой различных грузов. Основное звено в цепи транспортных технологий – подъемные сооружения, от технического состояния и надежности которых зависит работоспособность транспортно-технологических систем. Как привило, подъёмные сооружения представляют собой объекты, обладающие значительной массой и большими геометрическими параметрами, в зоне работ которых постоянно находятся люди. К подъемным сооружениям относятся грузоподъемные краны, лифты, канатные дороги, фуникулеры, подъемники (вышки) и др., а также сооружения, обеспечивающие их эксплуатацию (крановые пути, эстакады и т. д.).

Эксплуатация подъемных сооружений всегда являлась опасной вследствие определенного риска, следующего из их специфического назначения. При этом риск существует как для эксплуатирующего персонала, так и для

посторонних лиц, находящихся рядом, так называемых «третьих лиц». Ввиду этого подъемные сооружения относятся к опасным производственным объектам, на которых должны выполняться правила промышленной безопасности.

Промышленная безопасность опасных производственных объектов – состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на этих объектах и последствий указанных аварий (Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ). Основная цель промышленной безопасности – предотвращение или минимизация последствий аварий на опасных производственных объектах.

Цель работы – выполнить анализ состояния промышленной безопасности при эксплуатации грузоподъёмных кранов, включая причины аварий и уровень травматизма со смертельным исходом.

Исходные данные

Государственный контроль и надзор за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах (ОПО), составляющими которых являются стационарно установленные грузоподъемные механизмы (за исключением лифтов и подъемных платформ для инвалидов), а также эскалаторы в метрополитенах, канатные дороги, осуществляется Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор).

Грузоподъёмные краны (ГК) занимают важное место в технологическом процессе российской промышленности и строительстве и относятся к производственным объектам повышенной опасности. Государственное регулирование и надзор за соблюдением норм и правил при их изготовлении, монтаже, ремонте и эксплуатации осуществляет Ростехнадзор. Поэтому наиболее достоверной информацией о количестве, характере, обстоятельствах являются материалы расследований аварий ГК, имеющиеся в ежегодных отчётах о деятельности Ростехнадзора, в публикациях и научных работах специалистов [2, 5, 6, 9, 10] (В. Г. Жуков, А. И. Инденбаум, В. В. Косолапов, В. С. Котельников, В. И. Сероштан, Н. А. Шишков, М. В. Дмитриев, А. А. Короткий, С. Л. Пушенко, С. С. Чичерин и др.).

Анализ состояния промышленной безопасности при эксплуатации грузоподъёмных кранов

В 2015 г. на 73 631 поднадзорных предприятиях и организациях эксплуатировались почти 780 тыс. подъемных сооружений (ПС), из них: 204 780 грузоподъемных кранов; 23 218 подъемников (вышек); 527 567 лифтов; 213 подвесных канатных дорог; 542 буксировочных канатных дорог; 5 фуникулеров; 11 543 эскалатора (в том числе 347 в метрополитенах); 4946 строительных подъемников; 3254 подъемника для инвалидов.

В соответствии с мировыми интеграционными процессами и изменениями темпов производства отечественных производителей подъемных сооружений парк ПС в России интенсивно заполняется иностранной техникой [15]. На территории Российской Федерации эксплуатируется почти 134 тыс. единиц техники импортного производства, что составляет 16 % общего числа зарегистрированных в Ростехнадзоре подъемных сооружений. Импортная составляющая рынка представлена в основном техникой, грузоподъемность которой составляет свыше 40 тонн. Также стоит отметить, что место автокранов грузо-

подъемностью до 10 тонн заполнено кранами-манипуляторами иностранного производства, являющимися более удобными и компактными при работе с легкими грузами.

По итогам перерегистрации в 2015 г. ОПО, на которых используются подъемные сооружения, к IV классу опасности было отнесено 49 608 объектов, что составляет 91% от общего числа зарегистрированных ОПО с признаком опасности 2.3 «Использование стационарно установленных грузоподъемных механизмов, эскалаторов, канатных дорог, фуникулеров», 3343 объекта было отнесено к III классу; 799 и 466 объектов, включающих подъемные сооружения, были отнесены к II и I классам опасности соответственно.

В 2015 г. на опасных производственных объектах, поднадзорных Ростехнадзору, на которых используются подъемные сооружения, произошло 53 аварии, что на 19 аварий (на 56%) больше, чем в 2014 г., и 60 несчастных случаев со смертельным исходом, что на 9 смертельных несчастных случаев (на 18%) больше, чем в 2014 г. Также возросло количество пострадавших, получивших в результате групповых нес-частных случаев тяжелые травмы (в 2015 г. – 20 травмированных; в 2014 г. – 14).

В 2015 г. также возросло количество групповых несчастных случаев (несчастных случаев, в результате которых получили травмы, в том числе несовместимые с жизнью, два и более человек). Согласно статистическим данным, в 2013 г. зарегистрировано 9 групповых несчастных случаев, в которых были травмированы 24 человека, в 2014 г. количество групповых несчастных случаев выросло до 13 с общим числом травмированных 29 человек, а в 2015 г. зарегистрировано 15 групповых несчастных случаев, в результате которых травмы различной степени тяжести получили 35 человек (в том числе 15 человек погибли).

Наибольшее количество происшедших в 2015 г. аварий на ОПО с ПС (43 аварии, что составляет 81% от общего количества) произошло при эксплуатации грузоподъемных кранов, 7 аварий (13% от общего количества) – при эксплуатации подъемников (вышек) и 3 аварии (6% от общего количества) – при эксплуатации строительных подъемников. Из 43 аварий при эксплуатации грузоподъемных кранов 20 аварий (46,5%) произошли при эксплуатации башенных кранов, 11 аварий (25,5%) – при эксплуатации гусеничных кранов, 8 (18,5%) и 4 (9,5%) – при использовании автомобильных и козловых кранов соответственно.

Кроме того, зафиксированы аварии на подъемных сооружениях, которые не были зарегистрированы в Ростехнадзоре: 2 аварии при эксплуатации башенных кранов и 1 авария при использовании козлового крана. Также произошли аварии на объектах, надзор за которыми Ростехнадзором передан Правительству Москвы и Совету министров Республики Крым: 1 авария – при эксплуатации башенного крана, 1 авария – при эксплуатации автомобильного крана и 1 авария – при эксплуатации гусеничного крана.

Количественное представление об аварийности за многолетний период по типам грузоподъемных машин дает таблица 1.

Наибольшая аварийность (28,84%) приходится на автомобильные краны, затем на башенные краны (26,0%), замыкают тройку «лидеров» по авариям краны мостового типа (13,38%).

Таблица 1

Аварийность на грузоподъемных кранах, подконтрольных Ростехнадзору*

Годы	Тип грузоподъемного крана									Коэффициент смертельного травматизма, *** Кт
	Башенные	Мостовые	Автомобильные	Гусеничные	Пневмоколесные	Козловые	Портальные	Железнодорожные	Итого, ед.	
1993	9	9	16	1	5	4	2	1	47	0,372
1994	10	7	14	0	2	6	3	0	42	0,252
1995	9	11	19	3	6	3	2	2	55	0,279
1996	10	11	14	2	2	3	1	0	43	0,235
1997	9	12	18	2	8	4	1	1	55	0,240
1998	8	9	15	1	3	5	2	1	44	0,217
1999	7	6	14	1	6	4	4	1	43	0,255
2000	7	6	17	2	4	0	1	0	37	0,294
2001	6	8	11	2	7	4	5	2	45	0,339
2002	6	5	13	0	7	1	2	0	34	0,348
2003	8	6	15	2	5	1	2	1	40	0,335
2004	20	6	4	8	4	8	0	0	50	0,320
2005	9	8	12	5	5	5	4	1	49	0,327
2006	10	8	8	4	5	1	4	1	41	0,334
2007	9	6	12	2	4	5	5	1	44	0,281
2008	12	1	15	7	2	0	0	0	37	0,306
2009	11	0	9	4	0	3	0	0	27	0,218
2010	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,233
2011	13	0	9	11	1	5	2	1	42	0,223
2012	22	1	11	5	3**	5	0	0	47	0,324
2013	12	2	6	4	1	1	1	0	27	0,208
2014	12	1	5	6	0	2	1	0	27	0,190
2015	20	0	8	11	0	4	0	0	43	0,193
Итого	239	123	265	83	80	74	42	13	919	–
Итого, %	26,0	13,38	28,84	9,03	8,72	8,05	4,57	1,41	100	–

* за 2010 год данные об авариях в годовом отчете Ростехнадзора отсутствуют;

** в данные включены аварии 2-х кранов на спецшасси;

*** $К_т$ – коэффициент смертельного травматизма – количество погибших, приходящихся на 1000 грузоподъемных кранов.

Причины возникновения аварий можно подразделить на причины технического, эксплуатационного, организационного и прочего характера.

Технические:

– применение элементов, не отвечающих заданным техническим требованиям;

– недостаточный контроль качества при изготовлении и монтаже оборудования;

– неисправность приборов безопасности;

– принятие в проекте недостаточных функциональных характеристик и (или) их подсистем;

– ошибки при проведении ремонтно-восстановительных работ и испытаний;

– прочие ошибки проекта и проектные ограничения;

– отсутствие или неисправность ограждений площадок;

– низкое качество стали, применяемое при изготовлении металлоконструкций крана;

– слабая проектная проработка и неверное конструктивное решение несущего элемента металлоконструкций крана.

Эксплуатационные:

– обрыв грузовых канатов;

– разрушение металлоконструкций;

– неисправность кранового пути и тупиковых упоров;

– неисправность электрооборудования;

– неисправность канатов, грузозахватных органов и съемных грузозахватных приспособлений;

– подъем груза при наклонном положении канатов;

– неправильная строповка грузов, перегруз или переполнение тары;

– несоблюдение порядка и габаритов складирования грузов;

– эксплуатация в непредусмотренном режиме;

– наличие ударных нагрузок, напряжений;

– усталость (старение) материала конструкций;

– коррозия металлоконструкций;

– повышенная температура, влажность, вибрация;

– воздействие химически активных реагентов и др.

Организационные:

– несвоевременное или некачественное проведение экспертного обследования (диагностики);

– управление краном не обученными и не аттестованными работниками;

– несоблюдение мер безопасности, указанных в наряде-допуске, при выполнении работ на крановых путях и проходных галереях;

– недостаточный контроль и (или) управление за работой оборудования;

– содержание технического устройства в неисправном состоянии;

– другие нарушения требований правил безопасности.

Прочие:

– ветровые нагрузки.

Статистические данные говорят о том, что от 50 до 90% аварий случаются по вине самих работающих [1, 9, 10]. Аварии, как правило, обусловливают большое количество несчастных случаев. Ниже приведены данные о несчастных случаях со смертельным исходом на грузоподъёмных кранах за девять лет (период с 2003 по 2011 г.) по причинам, их вызвавшим.

Падение груза в результате:

– применения неисправных или не соответствующих весу и характеру груза грузозахватных приспособлений, нарушение схем строповки – 143;

– неправильного складирования, нарушения складирования грузов – 22.

Падание крана в результате:

– неправильной его установки – 31;

– перегруза, неисправности приборов безопасности – 63.

Травмирование:

– самопроизвольно переместившемся грузом из-за подъема его при наклонном положении грузовых канатов (подъем защемленного груза) – 1;

– электрическим током из-за нарушений требований безопасности при работе вблизи линий электропередачи – 56;

– механизмами работающих кранов при выходе людей на крановые пути – 27;

– грузом, механизмами технических устройств при нахождении людей в опасной зоне работы кранов – 161.

Разрушение:

– кранов или их механизмов из-за содержания технического устройства в неисправном состоянии – 68;

– кранов (механизмов) из-за некачественного изготовления их на заводе-изготовителе – 1.

Прочие факторы – 98.

В результате названных причин за указанный период времени погибли 671 человек.

Приведенные данные указывают на то, что большинство случаев травматизма происходит по причинам травмирования грузом, механизмами технических устройств, при нахождении людей в опасной зоне работы кранов (161). Также высокое число погибших сохраняется и по причине падения груза в результате применения неисправных или не соответствующих весу и характеру груза грузозахватных приспособлений, нарушения строповки (143). Количество несчастных случаев по причине разрушения кранов или их механизмов из-за содержания технического устройства в неисправности (68) достаточно высокое, что говорит о несоблюдении техники безопасности работы на опасных производственных объектах.

Этому способствуют недостаточные финансовые возможности многих предприятий для обновления существующего парка техники [10, 16, 17, 20], а также уже ставшее у многих собственников устойчивым стремление получить максимальную прибыль, невзирая на риски при эксплуатации ненадёжного оборудования. Финансовая составляющая процесса отодвигает на второстепенный план вопросы безопасности.

Почти 90% несчастных случаев со смертельным исходом произошли по организационным причинам, в основном из-за неэффективности осуществления производственного контроля и неправильной организации производства работ [9, 20].

Пример: 24 апреля 2013 г. на площадке строительства жилого дома в г. Новосибирске при подъеме башенным краном QTZ-80 двух пачек арматуры общим весом более 9 т (ООО «Башкран») произошло падение крана, в результате чего был тяжело травмирован крановщик. Причины аварии: эксплуатация крана с неработающим ограничителем нагрузки, вследствие чего был допущен перегруз на 190%; неудовлетворительная организация производства работ и неэффективность производственного контроля (допуск к работам необученного и неаттестованного персонала и нахождение пострадавшего крановщика на рабочем месте в состоянии алкогольного опьянения).

В авариях в основном гибнут работники, непосредственно не связанные с работой грузоподъемных кранов, т. е. ремонтный персонал, бетонщики, плотники, каменщики, сварщики и др. категории работников (табл. 2).

Таблица 2

Категории работников, погибших при эксплуатации грузоподъемных кранов

Категория погибших	Годы					
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ремонтный персонал	9	14	15	22	4	4
Стропальщики	7	7	6	8	8	13
Крановщики	14	12	7	15	11	4
Бетонщики, каменщики, плотники, сварщики и иные работники	19	21	26	33	26	22
Третьи лица	3	0	0	1	1	3
Всего	52	54	54	79	50	46

В ряде случаев гибнут посторонние (третьи) лица. Трагическим примером служит авария (падение башни на жилой дом) башенного крана КБ-503Б.2, вызвавшая групповой несчастный случай со смертельным исходом, произошедшая в ООО «Строймеханизация-XXI» в г. Санкт-Петербурге. Башенный кран КБ-503Б.2 для строительства жилого здания в соответствии с требованиями проекта производства работ был смонтирован на крановом пути, состоящем из 4,5 рельсовых звеньев. При передвижении крана из-за отсутствия упора, выключающего механизм передвижения крана, были сбиты тупиковые упоры, и ходовые колеса съехали с кранового пути. При падении крана оголовком башни и стрелой были разрушены наружные стеновые панели, проемы окон и плиты перекрытий квартир, где находились жильцы дома, на восьмом – одиннадцатом этажах жилого дома. В результате разрушений квартир пострадали пять жильцов дома, из них трое получили смертельные травмы, двое – тяжелые травмы и были госпитализированы. Крановщик получил травму легкой степени тяжести.

При соотнесении числа эксплуатируемых на ОПО подъемных сооружений с количеством произошедших при их эксплуатации несчастных случаев со смертельным исходом показателен коэффициент смертельного травматизма (число погибших, приходящееся на тысячу эксплуатируемых технических устройств), представленный в таблице 1. Значения указанного коэффициента остаются достаточно высокими, если учесть, что определенная часть зарегистрированных в Ростехнадзоре ГК не эксплуатируется по разным причинам.

Башенные краны являются основной ведущей машиной на стройках. Башенные строительные краны предназначены для механизации подъемно-транспортных работ при возведении жилых, гражданских и промышленных зданий. Они используются также в качестве кранов-погрузчиков при работе на складах.

Число аварий башенных кранов в 2015 году по сравнению с 2014 годом увеличилось на 58%, а несчастных случаев со смертельным исходом – на 64%.

Имеющиеся данные позволяют выделить три основные группы причин аварий башенных кранов:

– несоответствие состояния конструкции кранов требованиям безопасности;

– несоблюдение установленных требований к монтажу и демонтажу;

– нарушение условий безопасной эксплуатации.

Аварии башенных кранов также обусловлены дефектами крановых путей из-за нарушения регламентированных требований к конструкции, устройству и безопасной эксплуатации последних.

В частности, основными причинами аварий являются следующие нарушения:

– несоблюдение технологии подготовки нижнего строения пути, использование неоднородного материала (различной плотности), попадание в грунт снега и льда, что вызывает просадку путей при эксплуатации;

– отсутствие или несоблюдение требований к выполнению водоотливных канав в земляном полотне нижнего строения, что приводит к ненадежному состоянию пути, особенно в осенний и весенний периоды;

– применение нестандартных опорных элементов (железобетонные балки и плиты, шпалы, крепления рельсов) и несоответствующих требованиям материалов балластных призм верхнего строения, что может быть причиной разрушения элементов и создания аварийной ситуации;

– деформация и разрушение выключающих линеек, в результате чего не срабатывают конечные выключатели механизма передвижения крана;

– применение тупиковых упоров, неисправных или не соответствующих типоразмеру крана.

Положение особенно усугубляется из-за низкой компетентности и профессиональной квалификации руководителей, неудовлетворительной производственной дисциплины и слабой подготовленности обслуживающего персонала, а также неэффективности контроля со стороны надзорных органов. Это выдвигает пресловутый «человеческий фактор» в качестве основной причины большинства происходящих аварий [14]. Этот фактор является ведущим и неизменным. В качестве примера приведём выдержки из материалов расследований, выполненных многие десятилетия назад, приведенные в работе [6].

Обязательными условиями безаварийной работы кранов являются постоянное содержание их в исправном состоянии и строгое выполнение правил безопасности как при их обслуживании, так и при управлении. Наряду со строгим выполнением правил безопасности машинистами, обслуживающими краны, нормальная работа кранов во многом зависит от правильной организации надзора за их состоянием и проведения своевременного ремонта (Ткаченко Ф. С. 24 года безаварийной работы на кране // Безопасность труда в промышленности. – 1957. – №4).

Для предупреждения аварий башенных кранов от перегруза и вследствие неисправности подкрановых путей необходимо:

– укладку и оборудование подкрановых путей производить в строгом соответствии с инструкцией завода-изготовителя, исключить возможность произвольного отключения ограничителя грузоподъемности, для чего нужно закрыть его кожухом и запереть на замок, ключ от которого должен находиться у лица, ответственного за эксплуатацию подъемного устройства;

– повысить требования к качеству обслуживания и надзора за эксплуатацией подъемных устройств со стороны администрации и органов надзора и обеспечить четкое соблюдение правил и производственных инструкций (Исаков И. Э. Предупреждение аварий башенных кранов // Безопасность труда в промышленности. – 1958. – № 7).

Аварии и несчастные случаи при работе грузоподъемных кранов, как следует из анализа причин травматизма, являются результатом отсутствия должного внимания к вопросам содержания и эксплуатации грузоподъемных машин на предприятиях и стройках. Краны нередко эксплуатируются с нарушением Правил безопасности, к обслуживанию их допускается необученный персонал. Почти все аварии и несчастные случаи, зарегистрированные в 1959 г., произошли вследствие нарушения Правил безопасности при производстве работ (перегруз, неправильная обвязка груза, работа под линиями электрической передачи и т.п.). По этой причине произошло 64% аварий, 72% несчастных случаев с тяжелым исходом и 61% – со смертельным. (Мариничев Н. Н., Ушаков П. Н. Причины аварий и травматизма при эксплуатации грузоподъемных кранов // Безопасность труда в промышленности. – 1959. – № 12).

Меры обеспечения безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов

При эксплуатации башенных кранов сложилась ситуация, требующая принятия незамедлительных мер. В этой связи Ростехнадзором подготовлен законопроект, предлагающий отнести к III классу опасности производственные объекты (ОПО), на которых используют башенные краны, что позволит осуществлять в отношении данных объектов плановые контрольно-надзорные мероприятия.

При эксплуатации грузоподъемных сооружений всеми работниками должны соблюдаться требования Федерального закона от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», Федеральных норм и правил (правил безопасности) и других нормативных документов, утвержденных Ростехнадзором.

Повышение безопасной эксплуатации грузоподъемных машин можно достичь за счет организационно-технической и исполнительской дисциплины на предприятиях и организациях. В этой связи приказом Ростехнадзора от 12.04.2016 № 146 внесены изменения в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения», ранее утвержденные приказом Ростехнадзора от 12 ноября 2013 г., № 533. В документе установлены новые правила безопасности производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения, полностью учитывающие положения техрегламентов Таможенного союза. Прописаны требования к деятельности в области промышленной безопасности на ОПО, где применяются стационарно установленные грузоподъемные механизмы. Приведен перечень подъемных сооружений, при использовании которых необходимо соблюдать указанные требования (это, в частности, грузоподъемные краны, мостовые краны-штабелеры, краны-трубоукладчики, краны-манипуляторы, строительные подъемники). Установлены общие принципы обеспечения промышленной безопасности; требования к организациям и работникам, осуществляющим монтаж, наладку, ремонт, реконструкцию, модернизацию, эксплуатацию ПС. Регламентирован порядок проведения оценки соответствия ПС и экспертизы их промышленной безопасности.

На основании анализа случаев аварийности и травматизма при эксплуатации ОПО, на которых используют подъемные сооружения, грузоподъемные краны, в том числе и башенные, Ростехнадзором внесены изменения в Федеральные нормы и правила по подъёмным сооружениям (ФНП по ПС), направленные на повышение требований к организациям, эксплуатирующим грузоподъемные краны и другие подъемные сооружения. Так, пуск в работу после установки на объекте башенных кранов, грузопассажирских строительных подъемников (вне зависимости от изготовителя: отечественный или иностранный) и после постановки на учет самоходных кранов грузоподъемностью 25 т и более, а также быстромонтируемых башенных кранов иностранного производства будет осуществлять комиссия при обязательном участии инспектора Ростехнадзора. Остаются действующие требования ФНП по ПС по участию инспектора в комиссии при пуске в работу после установки на объекте кранов мостового типа и портальных, а также при смене эксплуатирующей организации для подъемного сооружения, отработавшего установленный срок службы.

После введения санкций против России в 2014–2015 гг. вновь наблюдается спад производства грузоподъемных кранов из-за низкой покупательной способности предприятий. В сложных экономических условиях официально приходится продлевать срок эксплуатации многих грузоподъемных машин и оборудования.

В настоящее время поддерживать в исправном состоянии отработавшие нормативный срок краны становится все сложнее. Грузоподъемные краны перестают удовлетворять возрастающим техническим требованиям по производительности, надежности и безопасности работы. Сказывается их физический износ.

При снятии с производства устаревших моделей кранов заводы-изготовители прекращают поставку запасных деталей, что затрудняет проведение их ремонта. По результатам технического диагностирования из эксплуатации выводится более 5 000 кранов ежегодно. По статистике, в России 2 из 3-х обследуемых кранов подлежат капитально-восстановительному ремонту, в полнокомплектном ремонте нуждаются все обследованные краны, а каждый 50-й кран ремонту не подлежит.

Средний процент износа грузоподъемных кранов к концу 2015 г. составил 68,8%, что явно снижает уровень промышленной безопасности.

Воспроизводство грузоподъёмной техники отечественного производства из-за недостатка финансирования происходит медленно (степень обновления кранового хозяйства 1,5–2% в год при норме 8–10%), крановый парк России интенсивно заполняется иностранной техникой, как вновь изготовленной, так и бывшей в эксплуатации [15]. Поэтому в ближайшие годы будут эксплуатироваться физически изношенные машины, которым продлят срок эксплуатации. Грузоподъемные краны с продленным сроком эксплуатации имеют более низкую надежность, большую вероятность аварии, поэтому требуют повышенного внимания к техническому состоянию, квалифицированный подход к их эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту [2], а также квалифицированной экспертизы их промышленной безопасности [3, 4], исключения коррупционной составляющей при освидетельствовании ГК.

Важным этапом экспертизы промышленной безопасности ПС является проведение экспертного обследования технического состояния ПС непосредственно на месте его установки и эксплуатации. Согласно изменениям в ФНП по ПС в целях исключения коррупционной составляющей инспектор не будет иметь решающего голоса, работая в комиссии по пуску в работу грузоподъемных машин на объекте. По результатам работы комиссии решение о пуске в работу подъемного сооружения будет принимать эксплуатирующая организация, при этом в случае несогласия инспектор Ростехнадзора имеет право высказать особое мнение о возможности эксплуатации вводимого в работу технического устройства. Если доводы инспектора неубедительны, организация вправе допустить к эксплуатации подъемное сооружение. Наряду с этим у инспектора в случае выявления нарушений требований промышленной безопасности остаются методы воздействия на организацию, допустившую эксплуатацию такой грузоподъемной машины, путем инициирования проведения внеплановой выездной проверки данной организации в соответствии с требованиями Федерального закона от 26 декабря 2008 г. № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля».

Одновременно с учетом необходимости решения задач по исключению избыточных требований к хозяйствующим субъектам законопроект предусматривает отмену обязанности организаций, эксплуатирующих ОПО, на которых используют грузоподъемные механизмы, по заключению договоров с профессиональными аварийно-спасательными службами, созданию собственных профессиональных и нештатных аварийно-спасательных формирований.

Поскольку количество нарушений при эксплуатации ГК по причине «человеческого фактора» находится на уровне 80–70%, это обстоятельство должно вызывать определенную озабоченность и изменения в системе управления охраной труда и промышленной безопасностью на предприятии (СУОТ и ПБ). В этом контексте следует обратить внимание на явный резерв улучшения многих сторон охраны труда и промышленной безопасности – СУОТ и ПБ должна реально функционировать как на уровне государства, так и на корпоративном уровне. Соблюдение всеми работниками нормативно-правовых актов зависит от организации СУОТ и ПБ на предприятии, определяется организационной культурой [11, 19] и культурой безопасности [14]. Работа с персоналом в части охраны труда должна вестись постоянно, чтобы создать и поддерживать организационный климат, направленный на безопасность производства работ [18]. Это важное условие эффективной и безопасной работы предприятий строительства [4]. Основой построения эффективной СУОТ и ПБ служит системный подход [13], который определяет уровень руководства организацией, элементы производственных процессов, их связи и принципы взаимодействия для достижения желаемых результатов с минимальными затратам и способствует сохранению качества трудовых ресурсов [7].

Заключение

Общими проблемами и факторами риска, оказывающими влияние на состояние промышленной безопасности

при эксплуатации грузоподъёмных кранов, остаются:

– высокий уровень износа грузоподъёмных кранов;

– низкий уровень производственной и технологической дисциплины;

– нехватка квалифицированных специалистов, низкий уровень подготовки и переподготовки специалистов, недостаточный уровень знаний требований промышленной безопасности и практических навыков;

– неустойчивое финансовое положение многих организаций, недостаточное количество выделяемых владельцами средств на выполнение мероприятий, направленных на улучшение состояния промышленной безопасности, на подготовку и переподготовку кадров, на привлечение квалифицированных специалистов и работников, на создание благоприятных условий для работы.

Улучшение положения дел с безопасностью на подконтрольных предприятиях и в организациях может быть достигнуто за счет применения соответствующих мер воздействия со стороны Ростехнадзора к руководителям организаций, не обеспечивающим безопасность на производстве, а также к специалистам, непосредственным исполнителям, не выполняющим требования правил и норм безопасности, установленных технологий и регламентов [12].

Список литературы

1. Аварии башенных кранов: кто виноват и что делать? [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mrmz.ru/article/v22/article1.htm (дата обращения: 19.05.2013).

2. Колюбаев О. А., Томаков М. В., Томаков В. И. Проблемы безопасности эксплуатации грузоподъемных кранов на предприятиях промышленности строительных материалов // Молодежь и XXI век: материалы III международной молодежной научной конференции. – Курск, 2011. – Ч. 3. – С. 292–297.

3. Риск-ориентированный подход к организации надзорной деятельности в области промышленной безопасности / А. А. Короткий, А. А. Кинжибалов, А. В. Панфилов, Д. А. Курилкин // Безопасность труда в промышленности. – 2016. – № 2. – С. 58–63.

4. Короткий А. А., Котельников В. С., Маслов В. Б. Экспертиза промышленной безопасности и оценка риска для обоснования безопасности грузоподъемных машин, отработавших нормативный срок службы // Безопасность труда в промышленности. – 2013. – № 2. – С. 68–74.

5. Котельников В. С. Методы диагностики и риск-анализа металлоконструкций грузоподъемных машин в управлении их безопасностью: дис. ... д-ра техн. наук. – Новочеркасск, 2006. – 328 с.

6. Котельников В. С. Состояние травматизма при эксплуатации подъемных сооружений в 2001 г. // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – № 3. – С. 18–21.

7. Томаков В. И. Безопасность труда в строительстве и проблемы сохранения качества трудовых ресурсов // Известия Курского государственного технического университета. – 2006. – №1(16). – С. 98–106.

8. Томаков В. И. Исследование зависимости профессионального риска от результатов производственной и экономической деятельности организаций строительной отрасли // Известия Курского государственного технического

университета. – 2006. – № 2 (17). – С. 89–97.

9. Томаков В. И. Производственный травматизм в строительной отрасли // Безопасность жизнедеятельности. – 2006. – № 3. – С. 13– 22.

10. Томаков В. И., Меркулов С. И. Малые предприятия строительства и большие проблемы безопасности труда // Проблемы обеспечения безопасности строительного фонда России: материалы IV Международных академических чтений. – Курск, 2005. – С. 251–261.

11. Томаков В. И., Томаков М. В., Зубков М. Э. Организационная культура охраны труда в строительной отрасли: монография. – Курск, 2012. – 120 с.

12. Томаков М. В. Нормативно-правовая основа системы управления охраной труда и промышленной безопасностью организаций строительства // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2012. – № 2, ч. 3. – С. 248–252.

13. Томаков М. В. Системный подход – теоретическая основа построения эффективной системы управления охраной труда // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2, ч. 2. – С. 161–164.

14. Томаков В. И., Томаков М. В. Проблемы формирования культуры безопасности современного инженера // Современные проблемы профессиональной и деловой культуры: сборник статей участников Всероссийской научно-методической конференции. – Челябинск, 2001. – С. 38–41.

15. Томакова И. А. Современный рынок лизинга в России: состояние и тенденции развития // Российская наука и образование сегодня: проблемы и перспективы. – 2015. – № 4 (7). – С. 110–117.

16. Томакова И. А., Томаков В. И. О финансовом обеспечении превентивных мер по предупреждению профессиональных заболеваний и производственного травматизма // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2016. – № 1 (18). – С. 69–78.

17. Томакова И. А., Томаков В. И. Состояние условий труда, профессиональные заболевания и производственный травматизм в экономике Российской Федерации // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2016. – № 2 (19). – С. 95–107.

18. Томакова И. А., Томаков М. В. Организационный микроклимат как фактор, влияющий на безопасность труда // Актуальные проблемы социально-гуманитарного и научно-технического знания. – 2016. – № 1 (6). – С. 18–22.

19. Томакова И. А., Томаков М. В. Особенности организационной культуры малых предприятий строительства в аспекте охраны труда // Российская наука и образование сегодня: проблемы и перспективы. – 2015. – № 4 (7). – С. 224–228.

20. Томакова И. А., Томаков М. В. Проблемы оценки социально-экономических последствий неблагоприятных условий труда и производственного травматизма // Российская наука и образование сегодня: проблемы и перспективы. – 2015. – № 1 (4). – С. 40–43.

Получено 19.01.17

V. I. Tomakov, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tomakov_v_i@rambler.ru)

M. V. Tomakov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tomakovmv@rambler.ru)

THE STATE OF INDUSTRIAL SAFETY AT OPERATION OF LOAD-LIFTING CRANES AT FACILITIES CONTROLLED BY ROSTEKHNADZOR

The article presents the analysis of failures and accidents of cranes and injury among workers for many years. Shows the distribution of accidents by types of lifting equipment and occupations of the dead people. Describes the causes of accidents. The article notes the increase in the number of accidents at facilities that use cranes tower type. The level of fatal injuries in 2015 when operating cranes made 0,193, what is the consequence of a large number of violations of industrial safety requirements during operation of cranes. The cause of most accidents - the human factor: low technological discipline, lack of qualified personnel, poor installation and repair. Also the level of industrial safety is influenced by technical, organizational and financial problems in enterprises. The main reason for the decrease in the level of industrial safety in the field of supervision of elevating structures is the large amount of equipment beyond its design life. Transfer of cranes of III class of danger in the fourth class, also influenced the decrease in the level of safety of these objects.

Given the fact that some companies do not have the means for repair, reconstruction and modernization of cranes, it is expected that in the near future in Russia will increase the proportion of physically worn out and potentially dangerous cranes. All these figures put the problem of safety and reliability of cranes among the priority issues of industrial safety.

The article lists the main measures taken by Rostechnadzor, in order to improve the safety of operation of lifting equipment. In particular, changes were made to the existing rules security. They aim to raise requirements for operators of cranes and other lifting devices. It is proposed to increase the hazard class of the corresponding objects (up to III class of danger) to return to routine testing of their safety.

***Key words**: crane for lifting loads, crash; injuries; safety in industry; control and supervision.*

References

1. Avarii bashennyh kranov: kto vinovat i chto delat'? [Ehlektronnyj resurs]. – URL: http://www.mrmz.ru/article/v22/ article1.htm (data obrashcheniya: 19.05.2013).

2. Kolyubaev O. A., Tomakov M. V., Tomakov V. I. Problemy bezopasnosti ehkspluatacii gruzopod"emnyh kranov na predpriyatiyah promyshlennosti stroitel'nyh materialov // Molodezh' i XXI vek: materialy III mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii. – Kursk, 2011. – Ch. 3. – S. 292–297.

3. Risk-orientirovannyj podhod k organizacii nadzornoj deyatel'nosti v oblasti promyshlennoj bezopasnosti / A. A. Korotkij, A. A. Kinzhibalov, A. V. Panfilov, D. A. Kurilkin // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2016. – № 2. – S. 58–63.

4. Korotkij A. A., Kotel'nikov V. S., Maslov V. B. Ehkspertiza promyshlennoj bezopasnosti i ocenka riska dlya obosnovaniya bezopasnosti gruzopod"emnyh mashin, otrabotavshih normativnyj srok sluzhby // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2013. – № 2. – S. 68–74.

5. Kotel'nikov V. S. Metody diagnostiki i risk-analiza metallokonstrukcij gruzopod"emnyh mashin v upravlenii ih bezopasnost'yu: dis. ... d-ra tekhn. nauk. – Novocherkassk, 2006. – 328 s.

6. Kotel'nikov V. S. Sostoyanie travmatizma pri ehkspluatacii pod"emnyh sooruzhenij v 2001 g. // Bezopasnost' truda v promyshlenno-sti. – 2002. – № 3. – S. 18–21.

7. Tomakov V. I. Bezopasnost' truda v stroitel'stve i problemy sohraneniya kachestva trudovyh resursov // Izvestiya Kurskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2006. – №1(16). – S. 98–106.

8. Tomakov V. I. Issledovanie zavisimosti professional'nogo riska ot rezu-

l'tatov proizvodstvennoj i ehkonomicheskoj deyatel'nosti organizacij stroitel'noj otrasli // Izvestiya Kurskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2006. – № 2 (17). – S. 89–97.

9. Tomakov V. I. Proizvodstvennyj travmatizm v stroitel'noj otrasli // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. – 2006. – № 3. – S. 13– 22.

10. Tomakov V. I., Merkulov S. I. Malye predpriyatiya stroitel'stva i bol'shie problemy bezopasnosti truda // Problemy obespecheniya bezopasnosti stroitel'nogo fonda Rossii: materialy IV Mezhdunarodnyh akademicheskih chtenij. – Kursk, 2005. – S. 251–261.

11. Tomakov V. I., Tomakov M. V., Zubkov M. Eh. Organizacionnaya kul'tura ohrany truda v stroitel'noj otrasli: monografiya. – Kursk, 2012. – 120 s.

12. Tomakov M. V. Normativno-pravovaya osnova sistemy upravleniya ohranoj truda i promyshlennoj bezopasnost'yu organizacij stroitel'stva // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii. – 2012. – № 2, ch. 3. – S. 248–252.

13. Tomakov M. V. Sistemnyj podhod – teoreticheskaya osnova postroeniya ehffektivnoj sistemy upravleniya ohranoj truda // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – № 2, ch. 2. – S. 161–164.

14. Tomakov V. I., Tomakov M. V. Problemy formirovaniya kul'tury bezopasnosti sovremennogo inzhenera // Sovremennye problemy professional'noj i delovoj kul'tury: sbornik statej uchastnikov Vserossijskoj nauchno-metodicheskoj konferencii. – Chelyabinsk, 2001. – S. 38–41.

15. Tomakova I. A. Sovremennyj rynok lizinga v Rossii: sostoyanie i tendencii razvitiya // Rossijskaya nauka i obrazovanie segodnya: problemy i perspektivy. – 2015. – № 4 (7). – S. 110–117.

16. Tomakova I. A., Tomakov V. I. O finansovom obespechenii preventivnyh mer po preduprezhdeniyu professional'nyh zabolevanij i proizvodstvennogo travmatizma // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnolo-gii. – 2016. – № 1 (18). – S. 69–78.

17. Tomakova I. A., Tomakov V. I. Sostoyanie uslovij truda, professional'nye zabolevaniya i proizvodstvennyj travmatizm v ehkonomike Rossijskoj Federacii // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii. – 2016. – № 2 (19). – S. 95–107.

18. Tomakova I. A., Tomakov M. V. Organizacionnyj mikroklimat kak faktor, vliyayushchij na bezopasnost' truda // Aktual'nye problemy social'no-gumanitarnogo i nauchno-tekhnicheskogo znaniya. – 2016. № 1 (6). – S. 18–22.

19. Tomakova I. A., Tomakov M. V. Osobennosti organizacionnoj kul'tury malyh predpriyatij stroitel'stva v aspekte ohrany truda // Rossijskaya nauka i obrazovanie segodnya: problemy i perspektivy. – 2015. – № 4 (7). – S. 224–228.

20. Tomakova I. A., Tomakov M. V. Problemy ocenki social'no-ehkonomicheskih posledstvij neblagopriyatnyh uslovij truda i proizvodstvennogo travmatizma // Rossijskaya nauka i obrazovanie segodnya: problemy i perspektivy. – 2015. – № 1 (4). – S. 40–43.

УДК: 581.5

В. А. Королев, д-р биол. наук, профессор, Курский государственный медицинский университет (e-mail: medecol1@yandex.ru)

В. К. Шорманов, д-р фарм. наук, профессор, Курский государственный медицинский университет (e-mail: medecol1@yandex.ru)

В. В. Юшин, канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: ushinvv@mail.ru)

В. Н. Рыжаева, канд. биол. наук, доцент, Курский государственный медицинский университет (e-mail: medecol1@yandex.ru)

О. В. Тарасова, канд. фарм. наук, доцент, Курский государственный медицинский университет (e-mail: medecol1@yandex.ru)

Е.С. Никитина, студент, Курский государственный медицинский университет (e-mail: medecol1@yandex.ru)

И. В. Королев, студент, Курский государственный медицинский университет (e-mail: medecol1@yandex.ru)

ТЕХНОЛОГИЯ ЭКОЛОГО-АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОКОЛИЧЕСТВ ЯДОХИМИКАТОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Разработана технология контроля содержания микроколичеств ядохимикатов в пищевой продукции на примере определения концентрации гербицида 2,4 Д в зернах ржи. Определены оптимальные условия выделения 2,4-Д из биологического материала этилацетатом с обоснованием выбора изолирующего агента, продолжительности и кратности настаивания, а также количественного соотношения изолирующего агента и биологического объекта. Показана возможность очистки анализируемого соединения от соэкстрактивных веществ биоматериала методом адсорбционной колоночной хроматографии на колонке, заполненной силикагелем L 40/100μ. Для количественного определения 2,4-Д в извлечениях из зерна ржи предложен метод обращеннофазовой ВЭЖХ с использованием жидкостного хроматографа «Alliance» фирмы «Waters». Процесс хроматографирования осуществляли с применением подвижной фазы растворителей ацетонитрил – 0,025 М раствор дигидрофосфата калия в соотношении 1:1 по объему и детектора на основе фотодиодной матрицы. Оптическую плотность регистрировали при длине волны, равной 239 нм, пик на хроматограмме с временем удерживания 3,721 соответствовал 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоте. Количественное содержание гербицида определяли исходя из площади хроматографического пика по уравнению градуировочного графика, рассчитанного методом наименьших квадратов. Методика отличается минимальным временем анализа, экономическими затратами, позволяет определить в модельных смесях с зерном ржи до 96% 2,4-Д от первоначально внесённого количества с достаточными для подобного рода исследований воспроизводимостью и правильностью. Разработанная технология оценки содержания остаточных количеств 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты одобрена Государственной патентной экспертизой РФ и может использоваться в работе служб эколого-аналитического контроля, станций агрохимической защиты, Россельхознадзора для экологической экспертизы и оценки качества пищевой продукции.

Ключевые слова: *2,4-Д, изолирование, очистка, количественное определение.*

***

Среди комплекса медико-экологических проблем, связанных с интенсификацией агропромышленного производства в условиях импортозамещения, большое внимание уделяется получению экологически чистой пищевой продукции, не содержащей остаточных количеств ядохимикатов, применяющихся в больших масштабах для борьбы с вредителями агрокультур [4, 7, 8]. При использовании различных типов оценки экологического риска [11] пока-

зана значимая роль пестицидных нагрузок в формировании соматопатологии человека. Учитывая тот факт, что внедрение альтернативных способов защиты агрокультур в настоящее время сталкивается с рядом трудностей [5], важным является как соблюдение комплекса технологических регламентов внесения пестицидов, так и анализ содержания агрохимикатов на стадиях выращивания и в первичных продуктах переработки сельскохозяйственной продукции [1].

Среди пестицидных препаратов в растениеводческом комплексе России и стран Евросоюза в больших объемах используется гербицид 2,4-Д (2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота) и его комплексные препараты [2, 3, 13, 14]. Данный агрохимикат имеет широкий спектр действия, высокую экономическую эффективность и рекомендуется для борьбы с двудольными сорняками в посевах зерновых культур (рожь, пшеница, овес, просо, гречиха, клевер) в объеме 0,85–1,4 л/га [12].

Многие существующие методики анализа препарата характеризуются недостаточно высокой степенью извлечения анализируемого вещества из биологического материала, длительностью процесса изолирования, наличием трудоёмких операций. Используемые в них цветные и микрокристаллоскопические реакции в основном не обладают достаточно высокой селективностью и иногда трудновоспроизводимы [6, 9].

Поэтому разработка новых и усовершенствование существующих методик определения агрохимиката является одной из важных задач эколого-аналитического контроля технологических процессов агропроизводств [10].

Целью исследования явилась разработка методики определения 2,4-Д в зерне ржи.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на модельных смесях анализируемого вещества с мелкоизмельченным зерном ржи. Для приготовления модельных смесей в ряд стеклянных стаканов вместимостью 100 мл вносили определённое количество 2,4-Д (порошок с размером частиц 5–40 мкм) и 25 г мелкоизмельчённого (размер частиц 0,2–0,5 см) зерна ржи. Биоматериал с веществом тщательно перемешивали, образующиеся смеси закрывали плёнкой и выдерживали в течение 1,5 часа при температуре 18–22^{o}C.

Рассматривали возможность изолирования 2,4-Д из биологического материала растворителями различной химической природы. Вещество извлекали путём двукратного настаивания (по 30 минут) порциями изолирующего агента, каждая из которых по массе в 2 раза превосходила количество модельной смеси. Исследовали зависимость степени извлечения 2,4-Д из биологического материала оптимальным (позволяющим достичь наибольшей степени извлечения) изолирующим агентом от кратности настаивания, продолжительности настаивания, количественного соотношения изолирующего агента и биологического объекта.

Изучены особенности очистки переходящего в извлечение анализируемого вещества методом адсорбционной колоночной хроматографии (колонка 490×11 мм, заполненная 10 г силикагеля L 40/100μ; элюент – система растворителей гексан – диэтиловый эфир в соотношении 6:4). Элюат собирали отдельными фракциями по 2 мл каждая.

Для количественного определения 2,4-Д применен метод ВЭЖХ. При определении методом ВЭЖХ рассмотрена возможность использования обращённо-фазового сорбента «Symmetry C-18» и детектора на основе фотодиодной матрицы. Хроматографировали, исполь-

зуя прибор «Alliance» фирмы «Waters». По известным формулам [12, 13] рассчитывали значения времени удерживания (t_R), объёма удерживания (V_R), коэффициента ёмкости (k′), числа теоретических тарелок (N). Использовали 0,008% раствор стандартного вещества и в хроматограф вводили 2–8 мкл раствора.

Результаты исследования и их обсуждение

Оптимальным изолирующим агентом для выделения 2,4-Д из зерна ржи являлся этилацетат. Достаточно полное извлечение исследуемого вещества из биологического материала этилацетатом может быть достигнуто уже при двукратном настаивании в случае, если масса изолирующего агента каждый раз как минимум в 2 раза превышает массу биоматериала. Продолжительность кон-такта биологического объекта с изолирующей жидкостью при каждом настаивании должна составлять не менее 30 минут.

Исследование хроматографического поведения 2,4-Д в колонке с силикагелем L 40/100μ показало, что при элюировании смесью растворителей гексан – диэтиловый эфир (6:4) анализируемое вещество присутствует в 6 и 12 фракциях элюата (10–22 мл).

Оптимальные условия определения 2,4-Д методом ВЭЖХ достигнуты при использовании неподвижной фазы «Symmetry C-18» (колонка размерами 64×2 мм) и элюента ацетонитрил – 0,025 М раствор дигидрофосфата калия в соотношении 1:1 по объёму. Скорость подачи подвижной фазы – 100 мкл/мин, скорость движения диаграммной ленты – 720 мм/час, масштаб регистрации - 0,8 ед.о.п., время измерения – 0,6 сек. Аналитической являлась длина волны 239 нм. Предложенные условия определения позволяют провести идентификацию 2,4-Д с открываемым минимумом 0,01 мкг в хроматографируемой пробе.

Методика определения 2,4-Д в зерне ржи

Изолирование 2,4-Д. К 10 г мелкоизмельчённой ткани зёрен ржи прибавляли 10 мг 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты, тщательно перемешивали биологическую ткань с веществом и оставляли на 1,5 часа при температуре 18–22ºС. По истечении указанного времени смесь заливали 20 г изолирующего агента (этилацетата) и оставляли на 30 минут при перемешивании. Извлечение отделяли, операцию настаивания повторяли в вышеописанных условиях. Отдельные извлечения объединяли, растворитель испаряли в токе воздуха. Остаток обрабатывали 10 мл ацетона при энергичном перемешивании в течение 3 минут. Ацетоновое извлечение отделяли, а процесс обработки остатка повторяли по вышеописанной схеме ещё дважды. Отдельные ацетоновые извлечения объединяли в выпарительной чашке и испаряли растворитель в токе воздуха при температуре 18–22ºС. Остаток растворяли в 10 мл хлороформа, экстрагировали дважды порциями буферного раствора с pH 10-11 по 10 мл каждая. Отдельные водно-щелочные экстракты отделяли от органической фазы, объединяли, подкисляли 24%-ным раствором хлороводородной кислоты до pH 2-3, насыщали хлоридом натрия и экстрагировали дважды порциями этилацетата по 20 мл каждая. Этилацетатные извлечения отделяли от водно-щелочной фазы, объединяли, пропускали через стеклянный фильтр диаметром 4 см со слоем безводного сульфата натрия толщиной 1–1,5 см, фильтр дополнительно промывали 20 мл этилацетата. Отдельные фильтраты объединяли, упаривали при 18–22ºС в токе воздуха до полного удаления растворителя.

Очистка на колонке с силикагелем. Остаток растворяли в 2–3 мл смеси растворителей гексан-диэтиловый эфир в соотношении 6:4 по объёму и вносили в

хроматографическую колонку размерами 490×11 мм, заполненную 10 г силикагеля L 40/100μ. Хроматографировали, используя подвижную фазу гексан – диэтиловый эфир в соотношении 6:4 по объёму. Элюат собирали отдельными фракциями по 2 мл каждая. Фракции с 6 по 12 включительно объединяли, упаривали при 18–22ºС в токе воздуха до полного испарения растворителя. Остаток растворяли в 6–8 мл ацетонитрила, количественно переносили в мерную колбу вместимостью 10 мл и доводили ацетонитрилом до метки (раствор А). 1,0 мл раствора А вносили в мерную колбу вместимостью 25 мл и доводили до метки ацетонитрилом (раствор Б). 5,0 мл раствора Б вносили в мерную колбу вместимостью 25 мл, туда же прибавляли 7,5 мл ацетонитрила и доводили до метки 0,025 М раствором дигидрофосфата калия. 20 мкл полученного раствора вводили в хроматограф типа «Alliance» фирмы «Waters».

Хроматография методом ВЭЖХ. Процесс хроматографирования осуществляли в колонке размером 150×3,9 мм с предколонкой размером 3,9×20 мм, заполненными обращённо-фазовым сорбентом «Symmetry C-18», с применением подвижной фазы ацетонитрил – 0,025 М раствор дигидрофосфата калия в соотношении 1:1 по объёму и детектора на основе фотодиодной матрицы. Скорость подачи элюента составляла 1 мл/мин при температуре колонки 20ºС. Оптическую плотность регистрировали при длине волны, равной 239 нм. Пик на хроматограмме с временем удерживания 3,721 мин (объёмом удерживания 3721 мкл) соответствует 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоте.

Количественное определение 2,4-Д. Количественное содержание 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты определяли исходя из площади хроматографического пика, по уравнению градуировочного графика и пересчитывали на навеску вещества, внесённую в зерно ржи.

Построение градуировочного графика. В ряд мерных колб вместимостью 100 мл вносили 1,0; 2,5; 5,0; 12,5; 25,0; 37,5; 50,0 мл 0,002% раствора 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты в ацетонитриле, добавляли соответственно 49,0; 47,5; 45; 37,5; 25,0; 12,5; 0,0 мл ацетонитрила и доводили до метки 0,025 М раствором дигидрофосфата калия. 20 мкл каждого из полученных растворов вводили в хроматограф. Хроматографирование осуществляли в колонке размером 150×3,9 мм с предколонкой размером 3,9×20 мм, заполненной обращённо-фазовым сорбентом «Symmetry C-18», используя подвижную фазу ацетонитрил – 0,025 М раствор дигидрофосфата калия в соотношении 1:1 по объёму и детектор на основе фотодиодной матрицы. Скорость подачи элюента составляла 1 мл/мин при температуре колонки 20ºС. Оптическую плотность регистрировали при длине волны, равной 239 нм.

По результатам измерений на хроматографе строили график зависимости площади хроматографического пика от концентрации определяемого вещества. График линеен в интервале концентраций 0,004–0,2 мкг.

Методом наименьших квадратов рассчитывали уравнение градуировочного графика, которое в данном случае имеет следующий вид:

$$S = 38301232 \cdot C + 114016,$$

где S – площадь хроматографического пика;

C – концентрация определяемого вещества в хроматографируемой пробе, мкг.

Результаты количественного определения 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты в зерне ржи представлены в таблице.

Результаты определения 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты в зерне ржи (n = 5; P = 0,95)

№	Внесено 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты, мг в 10 г зерна ржи	Найдено				Метрологические характеристики, %
		площадь пика на хроматограмме, усл. ед.	мг в хроматографируемой пробе	мг в пересчёте на навеску, внесённую в биоматериал	% от внесённой в биоматериал навески	
1	10,0	5834873	$14{,}164 \cdot 10^{-5}$	9,389	90,38	$\overline{x}$ =92,17
2	10,0	5678913	$14{,}427 \cdot 10^{-5}$	8,740	89,76	S=2,86
3	10,0	5826391	$14{,}749 \cdot 10^{-5}$	9,165	92,21	$S_{\overline{x}}$ = 1,23
4	10,0	5964126	$15{,}183 \cdot 10^{-5}$	9,371	93,57	$\Delta\overline{x}$ =3,54
5	10,0	6013853	$15{,}231 \cdot 10^{-5}$	9,449	96,03	ε=3,61

Разработанная методика позволяет определить в модельных смесях с зерном ржи до 89,76–96,03% 2,4-Д от первоначально внесённого количества, с достаточными для подобного рода исследований воспроизводимостью и правильностью.

Выводы

1. Показаны преимущества изолирования 2,4-Д из зерна ржи этилацетатом в режиме настаивания.

2. Предложены условия изолирования и очистки 2,4-Д из биоматериала.

3. Разработана методика количественного определения 2,4-Д в извлечениях из зерна ржи с применением метода ВЭЖХ.

Список литературы

1. Беляев Е. Н. Стойкие органические загрязнители, содержащиеся в окружающей среде, их влияние на здоровье населения // Экологический вестник России. – 2002. – № 8. – С. 10–15.

2. Клиндухов В. П., Николаевич П. Н., Егоров В. А. Пестициды не должны быть причиной ухудшения здоровья людей // Защита и карантин растений. – 2012. – № 7. – С. 6–9.

3. Клисенко М. А., Александрова Л. Г. Определение остаточных количеств пестицидов. – Киев: Здоров´я, 1983. – 248 с.

4. Экологические риски формирования патологий желудочно-кишечного тракта в условиях пестицидных нагрузок: монография / В. А. Королев, Ю. Д. Ляшев, Н. В. Иванова, Н. Е. Кирищева. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2015. – 160 с.

5. Котельникова О. Б., Аксенов В. А. Экологическое обоснование биологической защиты картофеля от колорадского жука // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2016. – № 1. – С. 83–87.

6. Влияние мексидола на морфологические изменения структуры печени крыс, подвергшихся хронической интоксикации банколом / Ю. Д. Ляшев, В. А. Королев, Н. Е. Кирищева, В. Н. Рыжаева // Экология человека. – 2015. – № 12. – С. 38–41.

7. Влияние острой или хронической интоксикации банколом на состояние процессов перекисного окисления липидов и активность антиоксидантных ферментов / Ю. Д. Ляшев, В. А. Королев, Н. Е. Кирищева, И. В. Грибач // Патологическая физиология и экспери-

ментальная терапия. – 2016. – Т. 60, № 2. С. 69–73.

8. Майрапетян А. Х., Татевосян Н. С. Экологические аспекты применения пестицидов в республике Армения и здоровье населения // Экология человека. – 2001. – № 4. – С. 61–62.

9. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде / под ред. М. А. Клисенко. – М.: Колос,1992. – 567 с.

10. Павлюшин В. А. Научное обеспечение защиты растений и продовольственная безопасность России // Защита и карантин растений. – 2010. – № 2. – С. 13–16.

11. Попов В. М., Чугуева А. В., Барков А. Н. Проблемы оценок эколого-гического риска // Известия Юго-Западного государственного университета: Серия: Техника и технологии. – 2016. – № 1. – С. 63–68.

12. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению в Российской Федерации. – М.: Изд-во «АГРОРУС», 2011 – 166 с.

13. Index phytosanitaire. Accociation de coordination technigve agricole. – Paris, 1997. – P. 329–342.

14. A retrospective analysis of Acute Reference Doses for pesticides evaluated in the European Union / R. Solecki, T. Moeller, M. Herrmann, B. Stein // Critical Reviews in Toxicology. – 2010. – Vol. 40, № 1. – P. 24–34.

Получено 26.01.17

V. A. Korolev, Doctor of Biological Sciences, Professor, Kursk State Medical University (e-mail: medecol1@yandex.ru)

V. K. Shormanov, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Kursk State Medical University (e-mail: medecol1@yandex.ru)

V. V. Yushin, Candidate of Engineering Sciences, Southwest State University (Kursk) (e-mail: ushinvv@mail.ru)

V. N. Ryzhaeva, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Kursk State Medical University (e-mail: medecol1@yandex.ru)

O. V. Tarasova, Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, Kursk State Medical University (e-mail: medecol1@yandex.ru)

E. S. Nikitina, Student, Kursk State Medical University (e-mail: medecol1@yandex.ru)

I. V. Korolev, Student, Kursk State Medical University (e-mail: medecol1@yandex.ru)

TECHNOLOGY FOR ENVIRONMENTAL ANALYTICAL MONITORING OF MICROQUANTITIES OF THE PESTICIDES IN FOOD PRODUCTS

The technology for environmental and analytical monitoring of microquantities of the persticides in food products on the example of determining the concentration of herbicide 2.4 D in rye grains was developed. Optimal conditions for 2.4-D (2.4-Dichlorophenoxyacetic acid) isolation from biological material with ethyl acetate were determined with the justification for choosing an isolating agent, duration and frequency of the infusion, as well as the quantitative ratio of the isolating agent and a biological object. Purification possibility of analyzed compound from co-extractive substances of biomaterial by adsorption column chromatography, using the column packed with Silica gel L 40/100 μ, was shown. The method of reversed-phased HPLC, using a reversed-phase Alliance liquid chromatograph manufactured by Waters Company, was proposed for the quantitative determination of 2.4-D in rye extracts. Chromatographic procedure was performed with the use of acetonitrile as the mobile phase, consisting of 0.025 M potassium dihydrogen phosphate buffer in the ratio 1:1 in accordance with the volume, and photodiode array detector. Absorbance was recorded at the wavelength equal to 239 nm, the peak in the chromatogram with retention time of 3.721 corresponded to 2.4-Dichlorophenoxyacetic acid. Quantitative content of herbicide was determined by reference to the area of the chromatographic peak, according to the equation of calibration curve calculated by using the method of least squares. The methodology

is different in minimum time analysis, economic costs, allows to determine up to 96% of 2.4-D of the original amount in model mixtures with rye grains, has reproducibility and accuracy levels appropriate for this kind of research. The developed technology for assessment of residual amounts of 2.4-Dichlorophenoxyacetic acid has undergone the State Patent Examination of the Russian Federation and can be used by environmental and analytical monitoring services, with agrochemical protection stations, of the Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance (Rosselkhoznadzor) for assessment of environmental impact and food products quality.

Key words: *2.4-D, isolation, purification, quantitative determination.*

References

1. Belyaev E. N. Persistent organic pollutants in the environment, their influence on the health of population // Ecological Bulletin of Russia. – 2002. – No 8. – P. 10–15.

2. Klinduhov V. P., Nikolaevich P. N., Egorov V. A. Pesticides shall not be the cause of the human's health deterioration // Plant Protection and Quarantine. – 2012. – No 7. – P. 6–9.

3. Klisenko M.A., Aleksandrova L.G. Determination of pesticide residues. – Kiev: Zdorov´ya, 1983. – 248 p.

4. Environmental risks of formation of the pathologies of the gastrointestinal tract in a pesticide load: monograph / V. A. Korolev, Yu. D. Lyashev, N. V. Ivanova, N. E. Kirishcheva. – Kursk: Universitetskaya Kniga, JSC, 2015. – 160 p.

5. Kotelnikova O. B., Aksenov V. A. Ecological justification of biological protection of potatoes from the Colorado potato beetle // Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technology. – 2016. – No 1. – P. 83–87.

6. The influence of mexidol on morphological changes in the liver structure of rats after chronic bankol intoxication / Yu. D. Lyashev, V. A. Korolev, N. E. Kirishcheva, V. N. Ryzhaeva // Human Ecology. – 2015. – No 12. – P. 38–41.

7. The influence of acute or chronic bankol intoxication of the lipid peroxidation processes and the activity of antioxidant enzymes / Yu. D. Lyashev, V. A. Korolev, N. E. Kirishcheva, I. V. Gribach // Pathological Physiology and Experimental Therapy. – 2016. – Vol. 60, No 2. – P. 69–73.

8. Mairapetyan A. Kh. Environmental aspects of the use of pesticides in the Republic of Armenia and the health of population // Human Ecology. – 2001. – No 4. – P. 61–62.

9. Methods for determination of microquantities of pesticides in food, feed, and environment / Revised edition by M. A. Klisenko. – M.: Kolos, 1992. – Vol. 1. – 567 p.

10. Pavlyushin V. A. Plant protection scientific support and food safety in Russia // Plant Protection and Quarantine. – 2010. – No 2. – P. 13–16.

11. Popov V. M., Chugueva A. V., Barkov A. N. Problems of environmental risk assessments // Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technology. – 2016. – No 1. – P. 63–68.

12. The state catalogue of pesticides and agrochemicals permitted for use on the territory of the Russian Federation. – M.: AGRORUS, 2011. – 166 p.

13. Index phytosanitaire. Accociation de coordination technigve agricole. – Paris, 1997. – P. 329–342.

14. A retrospective analysis of acute reference doses for pesticides evaluated in the European Union / R. Solecki, T. Moeller, M. Herrmann, B. Stein // Critical Reviews in Toxicology. – 2010. – Vol. 40, No 1. – P. 24–34.

УДК 614.841

А. В. Толстых, магистрант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: sonja-091@yandex.ru)

В. В. Хаустов, д-р геол.-минерал. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: okech@mail.ru)

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛИЧНЫХ КОМБИНАТОВ

Представленный материал посвящен проблемным вопросам обеспечения пожарной безопасности при проектировании тепличных комбинатов типа Venlo. В статье рассмотрены примеры конкретных проблем, выявленных при анализе проектной и рабочей документации на строительство некоторых российских промышленных тепличных комплексов в различных регионах. Кратко анализируются типовые проектные решения, используемые при проектировании подобных объектов, а также основные замечания пожарных экспертов при проведении экспертизы проектной документации.

Приведен краткий анализ нормативных требований в части обеспечения данных объектов системами противопожарной защиты: средствами пожаротушения; применением основных строительных конструкций и материалов, в том числе используемых для облицовок конструкций, с нормированными показателями пожарной опасности; применением пропитки конструкций объектов антипиренами и нанесением на их поверхности огнезащитных красок (составов); применением устройств, обеспечивающих ограничение распространения пожара; организацией оповещения и эвакуации людей. Также приведены существующие в настоящий момент некоторые расхождения в требованиях сводов правил, обеспечивающих на добровольной основе выполнение двух технических регламентов: Технического регламента о требованиях пожарной безопасности, утвержденного Федеральным законом от 22 июля 2008 года №123-ФЗ, и Технического регламента о безопасности зданий и сооружений, утвержденного Федеральным законом от 30 декабря 2009 года №384-ФЗ. Намечены некоторые возможные конкретные пути и способы обеспечения пожарной безопасности, противопожарных систем защиты российских промышленных тепличных комбинатов типа Venlo при разработке в проектной документации.

Ключевые слова: *проектирование теплиц, пожарная безопасность, технический регламент, нормативные требования, противопожарные системы.*

***

С 2014 года, после введения экономических санкций США и стран Западной Европы против России и последующих за ними российских контрсанкций, остро встала проблема развития отечественного сельскохозяйственного производства и соответствия его уровню последних достижений мировой науки и техники. В статье рассматривается проблематика некоторых аспектов развития отрасли растениеводства защищенного грунта в Российской Федерации. Очевидно, рынок продукции защищенного грунта все больше становится конкурентным, поэтому актуальность углубления исследований технологических процессов и разработки мероприятий, направленных на повышение конкурентоспособности отечественных тепличных предприятий, не вызывает сомнения.

Как известно, ведущая роль в отрасли защищенного грунта прочно закрепилась за Нидерландами. За основу многих действующих и проектируемых тепличных комбинатов в России принята конструкция, разработанная именно голландской компанией «VENLO Projecten Holding B.V.».

В соответствии с законодательством Российской Федерации по градостроительной деятельности для строительства тепличных комбинатов требуется подготовка проектной документации, получившей положительное заключение экспертизы проектной документации. Подготовка проекта осуществляется в соответствии с Градо-

строительным кодексом Российской Федерации и Постановлением правительства Российской Федерации №87 от 16 февраля 2008 года «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» (далее – Постановление).

Согласно пункту 26 Постановления, должен быть выполнен раздел 9 проектной документации «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности».

С 1 июля 2003 г. вступил в силу Федеральный закон «О техническом регулировании» [1], действие которого направлено на отказ от ведомственного нормирования и вступление во Всемирную торговую организацию. Федеральный закон «О техническом регулировании» создал новую конструкцию, в которой обязательными для всех отраслей, видов деятельности или продукции являются требования безопасности. Безопасность в законе трактуется «как отсутствие недопустимого риска, связанного с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений». Областью действия технического регулирования являются: проектирование, строительство, эксплуатация и утилизация объектов защиты; разработка федеральных законов о технических регламентах, содержащих требования пожарной безопасности, а также нормативных документов по пожарной безопасности; разработка технической документации на объекты защиты.

Федеральным законом от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ принят «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [2]. Он ввел единый подход к организации и обеспечению пожарной безопасности и пожарной защиты. В регламенте впервые законодательно введен принцип выбора альтернатив противопожарной защиты и в то же время требования, содержащиеся в техническом регламенте, направлены на то, чтобы безопасность людей, как непосредственно занятых на объекте, так и третьих лиц, была обеспечена. На настоящий момент МЧС России утвердило к Федеральному закону №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» 12 сводов правил, которые зарегистрированы Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии. Среди последних: требования к путям эвакуации, пожарной сигнализации, установкам пожаротушения, требования к системам удаления дыма, оповещения о пожаре, планировке и застройке генеральных планов городов и населенных пунктов [13, 14].

Добровольное выполнение свода правил является подтверждением исполнения требований технического регламента. Если собственник добровольно выполняет нормы, прописанные в техническом регламенте, он соблюдает технический регламент и закон. Если собственник не выполняет рекомендации, а применяет иные формы и методы защиты своего объекта, то он должен иметь собственную доказательную базу, из которой видно, что обеспечивается требуемый уровень безопасности [15–17]. Что касается подтверждения соответствия объекта требованиям пожарной безопасности, то здесь появились принципиально новые положения. Помимо традиционных способов контроля, каким был и остается государственный пожарный надзор, введен институт независимой оценки пожарного риска. Закон предлагает собственнику самому выбрать форму подтверждения соответствия своего объекта требованиям пожарной безопасности.

При анализе проектной документации на строительство некоторых тепличных комбинатов возникают ряд следующих вопросов в части обеспечения пожарной безопасности.

Определение степени огнестойкости здания теплицы

Степень огнестойкости производственных зданий и сооружений определяется в соответствии с таблицей 21 Федерального Закона №123-ФЗ от 22.07.2008г. в зависимости от предела огнестойкости строительных конструкций зданий, сооружений и пожарных отсеков. Согласно статье 87 Федерального закона № 123-ФЗ, пределы огнестойкости строительных конструкций должны определяться в условиях стандартных испытаний либо расчетно-аналитическим методом, основанным на установленных нормативных требованиях (температурный режим, нагрузка, предельные состояния и т. д.). В соответствии с требованиями СП 2.13130.2009 (пункты 2, 4, 5) [5] в случаях, когда минимальный требуемый предел огнестойкости конструкции указан R15 (RE 15, REI 15), допускается применять незащищенные стальные конструкции независимо от их фактического предела огнестойкости, за исключением случаев, когда предел огнестойкости несущих элементов здания по результатам испытаний составляет менее R8. На основании полученного предела огнестойкости каркаса теплицы, равного R8, степень огнестойкости здания принимается IV. Поэтому, как правило, российские производители тепличных конструкций получают заключения по оценке огнестойкости стальных несущих конструкций многопролетных блочных теплиц типа Venlo от ФГБУ ВНИИПО МЧС России.

Однако это заключение распространяется только на стальной каркас теплицы. А в соответствии с таблицей 21 Федерального закона № 123-ФЗ от 22.07.2008 г. важным параметром определения степени огнестойкости здания является предел огнестойкости наружных ненесущих стен. При использовании стекла, как правило, вопросов не возникает, так как стекло имеет предел огнестойкости около 15 минут. При использовании же поликарбоната, который относится к горючим материалам (группа Г1), обеспечить требуемую потерю целостности (Е15) невозможно. Тогда степень огнестойкости здания теплицы – V.

Степень огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности и высота здания влияют на площадь этажа в пределах пожарного отсека в соответствии с таблицей 6.1 СП 2.13130.2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» [6]. При V степени огнестойкости площадь пожарного отсека нормируется и не может превышать 2600м^2. На основании анализа площадей зданий теплиц России можно сделать вывод, что одно здание составляет не менее 2 га (20000 м^2).

Размещение административных и бытовых помещений в здании теплицы

При расположении сервисной зоны внутри теплицы эту конструктивную часть можно классифицировать как «встройку». В соответствии с СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям» (подпункт 3.12 пункта 3): вставка, встройка – часть здания, предназначенная для размещения административных и бытовых помещений, располагаемая в пределах производственного здания по всей его

высоте и ширине (вставка), части его высоты или ширины (встройка) и выделенная противопожарными преградами [7]. На основании этого пункта можно сделать вывод, что встройка должна быть выделена противопожарными преградами, что в условиях конструкций теплицы сделать весьма затруднительно. В соответствии с подпунктом 6.1.42 пункта 1 статьи 6 СП 4.13130.2013, административные и бытовые помещения могут размещаться во вставках и встройках производственных зданий категорий В, Г и Д: I, II и III степеней огнестойкости класса пожарной опасности С0; IV степени огнестойкости всех классов пожарной опасности. Согласно этому пункту размещение административно-бытовых помещений во встройках зданий V степени огнестойкости не предусмотрено. Это обстоятельство существенно затрудняет обоснование размещения сервисного блока в здании теплицы при использовании в качестве ограждения сотового поликарбоната.

Наружное пожаротушение объекта

Расходы воды на наружное пожаротушение определяются в соответствии с СП 8.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности» [8]. Нормативные расходы даны в таблице 4 «Расход воды на наружное пожаротушение зданий класса функциональной пожарной опасности Ф5». Если обратиться к данной таблице, то нормативные расходы воды для зданий IV и V степени огнестойкости шириной более 60 метров отсутствуют. Из пункта 1.3 этого же свода правил следует, что при отсутствии в сводах правил требований пожарной безопасности к объекту защиты или если для достижения необходимого уровня его пожарной безопасности применяются технические решения, отличные от решений, предусмотренных сводами правил, то на основе положений Технического регламента должны быть разработаны специальные технические условия, предусматривающие выполнение комплекса мероприятий по обеспечению необходимого уровня пожарной безопасности объекта защиты.

Внутреннее пожаротушение объекта

В соответствии с таблицей 2 СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности», расходы воды на внутреннее пожаротушение для зданий объемом свыше 50 тыс. м³ отсутствуют [9], что, согласно пункту 1.1 настоящего свода правил, требует разработки специальных технических условий.

Эвакуационные выходы

Требования к путям эвакуации устанавливаются СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» [5]. В таблице 29 данного свода правил установлены нормы расстояний от наиболее удаленного рабочего места в помещении до ближайшего эвакуационного выхода из помещения непосредственно наружу или в лестничную клетку для категорий зданий и пожарных отсеков при предусмотренных сочетаниях степени огнестойкости и класса пожарной опасности здания. При других сочетаниях, не предусмотренных указанными таблицами, расстояние и численность людей принимаются по худшему из этих показателей для данной категории помещения. При принятии IV степени огнестойкости здания теплицы расстояния от рабочих мест до выходов нормируются.

Оснащение здания теплицы системами оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре

В соответствии с СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» производственные здания должны оснащаться системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 1-го типа [8]. Однако повышенная влажность, обусловленная технологическими особенностями производства, затрудняет эксплуатацию данной системы.

Параллельно с нормами пожарной безопасности, установленными Федеральным законом №123-ФЗ от 22 июля 2008г. и сводами правил, утвержденными Приказом №474 от 16.04.2014г. «Об утверждении перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ФЗ №123-ФЗ «Технический регламент о пожарной безопасности», существуют и своды правил, обеспечивающих требования безопасности в соответствии с Техническим регламентом о безопасности зданий и сооружений. Одним из таких сводов правил является СП 107.13330.2012 «Теплицы и парники. Актуализированная редакция СНиП 2.10.04-85» [11]. Нормы данного свода правил идут вразрез с нормами пожарной безопасности, установленными законодательными актами Российской Федерации, а именно:

– согласно пункту 4.2: теплицы и парники относятся к категории Д – сооружения с пониженной пожароопасностью (кроме теплиц с газовым обогревом с устройствами, устанавливаемыми в объеме сооружений), к V степени огнестойкости и ненормируемому пределу огнестойкости строительных конструкций;

– согласно пункту 4.2.1: определение категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности, размещаемых в теплицах и парниках, и зданий, входящих в состав тепличного овощного комбината (ТОК) и рассадно-овощного тепличного комбината (РОТК), следует принимать по СП 12.13130 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением № 1)» [12]. Перечень зданий и помещений предприятий Минсельхоза России с установлением их категорий по взрывопожарной и пожарной опасности приведен в Перечне зданий и помещений предприятий Минсельхоза России с установлением их категорий по взрывопожарной и пожарной опасности, а также классов взрывоопасных и пожарных зон по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), утвержденный Минсельхозом РФ 20.09.01;

– согласно пункту 4.2.2: площадь пожарного отсека в теплицах не ограничивается при соблюдении условий 5.4.2 СП 2.13130 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» по степени огнестойкости зданий при применении конструктивных элементов несущих конструкций стального каркаса теплиц с классом пожарной опасности К0 (45), которые соответствуют требованиям, предъявляемым к зданиям с классом конструктивной пожарной опасности С0;

– пункт 6.4 гласит: не рекомендуется предусматривать внутреннее и наружное пожаротушение теплиц и

парников (кроме теплиц с непосредственным сжиганием газа, в которых внутренний противопожарный водопровод следует проектировать с учетом требований СП 10.13130 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности»).

Таким образом, существуют многочисленные расхождения в нормах сводов правил Федерального закона от 22.07.2008г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и Федерального закона от 30.12.2009г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Проанализировав вышеупомянутые расхождения, можно сделать вывод, что для грамотного проектирования и надежной эксплуатации тепличных комбинатов требуется прежде всего скорейшая внутренняя гармонизация отечественной нормативно-правовой базы, а также разработка комплекса специальных мер, обеспечивающих пожарную безопасность. Например, в целях пожаротушения можно использовать пруды-накопители – неотъемлемую часть тепличных комбинатов, а для обоснования использования поликарбоната возможно провести натурные испытания для определения линейной скорости распространения пожара.

Список литературы

1. О техническом регулировании [Электронный ресурс]: федер. закон от 27.12.2002 г. №184-ФЗ (ред. от 05.04.2016 г.) – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: федер. закон от 22.07.2008 г. №123-ФЗ (ред. от 03.07.2016 г.). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс]: федер. закон от 30.12.2009 г. №384-ФЗ (ред. от 02.07.2013 г.). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 16.02.2008 г. № 87 (ред. от 23.01.2016 г.). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

5. СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы (с Изменением №1) [Электронный ресурс] // МЧС России. – 2016. – 13 октября. – URL: http://www.mchs.gov.ru/document/3743065.

6. СП 2.13130.2012. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты (с Изменением №1) [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – 2016. – 11 октября. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200096437.

7. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – 2016. – 12 октября. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200101593.

8. СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной без-

опасности [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – 2016. – 10 октября. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071145.

9. СП 10.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности (с Изменением №1) [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – 2016. – 12 октября. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071153.

10. СП 8.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности (с Изменением №1) [Электронный ресурс] // МЧС России. – 2016. – 13 октября. – URL: http://www.mchs.gov.ru/document/3744180.

11. СП 107.13330.2012. Теплицы и парники. Актуализированная редакция СНиП 2.10.04-85 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – 2016. – 12 октября. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071153.http://docs.cntd.ru/document/1200095539.

12. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением № 1) [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – 2016. – 10 октября. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071153.http://docs.cntd.ru/document/1200071156.

13. Влияние опасных факторов пожара на здоровье пожарных: поражение органов зрения оперативных сотрудников ГПС. Оценка эффективности средств защиты органов зрения / В. С. Кузьмичев, О. В. Наместникова, А. И. Карнюшкин, В. В. Хаустов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2014. – №5 (56). – С. 127–134.

14. Комплекс оперативной засечки координат грозового разряда при «сухой грозе» в системе инженерных мероприятий по борьбе с ландшафтными пожарами / С. Д. Попов, В. В. Синицын, В. В. Татаринов, А. И. Карнюшкин, В. В. Хаустов, В. А. Сулименко // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2014. – №4. – С. 69–76.

15. Грабовый П. Г., Солунский А. И. Экспертиза и инспектирование инвестиционного процесса: учебник: в 2 ч. – М.: АСВ, 2006. – Ч. 1. – 458 с.

16. Грабовый П. Г., Солунский А. И. Экспертиза и инспектирование инвестиционного процесса: учебник: в 2 ч. – М.: АСВ, 2006. – Ч. 2. – 462 с.

17. Экспертиза и инспектирование инвестиционного процесса и эксплуатации недвижимости: учебник: в 2 ч. / под общ. ред. П. Г. Грабового. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Проспект, 2012. – Ч. 2. – 416 с.

Получено 15.02.17

A.V. Tolstyh, Undergraduate, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: sonja-091@yandex.ru)

V.V. Khaustov, Doctor of Geologo-Mineralogical Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: okech@mail.ru)

SOME PROBLEMS OF FIRE SAFETYES DESIGN OF MODERN GREENHOUSE COMPLEX

The material is devoted to topical issues of fire safety when designing greenhouses Venlo-type plants. The article deals with examples of specific problems identified in the analysis of the project and working documentation for the construction of some of the Russian industrial greenhouses in various regions. Briefly analyze the typical design solutions used in the design of such facilities, as well as the main observations of fire experts during the examination of the design documentation. A brief analysis of the regulatory requirements regarding maintenance of data objects of fire protection systems: fire extinguishing agents; using basic structures and materials, including those used for cladding structures, with normalized indices of fire danger; designs using objects retardants impregnation and coating on the surface thereof flame-retardant paints (compositions); using devices providing limit the spread of fire; organization of alert and evacuation. Just given the existing at the moment, some differences in the requirements of national regulations provide, on a voluntary basis, the performance of the two technical regulations: Technical Regulations on fire safety requirements approved by the Federal Law of July 22, 2008 №123-FZ, Technical Regulations and Safety buildings and structures, approved by the Federal law of December 30, 2009 №384-FZ. I outlined some of the possible specific ways and means of fire safety, fire protection systems of the Russian industrial greenhouses Venlo-type plants in the development of project documentation.

Key words: *designing greenhouses, fire safety, technical regulations, regulatory requirements, fire protection systems.*

References

1. O tekhnicheskom regulirovanii [Ehlektronnyj resurs]: feder. zakon ot 27.12.2002 g. №184-FZ (red. ot 05.04.2016 g.). – Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

2. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti [Ehlektronnyj resurs]: feder. zakon ot 22.07.2008 g. №123-FZ (red. ot 03.07.2016 g.). – Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus»..

3. Tekhnicheskij reglament o bezopasnosti zdanij i sooruzhenij [Ehlektronnyj re-surs]: feder. zakon ot 30.12.2009 g. №384-FZ (red. ot 02.07.2013 g.). – Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

4. O sostave razdelov proektnoj dokumentacii i trebovaniyah k ih soderzhaniyu [Ehlektronnyj resurs]: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 16.02.2008 g. № 87 (red. ot 23.01.2016 g.). – Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

5. SP 1.13130.2009. Sistemy protivopozharnoj zashchity. Ehvakuacionnye puti i vyhody (s Izmeneniem №1) [Ehlektronnyj resurs] // MCHS Rossii. – 2016. – 13 oktyabrya. – URL: http://www.mchs.gov.ru/document/3743065.

6. SP 2.13130.2012. Sistemy protivopozharnoj zashchity. Obespechenie ognestojkosti ob"ektov zashchity (s Izmeneniem №1) [Ehlektronnyj resurs] // Ehlektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskoj dokumentacii. – 2016. – 11 oktyabrya. – URL: http://docs. cntd.ru/document/1200096437.

7. SP 4.13130.2013. Sistemy protivopozharnoj zashchity. Ogranichenie rasprostraneniya pozhara na ob"ektah zashchity. Trebovaniya k ob"emno-planirovochnym i konstruktivnym resheniyam [Ehlektronnyj resurs] // Ehlektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskoj dokumentacii. – 2016. – 12 oktyabrya. –

URL: http://docs.cntd.ru/document/1200101593.

8. SP 3.13130.2009. Sistemy protivopozharnoj zashchity. Sistema opoveshcheniya i upravleniya ehvakuaciej lyudej pri pozhare. Trebovaniya pozharnoj bezopasnosti [Ehlektronnyj resurs] // Ehlektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskoj dokumentacii. – 2016. – 10 oktyabrya. – URL: http://docs. cntd.ru/document/1200071145.

9. SP 10.13130.2009. Sistemy protivopozharnoj zashchity. Vnutrennij protivopozharnyj vodoprovod. Trebovaniya pozharnoj bezopasnosti (s Izmeneniem №1) [Ehlektronnyj resurs] // Ehlektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskoj dokumentacii. – 2016. – 12 oktyabrya. – URL: http://docs. cntd.ru/document/1200071153.

10. SP 8.13130.2009. Sistemy protivopozharnoj zashchity. Istochniki naruzhnogo protivopozharnogo vodosnabzheniya. Trebovaniya pozharnoj bezopasnosti (s Izmeneniem №1) [Ehlektronnyj resurs] // MCHS Rossii. – 2016. – 13 oktyabrya. – URL: http://www.mchs.gov.ru/document/3744180.

11. SP 107.13330.2012. Teplicy i parniki. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.10.04-85 [Ehlektronnyj resurs] // Ehlektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskoj dokumentacii. – 2016. – 12 oktyabrya. – URL: http://docs. cntd.ru/document/1200071153.http://docs.cntd.ru/document/1200095539.

12. SP 12.13130.2009 Opredelenie kategorij pomeshchenij, zdanij i naruzhnyh ustanovok po vzryvopozharnoj i pozharnoj opasnosti (s Izmeneniem № 1) [Ehlektronnyj resurs] // Ehlektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskoj dokumentacii. – 2016. – 10 oktyabrya. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071153.http://docs.cntd.ru/document/1200071156.

13. Vliyanie opasnyh faktorov pozhara na zdorov'e pozharnyh: porazhenie organov zreniya operativnyh sotrudnikov GPS. Ocenka ehffektivnosti sredstv zashchity organov zreniya / V. S. Kuz'michev, O. V. Namestnikova, A. I. Karnyushkin, V. V. Haustov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2014. – №5 (56). – S. 127–134.

14. Kompleks operativnoj zasechki koordinat grozovogo razryada pri «suhoj groze» v sisteme inzhenernyh meropriyatij po bor'be s landshaftnymi pozharami / S. D. Popov, V. V. Sinicyn, V. V. Tatarinov, A. I. Karnyushkin, V. V. Haustov, V. A. Sulimenko // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii. – 2014. – №4. – S. 69–76.

15. Grabovyj P. G., Solunskij A. I. Ehkspertiza i inspektirovanie investicionnogo processa: uchebnik: v 2 ch. – M.: ASV, 2006. – Ch. 1. – 458 s.

16. Grabovyj P. G., Solunskij A. I. Ehkspertiza i inspektirovanie investicionnogo processa: uchebnik: v 2 ch. – M.: ASV, 2006. – Ch. 2. – 462 s.

17. Ehkspertiza i inspektirovanie investicionnogo processa i ehkspluatacii nedvizhimosti: uchebnik: v 2 ch. / pod obshch. red. P. G. Grabovogo. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Prospekt, 2012. – Ch. 2. – 416 s.

УДК 631.171

А. В. Шемякин, д-р техн. наук, доцент, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева (e-mail: shem.alex62@yandex.ru)

В. В. Терентьев, канд. техн. наук, доцент, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева (e-mail: vvt62ryazan@yandex.ru)

УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ ПОДГОТОВКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ К ХРАНЕНИЮ

Статья посвящена вопросу предупреждения возникновения профессиональных заболеваний работников, занятых очисткой, мойкой и подготовкой техники к хранению в межсезонный период. Предложен способ снижения концентрации вредных примесей в воздухе рабочей зоны при механической очистке сельскохозяйственных машин.

Проведенные исследования показали, что для предупреждения развития коррозионных процессов в период хранения может быть использован метод катодной протекторной защиты. Физический смысл этого метода заключается в том, что при контакте металлов через слой электролита металл, обладающий более низким потенциалом, служит анодом и разрушается, в то время как другой металл служит катодом и не подвергается коррозионному разрушению. При нанесении на защищаемую поверхность жидкого консерванта, содержащего наполнитель-протектор из менее благородного металла, чем сталь, будет осуществляться принцип катодной протекторной защиты. При этом образуется гальваническая пара, в которой металл соединения является катодом, а наполнитель-протектор консерванта – анодом. Вследствие разности электрохимических потенциалов металл–протектор в цепи протекторной установки возникает электрический ток, который, притекая на защищаемый объект, создает на нем потенциал, более отрицательный, чем до подключения протекторной установки. При разности электрохимических потенциалов металл – среда на объекте практически прекращается коррозионно-электрохимический процесс.

Предлагается использовать для консервации сельскохозяйственной техники противокоррозионное покрытие, состоящее из отработанного моторного масла, эмульгатора и наполнителя. В качестве эмульгатора применяется фосфатидный концентрат, в качестве наполнителя –- порошок цинка.

Положительный эффект по снижению заболеваемости работников достигается за счет исключения необходимости тщательной очистки защищаемой поверхности от продуктов коррозии, так как входящий в состав покрытия модификатор ржавчины с наполнителем из порошка цинка вступает в электрохимическую реакцию с продуктами коррозионного разрушения и ведет к прекращению или резкому замедлению процесса коррозии основного металла. Применение при консервации техники предлагаемого защитного покрытия также позволит снизить трудоемкость данной операции и повысить эффективность защиты техники от коррозии.

***Ключевые слова**: сельскохозяйственная техника, хранение, улучшение условий труда.*

***

Широкомасштабное использование мобильной сельскохозяйственной техники в сельском хозяйстве способствует росту производительности и эффективности труда. Однако оно сопряжено с негативным воздействием на окружающую среду и состояние условий труда механизатора в процессе производства сельскохозяйственной продукции. Улучшение условий труда операторов мобильных колесных сельскохозяйственных машин при выполнении технологических процессов в АПК является сложной проблемой, так как ее решение находится на стыке технических, экономических, биологических, психологических и целого рядя других наук.

Отличительной особенностью сельскохозяйственного производства является сезонность использования техники, что обусловливает ряд харак-

терных особенностей при ее эксплуатации [1, 5, 9, 10].

Во-первых, требуются значительные материальные и трудовые затраты на подготовку техники к хранению в межсезонный период и ее консервацию.

Во-вторых, необходимо создание технологических условий, исключающих воздействие агрессивных сред в период хранения сельскохозяйственной техники.

В-третьих, при подготовке техники к использованию после длительного хранения требуется проведение работ по расконсервации машин.

Работы по подготовке сельскохозяйственной техники к хранению сопряжены с воздействием на работников вредных производственных факторов. При очистке сельскохозяйственной техники от загрязнений в воздухе рабочей зоны наблюдается повышенная концентрация пыли, которая имеет мелкодисперсный характер с преобладанием частиц размером до 5 мкм и обладает высокой проникающей способностью и выраженным повреждающим действием на работника [1, 9, 10]. Использование консервационных материалов для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии сопровождается выделением вредных веществ, также негативно действующих на человека. Все вышеперечисленные обстоятельства позволяют нам сделать вывод о необходимости улучшения условий труда при подготовке сельскохозяйственной техники к хранению.

При подготовке техники к хранению по стандартной технологии консервации одной из главных задач, которую необходимо решить, является обеспечение высокого качества очистки поверхности от загрязнений в целом и от продуктов коррозии в частности. Для этого работнику, занятому подготовкой машин к консервации, приходится выполнять данную операцию вручную с применением различных приспособлений для механической очистки обрабатываемых поверхностей. При этом в воздухе рабочей зоны резко увеличивается процентное содержание металлической пыли, содержащей примеси из продуктов коррозии и старых лакокрасочных покрытий. Естественно, что при очистке работник должен пользоваться средствами индивидуальной защиты органов зрения и дыхания, но, очевидно, что даже при их правильном подборе и применении часть вредных веществ все равно загрязняет глаза и дыхательные пути работника.

К сожалению, в нашей стране еще не созданы правовой и экономический механизмы, побуждающие работодателя принимать эффективные меры по обеспечению здоровых и безопасных условий труда, вследствие чего требования охраны труда игнорируются на многих предприятиях. Работодатель экономит на мероприятиях по охране труда, работники рискуют своей жизнью и здоровьем. Поэтому единственным выходом из сложившейся ситуации является совершенствование технологии подготовки техники к хранению с использованием современных высокоэффективных консервационных материалов.

Проведенные нами в период с 1997 года по 2015 год исследования показали, что для предупреждения развития электрохимических процессов, протекающих в зазорах и трещинах стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин, может быть использован метод катодной протекторной

защиты. Физический смысл этого метода заключается в том, что при контакте металлов через слой электролита металл, обладающий более низким потенциалом, служит анодом и разрушается, в то время как другой металл служит катодом и не подвергается коррозионному разрушению [2, 3, 9, 12].

При заполнении зазора стыкового соединения жидким консервантом, содержащим наполнитель-протектор из менее благородного металла, чем сталь, будет осуществляться принцип катодной протекторной защиты [3,12]. При этом образуется гальваническая пара, в которой металл соединения является катодом, а наполнитель-протектор консерванта – анодом. Вследствие разности электрохимических потенциалов металл–протектор в цепи протекторной установки возникает электрический ток, который, притекая на защищаемый объект, создает на нем потенциал, более отрицательный, чем до подключения протекторной установки. При защитной разности электрохимических потенциалов *металл – среда* на объекте практически прекращается коррозионно-электрохимический процесс. Протектор же под действием стекающих с него токов постепенно растворяется.

Нами предлагается использовать для консервации сельскохозяйственной техники противокоррозионное покрытие, состоящее из отработанного моторного масла, эмульгатора и наполнителя. В качестве эмульгатора применяется фосфатидный концентрат, в качестве наполнителя – порошок цинка [7].

Применение предлагаемой технологии консервации позволит в значительной степени снизить вред, наносимый здоровью работника. Этот эффект будет достигаться за счет исключения необходимости тщательной очистки защищаемой поверхности от продуктов коррозии, так как входящий в состав противокоррозионного покрытия модификатор ржавчины с наполнителем из порошка цинка вступает в электрохимическую реакцию с продуктами коррозионного разрушения и ведет к прекращению или резкому замедлению процесса коррозии основного металла.

Снижение концентрации вредных примесей в воздухе рабочей зоны позволит уменьшить или полностью исключить вред, наносимый здоровью работника. Кроме того, применение при консервации сельскохозяйственной техники предлагаемого защитного покрытия позволит снизить трудоемкость данной операции и повысить эффективность защиты техники от коррозии.

Список литературы.

1. Повышение эффективности очистки и мойки сельскохозяйственных машин / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Г. Д. Кокорев, М. Б. Латышёнок, Г. К. Рембалович, И. А. Успенский, В. В. Терентьев, А. В. Шемякин; Министерство сельского хозяйства РФ ФГБОУ ВО РГАТУ. – Рязань, 2016. – 102 с.

2. Роль наполнителя в составе жидкого консерванта для противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственного оборудования / А. А. Будылкин, М. Б. Латышенок, В. В. Терентьев, А. В. Шемякин // Вавиловские чтения: материалы Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2010. – Т. 3. – С. 281–282.

3. Применение метода катодной протекторной защиты для противокоррозионной защиты стыковых и сварных

соединений сельскохозяйственного оборудования / И. В. Зарубин, М. Б. Латышенок, В. В. Терентьев, А. В. Шемякин // Вавиловские чтения: материалы Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2010. – Т. 3. – С. 299–300.

4. Устройство для очистки сельскохозяйственных машин с использованием энергии вращающейся жидкостной струи / А. В. Шемякин, В. В. Терентьев, Н. М. Морозова, С. А. Кожин, А. В. Кирилин // Вестник РГАТУ. – 2016. – № 3 (31). – С. 77–80.

5. Латышёнок М. Б., Терентьев В. В. Анализ ухудшения сельскохозяйственной техники в период хранения // Актуальные проблемы и их инновационные решения в АПК: материалы науч.-практ. конф., посвященной 165-летию со дня рождения П. А. Костычева. – Рязань, 2010. – С. 23–26.

6. Латышёнок М. Б., Терентьев В. В., Малюгин С. Г. Ресурсосберегающая технология консервации сельскохозяйственных машин // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. – Рязань, 1999. – С. 98–101.

7. Пат. № 2534985 Российская Федерация, МПК C10M 173/00. Защитная смазка для стыковых и сварных соединений деталей сельскохозяйственных машин / Латышёнок М. Б., Шемякин А. В., Терентьев В. В., Подъяблонский А. В.; патентообладатель ФГБОУ ВПО РГАТУ. – № 2013145119/04; заявл. 08.10.2013; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 34.

8. Пат. № 2601349 Российская Федерация, МПК E04H6/08; E04H5/08. Способ хранения сельскохозяйственной техники / Шемякин А. В., Костенко М. Ю., Латышёнок М. Б., Терентьев В. В., Костенко Н. А., Винник Г. Н., Голиков А. А; патентообладатель ФГБОУ ВПО РГАТУ. – № 2015129727/03; заявл. 20.07.2015; опубл. 10.11.2016, Бюл. № 31.

9. Шемякин А. В. Совершенствование организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств: дис. ... д-ра техн. наук. – Мичуринск, 2014. – 324 с.

10. Шемякин А. В. Совершенствование организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Мичуринск, 2014.

11. Повышение эффективности противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин консервационными материалами / А. В. Шемякин, В. В. Терентьев, М. Б. Латышёнок, К. В. Гайдуков, И. В. Зарубин, А. В. Подъяблонский, С. А. Кожин, А. В. Кирилин // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2016. – № 2. – С. 87–91.

12. Применение метода катодной протекторной защиты для снижения потерь металла при хранении сельскохозяйственной техники / А. В. Шемякин, В. В. Терентьев, Н. М. Морозова, С. А. Кожин, А. В. Кирилин // Вестник РГАТУ. – 2016. – № 4 (32). – С. 93–97.

Получено 24.02.17

A. V. Shemyakin, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostychev (e-mail: shem.alex62@yandex.ru)

V. V. Terentyev, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostychev (e-mail: vvt62ryazan@yandex.ru)

THE IMPROVEMENT OF WORKING CONDITIONS IN THE PREPARATION FARM EQUIPMENT STORAGE

The article is devoted to the prevention of occupational diseases of workers engaged in cleaning, washing and preparation of equipment for storage in the off-season. The proposed method of reducing the concentration of harmful impurities in the air of working zone during the mechanical cleaning of agricultural machines.

Studies have shown that to prevent the development of corrosion processes during storage can be used the method of cathodic protection. The physical meaning of this method is that the contact metal through the layer of the electrolyte metal with lower potential is the anode, and is destroyed, while the other metal serves as the cathode and is not subject to corrosion. When applied to the surface of the liquid preservative containing a filler protector of the less noble metal than steel will be cathodic the principle of cathodic protection. This forms a galvanic couple in which the metal compound is a cathode, and filling-protector preservative-anode. Due to the difference of electrochemical potentials metal protector circuit protector installation an electric current, which priteca on a securable object, creates a potential more negative than the before connecting protective installation. The difference between the electrochemical potentials of the metal – environment at the facility virtually stops corrosion is an electrochemical process.

It is proposed to use for the preservation of agricultural equipment anti-corrosive coating of used motor oil, emulsifier and filler. As an emulsifier used phosphatidic concentrate, the filler powder is zinc.

Positive effect on reducing the incidence of workers is achieved by eliminating the need for a thorough cleaning of the protected surfaces from corrosion products, as part of the coating modifier rust, filled with zinc powder, enters into the electrochemical reaction with the products of corrosion damage, and leads to the termination or drastic slowing of the process of corrosion of the base metal. Application for preservation technology offer protective coatings will also reduce the complexity of the operation and to increase the efficiency of protection from corrosion.

Key words: *agricultural machinery, storage, improvement of working conditions.*

1. Povyshenie ehffektivnosti ochistki i mojki sel'skohozyajstven-nyh mashin / N. V. Byshov, S. N. Borychev, G. D. Kokorev, M. B. Latyshyonok, G. K. Rembalovich, I. A. Uspenskij, V. V. Terent'ev, A. V. Shemyakin; Ministerstvo sel'skogo hozyajstva RF FGBOU VO RGATU. – Ryazan', 2016. – 102 s.

2. Rol' napolnitelya v sostave zhidkogo konservanta dlya protivokorrozionnoj zashchity stykovyh i svarnyh soedinenij sel'skohozyajstvennogo oborudovaniya / A. A. Budylkin, M. B. Latyshenok, V. V. Terent'ev, A. V. Shemyakin // Vavilovskie chteniya: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Saratov, 2010. – T. 3. – S. 281–282.

3. Primenenie metoda katodnoj protektornoj zashchity dlya protivokorrozionnoj zashchity stykovyh i svarnyh soedinenij sel'skohozyajstvennogo oborudovaniya / I. V. Zarubin, M. B. Latyshenok, V. V. Terent'ev, A. V. Shemyakin // Vavilovskie chteniya: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Saratov, 2010. – T. 3. – S. 299–300.

4. Ustrojstvo dlya ochistki sel'skohozyajstvennyh mashin s ispol'zovaniem ehnergii vrashchayushchejsya zhidkostnoj strui / A. V. Shemyakin, V. V. Terent'ev, N. M. Morozova, S. A. Kozhin, A. V. Kirilin // Vestnik RGATU. – 2016. – № 3 (31). – S. 77–80.

5. Latyshyonok M. B., Terent'ev V. V. Analiz uhudsheniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki v period hraneniya // Aktual'nye problemy i ih innovacionnye resheniya v

APK: materialy nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 165-letiyu so dnya rozhdeniya P. A. Kostycheva. – Ryazan', 2010. – S. 23–26.

6. Latyshyonok M. B., Terent'ev V. V., Malyugin S. G. Resursosbere-gayushchaya tekhnologiya konservacii sel'skohozyajstvennyh mashin // Sovremennye ehnergo- i resursosberegayushchie, ehkologicheski ustojchivye tekhnologii i sistemy sel'skohozyajstvennogo proizvodstva. – Ryazan', 1999. – S. 98–101.

7. Pat. № 2534985 Rossijskaya Federaciya, MPK S10M 173/00. Zashchitnaya smazka dlya stykovyh i svarnyh soedinenij detalej sel'skohozyajstvennyh mashin / Latyshyonok M. B., Shemyakin A. V., Terent'ev V. V., Pod"yablonskij A. V.; patentoobladatel' FGBOU VPO RGATU. – № 2013145119/04; zayavl. 08.10.2013; opubl. 10.12.2014, Byul. № 34.

8. Pat. № 2601349 Rossijskaya Federaciya, MPK E04H6/08; E04H5/08. Sposob hraneniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki / Shemyakin A. V., Kostenko M. Yu., Latyshyonok M. B., Terent'ev V. V., Kostenko N. A., Vinnik G. N., Golikov A. A; patentoobladatel' FGBOU VPO RGATU. – № 2015129727/03; zayavl. 20.07.2015; opubl. 10.11.2016, Byul. № 31.

9. Shemyakin A. V. Sovershenstvovanie organizacii rabot, svyazannyh s hraneniem sel'skohozyajstvennyh mashin v usloviyah malyh i fermerskih hozyajstv: dis. ... d-ra tekhn. nauk. – Michurinsk, 2014. – 324 s.

10. Shemyakin A. V. Sovershenstvovanie organizacii rabot, svyazannyh s hraneniem sel'skohozyajstvennyh mashin v usloviyah malyh i fermerskih hozyajstv: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk. – Michurinsk, 2014.

11. Povyshenie ehffektivnosti protivokorrozionnoj zashchity stykovyh i svarnyh soedinenij sel'skohozyajstvennyh mashin konservacionnymi materialami / A. V. Shemyakin, V. V. Terent'ev, M. B. Latyshyonok, K. V. Gajdukov, I. V. Zarubin, A. V. Pod"yablonskij, S. A. Kozhin, A. V. Kirilin // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2016. – № 2. – S. 87–91.

12. Primenenie metoda katodnoj protektornoj zashchity dlya snizheniya poter' metalla pri hranenii sel'skohozyajstvennoj tekhniki / A. V. Shemyakin, V. V. Terent'ev, N. M. Morozova, S. A. Kozhin, A. V. Kirilin // Vestnik RGATU. – 2016. – № 4 (32). – S. 93–97.

УДК 664.013:331.34

И. А. Томакова, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tomakova@rambler.ru)

М. В. Томаков, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tomakovmv@rambler.ru)

ПРАВИЛА И МЕТОДЫ УХОДА ЗА РАБОЧЕЙ ОДЕЖДОЙ С ЦЕЛЬЮ СОХРАНЕНИЯ НЕОБХОДИМЫХ ЗАЩИТНЫХ ФУНКЦИЙ

В статье рассматриваются правила и методы ухода за рабочей одеждой с целью поддержания необходимых защитных функций. Чтобы продлить сроки службы спецодежды, необходимо правильно подбирать методы и средства ухода. Качество чистки (стирки) рабочей одежды обеспечивается технологичностью процессов, использованием профессиональных моющих средств и методами обработки одежды в специализированных прачечных-химчистках. Чтобы обеспечить практически полную очистку рабочей одежды от загрязнений различной природы, следует комбинировать технологии чистки (стирки). Только таким образом можно организовать правильный уход за профессиональной одеждой, в том числе изготовленной с применением утеплителей из нетканых материалов.

Также затронуты проблемы отношения руководства и рабочих к вопросу ухода за спецодеждой. Самый эффективный способ– создать в организации такую организационную культуру, чтобы отношение к безопасному труду и соблюдению всех норм безопасности считалось необходимым. Такого отношения работников можно добиться, если руководство будет демонстрировать серьезное отношение к рабочей экипировке, а каждый руководитель подразделения будет поддерживать марку высокой организационной культуры в сфере обеспечения безопасности труда на собственном примере.

Ключевые слова: *безопасность труда, специальная одежда, очистка от загрязнений, методы очистки.*

***

Актуальность вопроса

В экономике Российской Федерации удельный вес числа работников, занятых во вредных и (или) опасных условиях труда, на конец 2014 г. составил 39,7%. При этом наиболее высокий удельный вес занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда зарегистрирован в промышленности – 42,5%, в строительстве – 35,6%, на транспорте – 42,1% [12]. В целом экономические потери, связанные с состоянием условий труда в Российской Федерации, в 2014 г. составили приблизительно 1,29 трлн руб. или 1,8% ВВП [10].

Для предотвращения или уменьшения воздействия вредных и опасных производственных факторов (ВОПФ), а также для защиты от загрязнений предназначена специальная одежда. При выборе спецодежды перед каждым предприятием неизбежно встает вопрос о её гигиенических качествах. Одежда также должна соответствовать характеру и условиям работы, подходить работнику по размеру и росту, надежно предохранять работника в течение определенного рабочего времени от воздействия ВОПФ.

В производственном процессе происходит загрязнение спецодежды, и практика показывает, что при ненадлежащем уходе уменьшается ресурс одежды и теряются её защитные свойства [6]. Потратив солидную сумму на её приобретение, потом можно констатировать факт не только утери нормального внешнего вида, но и прихода товара в полную негодность.

Отсутствие в малых и средних предприятиях оборудования и процесса стирки, чистки и обеспыливания, сушки и обычно сопутствующего процесса про-

ветривания спецодежды создает при её хранении благоприятные условия для размножения микроорганизмов, в том числе и болезнетворных, которые являются одной из причин неприятных запахов в бытовых помещениях, разрушения ткани и заболевания кожи. Нарушение первоначальных свойств материала вследствие загрязнения и сопутствующее ухудшение защитных, гигиенических и эксплуатационных свойств спецодежды не обеспечивают нормальные функции организма и способность человека сохранять нужную работоспособность, способствуют возникновению у рабочих ряда кожных, простудных и иных заболеваний [6].

Сохранение защитных и гигиенических качеств и презентабельного внешнего вида рабочей одежды зависит от рационального подхода к эксплуатации, чистке, стирке, оборудованию, условиям и моющим (чистящим) веществам. Любая спецодежда требует максимально комфортного ухода с целью сохранения первоначальных защитных свойств материала [1, 5]. Периодичность стирки (чистки) рабочей одежды обозначена в отраслевых нормах, она определяется в зависимости от типа производственных загрязнений и должна приводить к полному восстановлению гигиенических и защитных свойств.

Методы ухода за рабочей одеждой

Современная спецодежда изготавливается с использованием особых видов утеплителей, светоотражающих полос, эмблем, клеевых вставок, имеет сложную несъемную фурнитуру, верхние покрытия со специальными водонепроницаемыми и огнезащитными пропитками [3].

Обычные бытовые стиральные машины не гарантируют сохранения защитных свойств и внешнего вида спецодежды при частой стирке и не удаляют промышленные загрязнители. Различные типы тканей требуют особого ухода, который ориентирован, прежде всего, на сохранение защитных свойств одежды, что также обусловливает необходимость чистки и стирки специальной одежды в специализированных предприятиях [2]. Поэтому для многих компаний наиболее простым и экономичным решением по уходу за спецодеждой стали услуги специальных прачечных, имеющих комплект профессионального оборудования для стирки и чистки производственной одежды.

Например, деликатного обращения требует мембранная спецодежда. Стиральный порошок, отбеливатель, кипячение способны если не разрушить мембрану, то полностью нивелировать ее дышащие свойства. Следует использовать сбалансированные жидкие составы для стирки. Аналогичный уход предусмотрен для нетканого полиэстерового флиса. При высокой температуре воды его тонковолокнистый состав может частично изменить структуру. Мембранные ткани боятся горячего утюга, но легко восстановят форму и без проглаживания, стоит просто распрямить ткань и высушить при комнатной температуре без искусственного нагнетания горячего воздуха.

Рабочая одежда из влагозащитной ткани со своим свойствам оказывает сопротивление проникновению воды внутрь структуры, температурный диапазон нагревания не должен превышать 40–50 градусов. Соответственно невысокая температура воды не может в полной мере удалить все загрязнение, поэтому должны использоваться вспомогательные жидкие вещества с синтетическими энзимами.

Фрагменты спецодежды (вставки) из искусственной кожи под воздействием горячей воды и химической обработки изменяются в столь значительной степени, что требуют замены или ремонта. Это замечание справедливо для искусственного меха и материалов со светоотражающими эффектами. Чтобы не произошло деформации отдельных деталей спецодежды, перед стиркой закрепляют все фиксирующие детали, будь то застёжка молнии, карабин или шнуровка.

Утепленная спецодежда, ткани на льняной, хлопковой и лавсановой основе со сложными многофункциональными пропитками не должны подвергаться традиционной стирке, для них предусмотрена специальная чистка.

Логотипы на спецодежде, особенно в технике шелкографии, придают изделию определенную стильность, которую легко утратить, если нагреть воду для стирки свыше 50^{o}C или попытаться пройтись по поверхности изделия горячим утюгом.

В настоящее время состав тканей настолько часто обновляется, что не всегда может соответствовать маркировка одежды символам по уходу. Вполне вероятно, что модифицированная ткань нового поколения допускает стирку на профессиональном оборудовании без всякого ущерба для водоотталкивающих, кислотозащитных и иных пропиток.

Некоторые модели одежды лучше стирать при помощи промышленных машин, которые имеют большой диаметр барабана. В таком оборудовании можно будет избавиться механическим путем даже от сильного загрязнения, так как грязь будет вымываться падением с высоты внутри барабана.

Такие важные условия, как время и способ воздействия на материал, его чувствительность к химическим препаратам и механическим воздействиям, особенности пропитки материала, учитываются в процессе стирки и сушки спецодежды на специальном оборудовании и определяются специальными программами стирки. Эти программы имеют адаптированные для спецодежды алгоритмы стирки, для того чтобы одежда как можно дольше сохраняла свой внешний вид, а главное – не утрачивала защитные свойства. При этом оборудование выполняет свою основную функцию – эффективно удаляет самые стойкие загрязнения.

Программы позволяют провести тщательную очистку трудных материалов, в том числе с использованием аквачистки – альтернативы традиционной химчистки, предлагающей более бережный уход за вещами. Экономия очевидна – вещи изнашиваются меньше. Сравнительные тесты показывают, что спецодежда служит в два раза дольше, нет необходимости в утилизации вредных химикатов, использующихся в химчистке, а расход электроэнергии и воды минимален.

Специализированные цеха, в которых стирается спецодежда, имеют высокую степень автоматизации, включающую компьютерное дозирование профессиональных моющих средств и компьютерный контроль за процессом обработки.

Приведем пример. В арсенале промышленной химии имеется средство «Химитек-Стираль-профи» для стирки рабочей одежды. Это концентрированное жидкое низкопенное щелочное средство, предназначенное для удаления различных видов загрязнений: растительных масел, животных жиров, отдельных видов пигментных, индустриальных, а также общебытовых загряз-

нений. Рекомендуется для стирки хлопчатобумажных, смешанных и синтетических тканей в профессиональных стиральных машинах любого типа на различных предприятиях: промышленных, ремонтных, транспортных и др. Особенности: не содержит углеводородных растворителей, легко выполаскивается, не оставляя моющих компонентов на ткани. Состав: неионогенные ПАВ 5–15%, жирные кислоты 5–15%, щёлочь <5%, d-лимонен <5%, гликолевый эфир <5%, тетранатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты <5%, неорганическая соль <5%, эмульгатор, консервант, вода. Для основной стирки производится загрузка средства в дозатор стиральной машины из расчёта 10–20 мл на 1 л воды или 30–40 мл средства на 1 кг белья в зависимости от степени его загрязнения. Температурный режим 50–80°С. Для предварительной стирки рекомендуется загрузка средства из расчёта 5–10 мл на 1 л воды или 15–20 мл средства на 1 кг белья. Температурный режим 35–80°С. По степени воздействия на организм человека средство относится к 4-му классу опасности (вещества малоопасные) по ГОСТ 12.1.007-76.

В комплект со стиральными профессиональными машинами (например, Miele Professional) входят сушильные машины, обеспечивающие надежную и щадящую сушку спецодежды с опцией пропитки. Отличительной особенностью этих сушильных машин является сушка с продольной подачей воздуха, позволяющая повторно использовать до 60% горячего воздуха. При этом значительно сокращается электропотребление оборудования.

В зависимости от типа одежды сушке подвергается сначала внутренняя поверхность (если подкладка несъемная). Затем одежду выворачивают: высушивают внешнюю поверхность и пропитывают материал. Длительность сушки определяется машиной автоматически при помощи датчика остаточной влажности. Благодаря электронному управлению процессом сушки можно выбрать оптимальную и щадящую программу.

В оснащении специализированных предприятий имеются установки и машины разнообразного назначения: стиральные и для отжима белья загрузкой от 10 до 200 кг; гладильные, сушильно-гладильные производительностью свыше 500 кг/ч; для сушки белья ёмкостью до 25 кг; для растряски белья; прессы гладильные и др.

Вся профессиональная техника рассчитана на 20-летний срок службы. За это время происходит неоднократное обновление алгоритмов стирки. При этом оборудование не устаревает. Набор программ и технологий стирки и сушки легко корректируется в соответствии с особенностями того или иного производства, спецификой конкретных моделей одежды. Используя специальный удаленный модуль, сервисный инженер может установить контакт с оборудованием клиента и осуществить первичную диагностику для последующего оказания сервисных услуг, обновить или откорректировать программы стирки или сушки. Диагностика состояния техники производится автоматически.

Аквачистка – профессиональная влажная чистка – способ чистки изделий и одежды из текстильных материалов с использованием воды в качестве растворителя. Для усиления моющей способности воды используются моющие средства и препараты, образующие эмульсии и препятствующие обратному проникновению загрязнений в волокна. Основным принципом акватехнологии

является то, что механическое воздействие на ткань сведено к минимуму, а процесс удаления загрязнений происходит при помощи специальных профессиональных средств, в основном на основе натуральных растительных субстанций, с защитными функциями для волокон: против перехода одного цвета на другой, против усадки, против образования заломов, против потери эластичности и т.д. Для аквачистки выпускаются специализированные машины, конструкция и компьютер которых позволят произвести водную обработку без риска даже для самых деликатных изделий, например высокоскоростные стиральные машины серии WF (Италия). Аквачистка сохраняет цветовую гамму изделий. В процессе аквачистки сохраняются практически все составляющие, устойчивые к механическим воздействиям. Используемые препараты и средства биоразлагаемы и не наносят вреда окружающей среде.

Для дезинфекции спецодежды работников, чей труд протекает в условиях повышенного воздействия микробиальных факторов, разработаны технологии и оборудование обработки одежды озоном.

Природные бактерицидные свойства озона широко используются для очистки воздуха и воды. Обработка озоном рабочей одежды – еще одна сфера его возможного применения. В процессе озонирования, благодаря высокой окислительной способности озона, оказывается губительное воздействие на плесень, грибы, бактерии, вирусы, устраняются посторонние запахи [4]. Дезинфицирующие свойства озона позволяют убрать запах дыма, неприятные запахи с обуви, стерилизовать вещи, не пригодные для традиционной промышленной обработки в водной среде или растворителях. После обработки озоном изделия выходят дезинфицированными с нейтральным запахом.

В России гигиенический шкаф «Ozonbox» (рис.) был впервые представлен на выставке Clean Expo Moscow – 2015 на стенде компании «Белый Клен» (более известной как «РМ-Диос», которая поставляет профессиональные системы для химчисток и прачечных, являясь официальным представителем компаний Grandimpianti, Ghidini, MAC-Clean и Alberti Angelo).

Рис. Шкаф «Ozonbox»

Шкаф «Ozonbox» предельно прост в обслуживании, рассчитан на подключение к обычной сети 220В и выпускается в двух размерах: 185 см (на полную длину одежды) и 110 см (оборудован полками для обуви, головных уборов). Производство озона из кислорода осуществляется в двух камерах, расположенных на задней стенке аппарата. Шкаф замкнутого типа, открытие невозможно, пока остаточный озон не трансформируется снова в кислород. Шкаф «Ozonbox» безопасен для людей и окружающей среды.

В настоящее время разработана и нашла применение комбинированная технология стирки в стиральной машине с применением моющих средств и озонированием воды [4]. К стиральной машине подключается озоногенератор. Стирка с озоном исключает возникновение «перекрестного заражения» в белье и одежде. Одновременно существенно снижается потребление моющих средств при стирке. Так, по данным доклада Университетской больницы Саутгемптона, стирка с озоном позволяет экономить 36,49% на воде, газе и электричестве. Вместе с этим в докладе фигурируют данные о сокращении расхода моющих средств на 50%. По некоторым данным, экономия моющих средств составляет до 70–80%. В основном такие стиральные машины с озоном используются в медицинских и социальных учреждениях.

На сокращение сроков санитарной обработки спецодежды влияет предварительное обеспыливание. Для предприятий угольной отрасли, мукомольных предприятий, строительного производства и др. характерно загрязнение спецодежды пылью. В этом случае применимы устройства для обеспыливания. Первые разработки пылеудаляющего оборудования известны с двадцатых годов прошлого века. В отечественной и зарубежной литературе имеются описания устройств обеспыливания одежды, предназначенных для работы в различных отраслях промышленности. Наиболее распространенной разновидностью удаления пыли со спецодежды остается пневматический способ как наиболее быстрый и экономически обоснованный. Разработаны установки, в которых очистка достигается обычными средствами для систем вентиляции путем обдува одежды потоком воздуха, в которых одновременно осуществляется аэродинамическое встряхивание [5]. Обеспыливание происходит в результате проявления инерционных эффектов, возбуждаемых в процессе взаимодействия обеспыливаемых тканей с воздушными потоками, обтекающими их с относительно небольшими скоростями. Встряхивание тканей, подобно «полосканию» флагов и парусов в ветреную погоду, распространяется на всю их площадь; оно достаточно энергично, чтобы сорвать с них налипшие частицы загрязнения, и в то же время не причиняет существенных повреждений одежде. Встряхивание ткани осуществляется при ее колебательных движениях, вызванных бегущими волнами. Способ реализован в установках для обеспыливания спецодежды.

В настоящее время обеспыливание спецодежды может выполняться и после каждой смены, и с периодичностью один раз в 2–3 недели, а также эпизодически. Именно предполагаемая частота применения первичной обработки обусловливает выбор типа обеспыливания спецодежды.

Герметичные установки для нескольких комплектов уместны на предприятиях с небольшим штатом сотрудников [8]. Здесь возможны варианты, когда процесс автоматизирован и проходит без участия человека.

Проблема отношения руководства и рабочих к вопросу ухода за спецодеждой

Первой частью проблемы является то, что у работников и работодателей не выработано правильное отношение к вопросу ухода за спецодеждой. Фактически в России до сих пор, несмотря на прямые указания в Трудовом кодексе РФ, принято считать, что уход за спецодеждой является обязанностью работ-

ников, эту одежду эксплуатирующих. На самом деле это не так. Уход за спецодеждой – обязанность работодателя. Из статьи 221 Трудового кодекса РФ следует: «Приобретение, хранение, стирка, чистка, ремонт, дезинфекция и обезвреживание средств индивидуальной защиты работников осуществляется за счет средств работодателя. Работодатель обязан обеспечивать хранение, стирку, сушку, дезинфекцию, дегазацию, дезактивацию и ремонт выданных работникам по установленным нормам специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты».

Обеспечение работников спецодеждой в России происходит с трудом. Часто выдается спецодежда ненадлежащего качества. Уход за спецодеждой работодатель в подавляющем большинстве случаев перекладывает на работников.

Вторая составляющая проблемы, с которой сталкиваются при использовании спецодежды, – это стирка. Не секрет, что именно в результате стирки (особенно, когда стирают в первый раз) обычно и проявляются хорошо известные недостатки спецодежды: сильная усадка, пиллинг, потеря физических качеств и цвета, потеря защитных свойств.

Третьей и последней составляющей общей проблемы является непрофессиональный уход за спецодеждой. А именно – почти каждый работник относит спецодежду домой и пытается самостоятельно отстирать в бытовых условиях сложные (в частности, жировые и масляные) загрязнения. Часто это происходит с нарушением всех правил, в тех же бытовых стиральных машинах, где стирают домашние вещи. После такой стирки происходит не столько отстирывание, сколько размазывание грязи, загрязнение бытовой стиральной машины и белья, пиллингование, усадка и другая порча изделий. Температурный режим дома выбирается часто произвольно – от 30 до 100°С. Общим итогом является потеря внешнего вида и других свойств спецодежды.

Следует отметить особо: традиционно принято считать, что домашняя (машинная или ручная) стирка спецодежды – это самое лучшее и щадящее решение, продлевающее срок службы изделий. Исследования убеждают в обратном. Допуская возможность стирки специальной защитной одежды в домашних условиях, работодатель только способствует увеличению потерь за счет непредсказуемости качества и непрофессионализма обработки, а также добавляется и человеческий фактор – невозврат спецодежды.

Как итог – наличие всех трех составляющих проблемы для работодателя ведет к ощутимым стоимостным потерям.

Профессионализм и современность подхода работодателя будет проявляться в простом комплексном решении, включающем в себя возможность быстрого просчета стоимости обслуживания и использования купленной рабочей спецодежды, а также наличие современной техники и моющих средств для ухода за ней. В сложившихся условиях развития рынка все большее число предприятий ориентируется на заключение контрактов на химическую чистку спецодежды вне своих стен. Профессиональные прачечные-химчистки регулярно обновляют ассортимент чистящих средств и могут предложить способы эффективного удаления даже сложных видов загрязнений спецодежды, при которых бессмысленна стирка.

Развитие доступных услуг специализированной службы доставки позволяет не задумываться о расстоянии между основными производствами и организациями, занимающимися ремонтом и чисткой спецодежды. При этом у организации появится дополнительный источник экономии расходов, исчезнут многие проблемы и организационные неувязки.

Работодатель имеет право предложить каждому сотруднику два экземпляра аналогичной спецодежды, соответственно вдвое увеличив срок ее использования. В этом случае представляется возможным составить график стирки (чистки) изделий. В качестве альтернативного варианта предусматривается чистка спецодежды во внерабочее время.

При ежедневном цикле чистки спецодежды время выполнения работ не должно превышать длительности обычной рабочей смены. В выходные дни проводится стирка спецодежды, если предусмотрена еженедельная периодичность обновления чистых комплектов, при ином графике должна быть обеспечена сменная одежда. Выдать работнику чужую спецодежду можно только в случае вынужденной производственной необходимости и при условии, что комплект спецодежды прошел все стадии чистки и обезвреживания.

Спецодежда одновременно является инструментом имиджевой политики любого предприятия, его «визитной карточкой»: внешний вид персонала заявляет обществу о социальной ответственности компании, повышает самооценку сотрудников и кадровую привлекательность предприятия, положительно сказывается на организационном микроклимате [12], а также влияет на улучшение репутации предприятия на рынке.

Необходимо отметить в данном контексте, что обстановка, в которой работают люди, характеризуется рядом общих для всех организаций факторов, таких как: структура организации; руководящий аппарат и его эффективность; мотивация персонала; межличностные отношения и др. Эти и другие факторы относятся к категориям «организационная культура» и «микроклимат организации» [13, 9]. Следует создать такую организационную культуру, чтобы отношение к безопасному труду и соблюдение всех норм безопасности считалось необходимым на всех уровнях – от руководства до рядовых рабочих [7]. Необходимо уметь оценивать последствия и экономические издержки предприятий из-за неблагоприятных условий труда, которые могут быть весьма значительными [11, 14].

Заключение

От качества спецодежды напрямую зависит уровень защиты организма человека от воздействия всевозможных неблагоприятных факторов, несущих угрозу здоровью. Надежная защита работников с помощью спецодежды может быть достигнута только при условии её правильного выбора, применения и ухода в зависимости от конкретных производственных условий. Правильная чистка и стирка рабочей одежды – это залог того, что одежда сохранит и защитные свойства, и внешний вид.

Чтобы обеспечить практически полную очистку рабочей одежды от загрязнений различной природы, следует комбинировать технологии ухода. Благодаря этому можно организовать правильный уход за одеждой, предназначенной для защиты от общих произ-

водственных загрязнений, и за одеждой специального назначения, изготовленной из тканей с различными пропитками.

Список литературы

1. Бароян Н. С., Томаков В. И. Методы ухода за рабочей одеждой // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции (12 мая 2016 года) / Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2016. – Ч. 2. – С. 26–31.

2. Котова А. К., Молокоедова И. В., Томаков М. В. Проблемы и правила ухода за спецодеждой // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции (12 мая 2016 года) / Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2016. – Ч. 2. – С. 94–99.

3. НПО «СпецОдежда» [Электронный ресурс]. – URL: http://rodspec.ru/tkani-i-furnitura/periodichnost-himchistki-i-stirki-specodezhdy.html (дата обращения: 20.11.2016).

4. Озонирование – дезинфекция как дополнительная услуга в химчистке и не только [Электронный ресурс]. – URL: http://ozonesystems.com.ua (дата обращения: 06.11.2016).

5. Уход за спецодеждой как необходимый элемент гигиены труда в строительстве / М. В. Томаков, В. И. Томаков, Д. В. Бокинов [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2013. – № 1 (46). – С. 129–135.

6. Ухудшение гигиенических свойств спецодежды работников строительной промышленности и строительства в результате загрязнения пылью / М В. Томаков, В. И. Томаков, Д. В. Бокинов [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 3 (42), ч. 1. – С. 119–125.

7. Томаков М. В., Томаков В. И., Казакова Ю. М. Тенденции, причины производственного травматизма и мероприятия по улучшению охраны труда и управления персоналом организаций // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: материалы VII Международной научно-практической конференции / Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2015. – С. 314–319.

8. Санитарно-бытовое обслуживание, организация труда и отдыха работников на строительных площадках / М. В. Томаков, В. И. Томаков, Р. И. Сафронов [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2014. – № 3 (54). – С. 69–76.

9. Томакова И. А., Томаков М. В. Особенности организационной культуры малых предприятий строительства в аспекте охраны труда // Российская наука и образование сегодня: проблемы и перспективы. – 2015. – № 4 (7). – С. 224–228.

10. Томакова И. А., Почечун П. И., Томаков М. В. Экономика и социология труда. – Курск, 2016. – 137 с.

11. Томакова И. А., Томаков В. И. О финансовом обеспечении превентивных мер по предупреждению профессиональных заболеваний и производственного травматизма // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2016. – № 1 (18). – С. 69–78.

12. Томакова И. А., Томаков В. И. Состояние условий труда, профессиональные заболевания и производственный травматизм в экономике Российской Федерации // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2016. – № 2 (19). – С. 95–107.

13. Томакова И. А., Томаков М. В. Организационный микроклимат как фактор, влияющий на безопасность труда // Актуальные проблемы социально-гуманитарного и научно-технического знания. – 2016. – № 1 (6). – С. 18–22.

14. Томакова И. А., Томаков М. В. Проблемы оценки социально-экономических последствий неблагоприятных условий труда и производственного травматизма // Российская наука и образование сегодня: проблемы и перспективы. – 2015. – № 1 (4). – С. 40–43.

15. Шенцева Д. О., Томакова И. А. Корпоративный имидж как современный способ повышения продаж компании // Тренды развития современного общества: управленческие, правовые, экономические и социальные аспекты: сборник научных статей 5-й Международной научно-практической конференции. – Курск, 2015. – С. 158–162.

Получено 27.02.17

I. A. Tomakova, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tomakova@rambler.ru)

M. V. Tomakov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tomakovmv@rambler.ru)

RULES FOR THE CARE OF WORK CLOTHES IN ORDER TO PRESERVE THE BASIC PROTECTIVE FUNCTIONS

The article discusses the rules and methods of care for work clothes with the aim of maintaining the necessary protective functions. To extend the life of your workwear, you need to choose the right methods and equipment. The quality of cleaning of special clothing depends on technological processes, individual professional detergents and processing methods. Clothing should be cleaned in specialized laundries and dry cleaners. To ensure practically complete cleaning of working clothes from different kinds of pollution, we should combine the technology of cleaning (washing). This is the only way to provide proper care for clothing of any material.

The article touches upon the problem of the relationship of management and workers to the issue of caring for clothing. You need to create an organizational culture in which safety attitude and compliance with the hygienic safety standards is a necessity for each employee. This attitude of workers to safety can be achieved if the user will show a serious attitude towards work in the company, and each division Manager will support by example a high level of organizational culture.

Key words: *work safety, clothing, purification from pollution, cleaning methods.*

References

1. Baroyan N. S., Tomakov V. I. Metody uhoda za rabochej odezhdoj // Aktual'nye problemy ehkologii i ohrany truda: sbornik statej VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (12 maya 2016 goda) / Yugo-Zap. gos. un-t. – Kursk, 2016. – Ch. 2. – S. 26–31.

2. Kotova A. K., Molokoedova I. V., Tomakov M. V. Problemy i pravila uhoda za specodezhdoj // Aktual'nye problemy ehkologii i ohrany truda: sbornik statej VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (12 maya 2016 goda) / Yugo-Zap. gos. un-t. – Kursk, 2016. – Ch. 2. – S. 94–99.

3. NPO «SpecOdezhda» [Ehlektronnyj resurs]. – URL: http://rodspec.ru/tkani-i-furnitura/periodichnost-himchistki-i-stirki-specodezhdy.html (data obrashcheniya: 20.11.2016).

4. Ozonirovanie – dezinfekciya kak dopolnitel'naya usluga v himchistke i ne tol'ko [Ehlektronnyj resurs]. – URL: http://ozonesystems.com.ua (data obrashcheniya: 06.11.2016).

5. Uhod za specodezhdoj kak neobhodimyj ehlement gigieny truda v stroitel'stve / M. V. Tomakov, V. I. Tomakov, D. V. Bokinov [i dr.] // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – № 1 (46). – S. 129–135.

6. Uhudshenie gigienicheskih svojstv specodezhdy rabotnikov stroitel'noj promyshlennosti i stroitel'stva v rezul'tate zagryazneniya pyl'yu / M V. Tomakov, V. I. Tomakov, D. V. Bokinov [i dr.] // Izvestiya Yugo-Zapad-nogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – № 3 (42), ch. 1. – S. 119–125.

7. Tomakov M. V., Tomakov V. I., Kazakova Yu. M. Tendencii, prichiny proizvodstvennogo travmatizma i meropriyatiya po uluchsheniyu ohrany truda i upravleniya personalom organizacij // Aktual'nye problemy ehkologii i ohrany truda: materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii / Yugo-Zap. gos. un-t. – Kursk, 2015. – S. 314–319.

8. Sanitarno-bytovoe obsluzhivanie, organizaciya truda i otdyha rabotnikov na stroitel'nyh ploshchadkah / M. V. Tomakov, V. I. Tomakov, R. I. Safronov [i dr.] // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2014. – №3 (54). – S. 69–76.

9. Tomakova I. A., Tomakov M. V. Osobennosti organizacionnoj kul'tury malyh predpriyatij stroitel'stva v aspekte ohrany truda // Rossijskaya nauka i obrazovanie segodnya: problemy i perspektivy. – 2015. – № 4 (7). – S. 224–228.

10. Tomakova I. A., Pochechun P. I., Tomakov M. V. Ehkonomika i sociologiya truda. – Kursk, 2016. – 137 s.

11. Tomakova I. A., Tomakov V. I. O finansovom obespechenii preventivnyh mer po preduprezhdeniyu professional'nyh zabolevanij i proizvodstvennogo travmatizma // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii. – 2016. – № 1 (18). – S. 69–78.

12. Tomakova I. A., Tomakov V. I. Sostoyanie uslovij truda, professio-nal'nye zabolevaniya i proizvodstvennyj travmatizm v ehkonomike Rossijskoj federacii // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii. – 2016. – № 2 (19). – S. 95–107.

13. Tomakova I. A., Tomakov M. V. Organizacionnyj mikroklimat kak faktor, vliyayushchij na bezopasnost' truda // Aktual'nye problemy social'no-gumanitarnogo i nauchno-tekhnicheskogo znaniya. – 2016. – № 1 (6). – S. 18–22.

14. Tomakova I. A., Tomakov M. V. Problemy ocenki social'no-ehkonomicheskih posledstvij neblagopriyatnyh uslovij truda i proizvodstvennogo travmatizma // Rossijskaya nauka i obrazovanie segodnya: problemy i perspektivy. – 2015. – № 1 (4). – S. 40–43.

15. Shenceva D. O., Tomakova I. A. Korporativnyj imidzh kak sovremennyj sposob povysheniya prodazh kompanii // Trendy razvitiya sovremennogo obshchestva: upravlencheskie, pravovye, ehkonomicheskie i social'nye aspekty: sbornik nauchnyh statej 5-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Kursk, 2015. – S. 158–162.

УДК 504.5

В. М. Попов, канд. техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (email: aleksebarkov@yandex.ru)

А. В. Чугуева, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: anna9561@mail.ru)

А. Н. Барков, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (email: aleksebarkov@yandex.ru)

В. В. Протасов, канд. хим. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (email: aleksebarkov@yandex.ru)

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ РИСКОМ ПОСРЕДСТВОМ КОНТРОЛЯ И УСТРАНЕНИЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИТУАЦИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДАХ

Рассмотрена проблема управления экологическим риском на магистральных нефтепроводах. Проведен анализ результатов технических расследований аварий, который показывает, что основной причиной возникновения аварий явилось воздействие внутренних опасных факторов. Рассмотрены типы анализов риска, сформулированные в настоящее время и имеющие непосредственное отношение к экологическим рискам, под которыми следует понимать совокупность рисков, угрожающих здоровью и жизни людей, и рисков угрозы состоянию среды обитания. Показано, что сведение к минимуму вредного воздействия магистральных нефтепроводов на окружающую среду возможно и целесообразно в рамках функционирования системы управления охраной труда и промышленной безопасностью магистральных нефтепроводов.

Рассмотрены возможные мероприятия для сведения к минимуму вредного воздействия магистральных нефтепроводов на окружающую среду. Показана необходимость разработки модели контроля и управления экологическим риском на магистральных нефтепроводах, учитывающей закономерности формирования и развития опасных производственных ситуаций, применение которой обеспечит снижение риска до приемлемого уровня и как результат повышение экологической безопасности на магистральных нефтепроводах путем управления экологическим риском.

Ключевые слова: *риск, экологический риск, управление экологическим риском, анализ, метод, алгоритм, система, контроль, магистральные нефтепроводы.*

***

В последней трети XX века человечество вступило в новую фазу своего развития, которую следует называть обществом риска. Общество риска – это постиндустриальная формация. От индустриального общества оно отличается главным образом тем, что если для индустриального общества характерно распределение благ, то для общества риска – распределение опасностей и обусловленных ими рисков.

Опасности, проявляющиеся в обществе риска, принципиально отличаются от прежних тем, что они не имеют границ ни в пространстве, ни во времени. Для этих опасностей не существует государственных границ. Отсутствие границ во времени означает, что экологический риск распространяется на будущие поколения людей.

Под управлением риском понимается процесс рационального распределения затрат на снижение различных видов риска, обеспечивающий достижение такого уровня безопасности населения и природной среды, какой только достижим в существующих в данном обществе экономических и социальных условиях. Таким образом, задачей работы является разработка новых методов и алгоритмов управления экологическими рисками на маги-

стральных нефтепроводах. Приоритетным направлением исследований является повышение уровня безопасности магистральных нефтепроводов на основе средств снижения уровня экологического риска.

В процессе деятельности промышленных предприятий данной отрасли возникает необходимость в запланированных или непредвиденных сбросах нефтепродуктов, что неизбежно наносит ущерб окружающей среде и значительно увеличивает вероятность реализации экологических рисков. Наиболее серьезное влияние на экологическую ситуацию оказывают разливы нефти при авариях нефтепроводов.

Устранить эту ситуацию можно и целесообразно в рамках функционирования системы управления экологической безопасностью магистральных трубопроводов. На сегодняшний день управление экологической безопасностью нацелено на контроль за соблюдением требований безопасности. Этого явно недостаточно для снижения экологического риска: практика работающих предприятий показывает, что контроль за соблюдением требований безопасности не гарантирует снижения риска возникновения аварий [1].

Магистральный трубопроводный транспорт – важнейшее стратегическое звено, обеспечивающее экспорт российских энергоносителей. К нему приковано пристальное внимание и в России, и за рубежом.

На территории нашей страны в настоящее время расположены более 1,5 тыс. нефтебаз и хранилищ нефтепродуктов, работают более 50 нефтеперерабатывающих заводов, эксплуатируют около 140 тыс. скважин. Утечки нефти и нефтепродуктов в таких масштабах неизбежны. Ежегодно в России происходит не менее 1000 разливов нефти, каждый из которых наносит непоправимый ущерб окружающей среде. При этом большинство из них скрывают и замалчивают.

Между тем число аварий продолжает расти, как и площадь загрязненных акваторий. Например, в апреле 2014 г. из-за аварии на объекте ЗАО «Газпром нефть Оренбург» оказались загрязнены земли сельскохозяйственного назначения. В октябре 2013 г. на нефтепроводе ОАО «АК Транснефть» произошла крупная авария, в результате которой загрязненной оказалась территория площадью почти 1 км^2. Из-за порывов были крупные разливы нефти на участках Барсуковского и Тарасовского месторождений в Ямало-Ненецком округе, при этом общая площадь загрязнения земельных участков лесного фонда составила почти 9 тыс. м^2, а ущерб от повреждения почвы – более 3 млн руб. [2].

По данным Ростехнадзора [3], в 2015 на опасных производственных объектах (ОПО) нефтегазодобычи произошло 17 аварий, что на одну аварию меньше, чем в 2014 г.

Магистральные нефтепроводы являются сложными техническими объектами, к которым предъявляются повышенное внимание и требования по надежности и безопасности. В последние годы количество прорывов нефтепроводов не уменьшается. Так, согласно данным Ростехнадзора, ежегодно на магистральных трубопроводах происходит не один десяток аварий (рис.) [3].

Рис. Динамика аварийности и производственного травматизма за 2010–2015 гг. на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта

Основываясь на проведенном анализе публикуемой информации, можно утверждать, что в 2015 г. количество аварий на трубопроводном транспорте превысило показатели 2014 г.

Анализ результатов технических расследований аварий показывает, что основными причинами возникновения аварий явилось воздействие внутренних опасных факторов, связанных с физическим износом, коррозией металла и растрескиванием тела трубы под напряжением.

В результате этого происходят следующие процессы:

– выбросы продукта, его мгновенное или постепенное испарение;

– дисперсия газа с нейтральной или положительной плавучестью;

– дисперсия тяжелого газа;

– пожары (пожары луж, струевое и шаровое пламя, вспышечные пожары);

– взрывы (парового облака в свободном пространстве, ограниченные, физические, пылевые, конденсированные фазы);

– детонации;

– разлет осколков;

– воздушные сейсмические волны.

Процедура анализа риска аварийных ситуаций, являющаяся ключевым элементом управления экологической безопасностью, представляет собой основу для принятия решений по предупреждению аварий и ликвидации их последствий на опасных производственных объектах, в том числе на объектах нефтетранспортной системы [4].

Результаты анализа причин аварий, происходящих на магистральных нефтепроводах, показывают, что подавляющее их большинство происходит вследствие выполнения работ в потенциально опасных ситуациях, возникающих в экологической среде.

Для устранения причин экологических аварий необходимо проводить организационно-технические мероприятия. Наряду с обеспечением соблюдения требований экологической безопасности на магистральных нефтепроводах необходимо вести активную работу по совершенствованию методов и способов обеспечения экологической без-

опасности с помощью методов контроля и управления экологическим риском на магистральных нефтепроводах [7].

Власта Молак полагает, что к настоящему времени сформировались шесть типов анализа риска [5], они обладают следующими особенностями.

Анализ химического риска охватывает риски, вызываемые неканцерогенными химическими веществами. Характерная черта химических рисков состоит в том, что они проявляются лишь в тех случаях, когда доза токсиканта превзойдет определенную величину, называемую пороговой. Цель этого анализа – найти значения предельно допустимых концентраций токсических веществ в воде, воздухе и почвах, для чего служат эксперименты, проводимые на животных.

Анализ канцерогенного риска рассматривается отдельно от других типов в силу важности и необходимости частого использования. Развитие злокачественных образований (раковых опухолей) может быть вызвано химическими веществами (канцерогенами) или ионизирующими излучениями. Канцерогенное действие ионизирующих излучений считается беспороговым. Анализ канцерогенных рисков основан на использовании вероятностно-статистических представлений.

Эпидемиологический анализ риска призван установить корреляции (статистические зависимости) и причинные связи между свойствами источников риска и количеством индуцированных заболеваний. Этот тип анализа выполняется, как правило, при исследовании профзаболеваний людей, но из-за нехватки данных допускает экстраполяцию результатов, получаемых в процессе опытов с животными.

Вероятностный анализ риска предназначен для того, чтобы обеспечить безопасность сложных и потенциально опасных технологических процессов, прежде исторически первым типом анализа риска, после проведенных в США сложных расчетов вероятностей всевозможных аварий на реакторах атомных электростанций. Важная особенность этого типа анализа заключается в использовании так называемого метода деревьев, учитывающего все возможные отказы оборудования, технологических узлов и крупных блоков, причем каждый отказ характеризуется собственной вероятностью. Это позволяет не только рассчитать вероятности сложных событий, но и оценить их конкретные последствия (например, выброс в атмосферу определенного токсиканта или радионуклида).

В сферу апостериорного анализа риска входят как природные катастрофы (землетрясения, наводнения, оползни и т. д.), так и сопряженная с опасностью деятельность людей (аварии на транспорте, острые отравления пестицидами, заболевания раком в результате курения и т. п.).

Термин «апостериорный» означает, что данный тип анализа использует результаты статистической обработки проявлений опасных событий и процессов в прошлом.

Качественный анализ риска приходится использовать в тех случаях, когда количественное рассмотрение опасного события или процесса оказывается практически невозможным. Например, очень трудно оценить количественным образом риски, обусловленные кислот-

ными дождями или глобальным изменением климата.

Все перечисленные виды анализа риска имеют непосредственное отношение к экологическим рискам, под которыми следует понимать совокупность рисков, угрожающих здоровью и жизни людей, и рисков угрозы состоянию среды обитания.

Для процессов управления экологическим риском важное значение имеют результаты исследования его восприятия. Выявленные приоритеты в обеспокоенности общества состоянием окружающей среды должны быть учтены при подготовке необходимых экологических мероприятий.

Предотвращение риска или его снижение должно принимать во внимание не только количественные, но и качественные характеристики риска, которые обусловлены различными факторами и механизмами восприятия риска. Данные по исследованию восприятия риска существенны для адекватной коммуникации риска, поэтому вовлеченные в процесс управления риском менеджеры должны быть заинтересованы в расширении использования таких данных.

С целью предотвращения или уменьшения риска разрабатываются многочисленные и разнообразные документы, сферы действия которых могут ограничиваться каким-нибудь одним предприятием, а могут распространяться и на всю страну. К таким документам относятся законодательные акты и нормативы, направленные на охрану здоровья, улучшение условий труда, снижение загрязнения среды обитания, обеспечение безопасности на дорогах, стандартизацию качества продаваемых товаров и т.д. Всем известная надпись на сигаретных пачках «Минздрав предупреждает: курение опасно для вашего здоровья» представляет собой пример простейшей меры по снижению риска.

В последние годы определилась тенденция регулировать экологический риск законодательным путем, причем на самых высоких уровнях. Необходимо, чтобы все будущие законодательные акты в области здравоохранения и экологической безопасности основывались на таких научных данных, которые, во-первых, содержат оценки соответствующих рисков, и в которых, во-вторых, сочетаются эффективные меры снижения рисков с лежащими в разумных пределах затратами [6, 7].

Оценка экологического риска последствий решений, принимаемых в сфере нового строительства магистральных нефтепроводов, приобретает все большее значение в связи с повышением требований экологического законодательства.

Обеспечение экологической безопасности магистральных нефтепроводов базируется на экологическом мониторинге и контроле. Общая цель экологического контроля может быть определена как обеспечение соблюдения действующих природоохранных и ресурсосберегающих правил, требований и норм на всех этапах строительства и производства. Экологический контроль должен быть многосторонним и не исключать ни одной сферы деятельности человека, влияющей на состояние окружающей среды.

В одних случаях объектом контроля являются вредные техногенные воздействия на природную среду. При этом определяются количественные характеристики механических, тепловых,

химических и других воздействий. Полученные результаты сравнивают с предельно допустимыми значениями. В других случаях объектом контроля является природная среда, подверженная вредным воздействиям. При этом определяет качество компонентов и комплексов природной среды с целью выявления состава и концентрации вредных веществ.

Для сведения к минимуму вредного воздействия магистральных нефтепроводов на окружающую среду предусматриваются следующие мероприятия:

• рациональное размещение сооружений и открытых площадок с оборудованием с минимальным отводом земель в постоянное пользование;

• организация производственных баз и других объектов в соответствии с требованиями охраны окружающей природной среды;

• жесткий контроль работы оборудования и техники с целью снижения сбросов и выбросов загрязняющих веществ;

• использование новейших технических решений и современного оборудования для оснащения вновь проектируемых нефтепроводов;

• организация природоохранного мониторинга.

Устранить эту ситуацию возможно и целесообразно в рамках функционирования системы управления охраной труда и промышленной безопасности магистральных нефтепроводов. Целью этой системы является контроль за соблюдением требований безопасности, что абсолютно недостаточно в настоящее время для снижения экологического риска до приемлемого уровня. Необходимо контролировать не только нарушения требований безопасности, но и опасные производственные ситуации, возникающие и развивающиеся в процессе транспортировки нефтепродуктов и представляющих собой системную причину отклонений от требований безопасности [8, 9].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что необходимо разработать такую модель контроля и управления экологическим риском на магистральных нефтепроводах, которая учитывала бы закономерности формирования и развития опасных производственных ситуаций. Применение её обеспечит снижение риска до приемлемого уровня и как результат повышение промышленной безопасности на магистральных нефтепроводах путем управления экологическим риском.

Список литературы

1. Лисовский В. В. Управление производственными рисками посредством контроля и устранения опасных производственных ситуаций на угледобывающем предприятии // Безопасность труда в промышленности. – 2016. – № 2. – С. 67–72.

2. Обеспечение экологической безопасности при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов// Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 2. – С. 66–69.

3. Материалы ежегодных отчетов о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за 2015 г. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/.

4. Савицкий Р. В., Блохина О. Л. Рассмотрение алгоритмов определения ожидаемой частоты возникновения аварийных ситуаций и сценариев их разви-

тия на магистральных нефтепроводах// Горный информационно-аналитический бюллетень: научно-технический журнал. – 2011. – № 52. – С. 134–139.

5. Molak V. Introduction and Overview // Fundamentals of Risk Analysis and Risk Management. – Boca Raton, 1997. – P. 1–10.

6. Kunreuther H., Slovic P. Science, Values, and Risk // Challenges in Risk Assessment and Management. Thousand Oaks. – London, 1996. – P. 116–125.

7. Попов В. М., Протасов В. В., Чугуева А. В. Об оценке экологического риска // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2012. – № 2, ч. 3. – С. 313–317.

8. Попов В. М., Чугуева А. В., Барков А. Н. Проблемы оценок экологического риска // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2016. – № 1(18). – С. 63–69.

9. Мальцева В. С., Юшин В. В. Анализ экологической ситуации в городе Курске // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2014. – № 1. – С. 105–113.

Получено 14.02.17

V. M. Popov, Candidate of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)

A. V. Chugueva, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: anna9561@mail.ru)

A. N. Barkov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: aleksebarkov@yandex.ru)

V. V. Protasov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (email: aleksebarkov@yandex.ru)

MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL RISK THROUGH CONTROL AND ELIMINATION OF HAZARDOUS PRODUCTION SITUATIONS ON THE MAIN PIPELINES

The problem of control of environmental risk on trunk oil pipelines is considered. The analysis of results of technical investigations of accidents which shows that influence of internal dangerous factors was basic reasons of origin of accidents is carried out. The risk analysis types formulated now directly related to environmental risks as which it is necessary to understand set of the risks threatening health and life of people, and risks of threat to a habitat status are considered. It is shown that minimizing of harmful effects of trunk oil pipelines on the environment is possible and expedient within functioning of management system labor protection and industrial safety of trunk oil pipelines. Possible actions for minimizing of harmful effects of trunk oil pipelines on the environment are considered. Need of development of the model of monitoring and control of environmental risk on trunk oil pipelines considering regularities of formation and development of dangerous production situations which application will provide lowering of risk to the acceptable level and as result increase in ecological safety on trunk oil pipelines by control of environmental risk is shown.

Key words: *risk, environmental risk, control of environmental risk, analysis, method, algorithm, system, monitoring, trunk oil pipelines.*

References

1. Lisovsky V. V. Management of industrial hazards by means of control and elimination of dangerous production situations in the coal-mining entity//Labor safety in the industry. – 2016. – No 2. – P. 67–72.

2. Providing an ecological safety in case of liquidation of oil spills and oil products//Labor safety in the industry. – 2015. – No 2. – P. 66–69.

3. Materials of annual activities reports of Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision for 2015 [Electronic resource]. – URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/.

4. Savitsky R. V., Blochina O. L. Consideration of algorithms of determination of the expected frequency of emergence of emergencies and scenarios of their development on trunk oil pipelines // the Mountain information and analytical bulletin (the scientific and technical magazine). – 2011. – No 52. – P. 134–139.

5. Molak V. Introduction and Overview // Fundamentals of Risk Analysis and Risk Management. – Boca Raton, 1997. – P. 1–10.

6. Kunreuther H., Slovic P. Science, Values, and Risk // Challenges in Risk Assessment and Management. Thousand Oaks. – London, 1996. – P. 116–125.

7. Popov V. M., Protasov V. V., Chugueva A. V. About assessment of environmental risk // Proceedings of the Southwest State University. Series: Technics and Technologies. – 2012. – No 2, part 3. – P. 313–317.

8. Popov V. M., Chugueva A. V., Barkov A. N. Problems of estimates of environmental risk // Proceedings of the Southwest State University. Series: Technics and Technologies. – 2016. – No 1 (18). – P. 63–69.

9. Maltseva V. S., Yushin V. V. The analysis of an ecological situation in the city of Kursk // Proceedings of the Southwest State University. Series: Technics and Technologies. – 2014. – No 1. – P. 105–113.

УДК 625.435.004

Н. С. Кобелев, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

В. Н. Кобелев, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

С. В. Катунин, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

В. И. Зенченков, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

В. А. Жмакин, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail:tgv-kstu6@yandex.ru)

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

В статье предложено инновационное решение по экологически безопасной работе устройства по производству гранулированного удобрения для сельского хозяйства, широко используемого как в Российской Федерации, так и в ближнем и дальнем зарубежье. В связи с тем, что расположение сырья для гранулирования удобрений находится вдали от источников электрической энергии, авторами предложено конструктивное решение. На основании проводимой на кафедре «Теплоснабжение» научно-исследовательской работы в рамках стратегического развития вуза предложено техническое устройство для гранулирования удобрений, обеспечивающее экологически чистое производство со снижением затрат электрической энергии, обладающее высокой мобильностью и практической независимостью от стационарных источников электропитания. Предлагаемое конструктивное решение не только обеспечивает экологически чистое производство готового продукта, но и не требует дополнительных затрат электрической энергии для дежурного освещения или схем автоматизации и контроля, что снижает энергоемкость и, соответственно, стоимость готового продукта.

Известно, что при производстве значительных объемов удобрений для сельского хозяйства из отходов, например дефеката сахарных заводов или смеси дефеката и чернозема, смываемого с корнеплодов свеклы, возникает проблема экологической безопасности, а также снижение энергозатрат на процесс гранулирвания удобрения. Следовательно, не требуется дополнительных затрат электрической энергии для дежурного освещения и схем автоматизации и контроля, что снижает энергоемкость и стоимость готового продукта.

Представленная конструкция технического решения защищена патентом Российской Федерации.

Ключевые слова: *экологическая безопасность, гранулирование удобрений, термогенератор, энергосбережение.*

***

Принятие Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении экологической безопасности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» потребовало решения проблемы снижения энергетических затрат на производство удобрений для сельского хозяйства и транспортирование, а также использование тепло- и энергоресурсов, в том числе и в строительной отрасли.

В связи с производством значительных объемов удобрений для сельского хозяйства из отходов, например дефеката сахарных заводов или смеси дефеката и чернозема, смываемого с корнеплодов свеклы, возникает проблема снижения энергозатрат на процесс гранулирования удобрения.

Авторами по итогам научно-исследовательской работы в рамках стратегического развития вуза предложено техническое устройство для гранулирования удобрений. Данное устройство, обеспечивающее экологически чистое производство удобрений со снижением затрат электрической энергии, обладает высокой мобильностью и практической независимостью от стационарных источников электропитания.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема устройства, на рисунке 2 – разрез решетки классификатора.

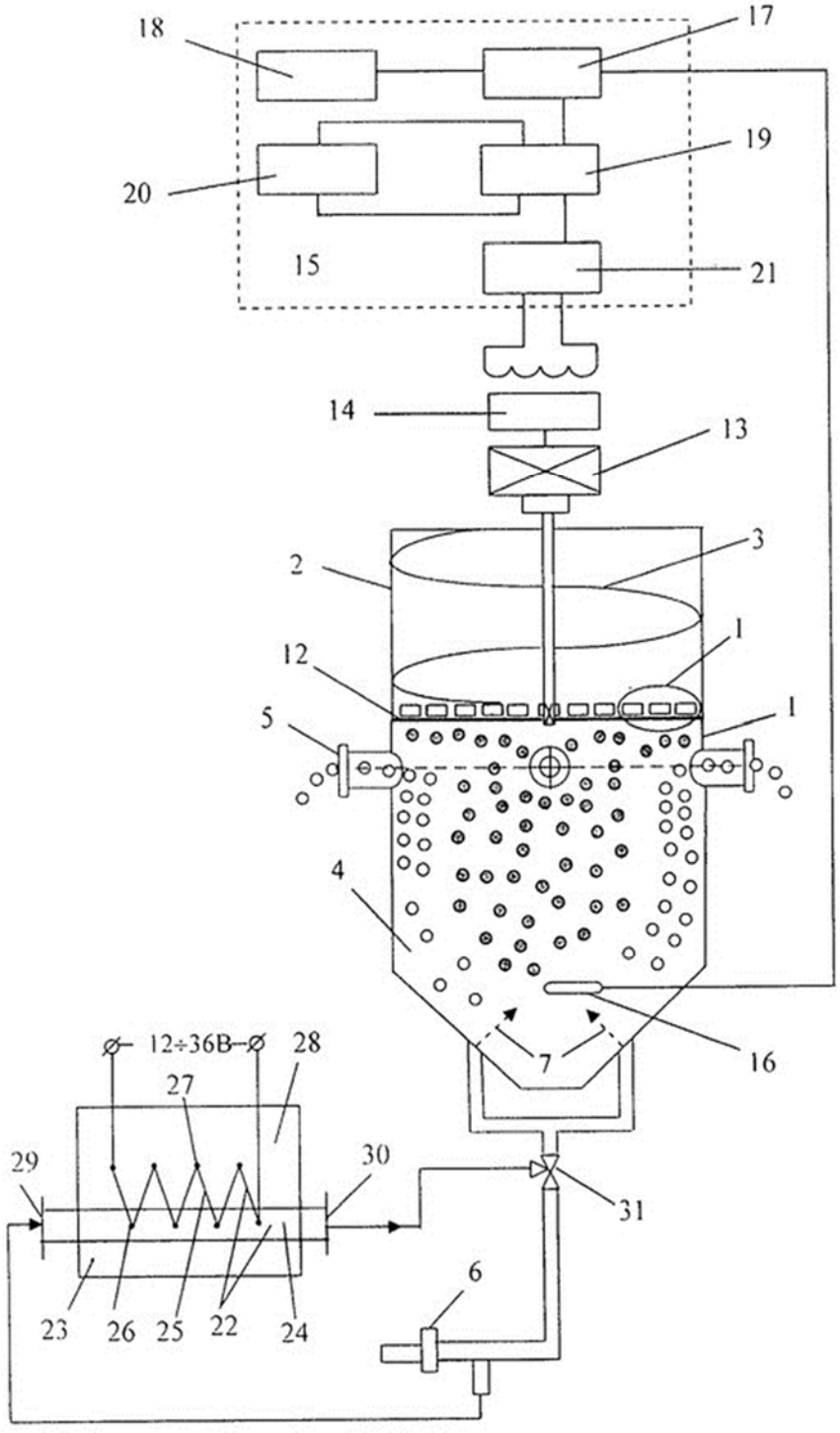


Рис. 1. Принципиальная схема устройства для гранулирования удобрений

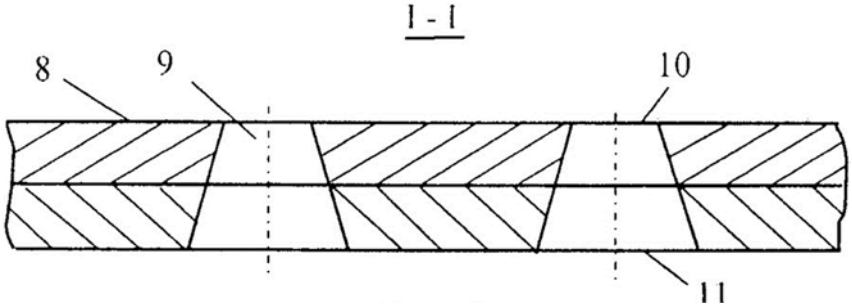


Рис. 2. Разрез решетки классификатора

Устройство состоит из цилиндрической емкости 1, содержащей загрузочную камеру 2 со шнеком 3, камеру для сушки гранул 4 со штуцерами 5 вывода готового продукта и штуцером 6 для подвода теплоносителя; форсунок 7, тангенциально расположенных в нижней части камеры сушки гранул 4 и соединенных со штуцером 6 подвода теплоносителя; классификатора в виде съемных решеток из биметалла 8 с отверстиями 9, выполненными в виде усеченного конуса с меньшим основанием 10 и большим основанием 11, и с расположенным под ним плоским ножом 12 с приводом 13 вращения.

Классификатор делит емкость 1 на камеры 2 и 4. Привод 13 вращения снабжен регулятором скорости 14 в виде блока порошковых электромагнитных муфт и регулятором 15 давления с датчиком 16 давления, при этом регулятор давления 15 содержит блок сравнения 17 и блок задания 18. Причем блок сравнения 17 соединен с входом электронного усилителя 19, оборудованного блоком нелинейной обратной связи 20, а выход электронного усилителя 19 соединен с входом магнитного усилителя 21 с выпрямителем, который на выходе подключен к регулятору скорости 14 в виде блока порошковых электромагнитных муфт привода 13 вращения плоского ножа 12. При этом датчик 16 давления расположен перед форсунками 7 в камере.

Между штуцером 6 для подвода теплоносителя и форсунками 7 расположен термоэлектрический генератор 22, выполненный в виде корпуса 23 с проходным каналом 24 для теплоносителя и комплектом дифференциальных термопар 25. «Горячие» концы 26 дифференциальных термопар 25 расположены внутри проходного канала 24 для теплоносителя, а их «холодные» концы 27 укреплены на поверхности 28 корпуса 23 термоэлектрического генератора 22. Вход 29 проходного канала 24 для теплоносителя термоэлектрического генератора 22 соединен со штуцером 6 для подвода теплоносителя, а его выход 30 соединен через трехходовой клапан 31 с форсунками 7.

Устройство работает следующим образом.

Одна часть теплоносителя с температурой свыше 100°С [1], необходимой для сушки удобрений, поступает через штуцер 6 на вход 29 проходного канала 24 для теплоносителя корпуса 23 термоэлектрического генератора 22, где контактирует с «горячими» концами 26 дифференциальных термопар 25, после чего через выход 30 направляется к трехходовому клапану 31 для смешивания со второй частью теплоносителя, разделенного после штуцера 6.

В результате контакта теплоносителя с «горячими» концами 26 комплекта дифференциальных термопар 25, а «холодных» концов 27 – с воздухом помещения с температурой от 15 до 20°С [2], т.к. они расположены на поверхности 28 корпуса 23, на каждом элементе комплекта дифференциальных термопар 25 при использовании в качестве термопар, например, хромель-копеля возникает термоЭДС до 6,96 мВ [3].

Это позволяет получить напряжение на выходе термоэлектрического генератора 22 в пределах 12-36 В [4], что вполне достаточно для дежурного освещения помещения, в котором размещено устройство для гранулирования удобрений, и/или питания схем автоматизации и контроля процесса гранулирования удобрений. Следовательно, не требуется дополнительных затрат электрической энергии для дежурного освещения и/или схем автоматизации и контроля, что снижает энергоемкость и, соответственно, стоимость готового продукта.

Вторая часть теплоносителя, разделенного после штуцера 6, поступает к трехходовому клапану 31, где смешивается с первой частью теплоносителя, поступающего из выхода 30 проходного канала 24, и далее к форсункам 7 и в камеру сушки гранул 4. В камере сушки гранул 4 смешанный поток теплоносителя закручивается под действием избыточного давления, образуя вращающийся горячий газовый поток, величина подъемной силы которого определяется размером гранул, продавливаемых через решетку [5].

Качество сушки в камере сушки гранул 4 характеризуется длительностью витания гранул под воздействием избыточного давления вращающегося горячего газового потока теплоносителя [6], регулируемого регулятором давления 15, соединенного с датчиком давления 16.

1. При изменении размеров гранул, например уменьшении их, сокращается необходимая величина подъемной силы вращающегося горячего газового потока для обеспечения качественной сушки, т. е. длительности витания гранул в камере сушки гранул 4 до удаления через штуцеры 5 вывода готового продукта, что соответствует снижению давления теплоносителя, регистрируемого датчиком давления 16. При этом сигнал, поступающий с датчика давления 16, становится меньше, чем сигнал блока задания 18, и на выходе блока сравнения 17 появится сигнал положительной полярности, который поступает на вход электронного усилителя 19 одновременно с сигналом от блока отрицательной обратной связи 20.

В результате в электронном усилителе 19 компенсируется нелинейность характеристики привода 13 вращения плоского ножа 12. Сигнал с выхода электронного усилителя 19 поступает на вход магнитного усилителя 21, где усиливается по мощности, выпрямляется и поступает на регулятор скорости вращения 14 в виде блока порошковых электромагнитных муфт [7]. Положительная полярность сигнала электронного усилителя 19 вызывает увеличение тока возбуждения на входе магнитного усилителя 21.

В результате повышается момент от привода 13, и при вращении шнека 3 увеличенная масса перемещается к съемным решеткам из биметалла 8 с отверстиями 9, выполненными в виде усеченного конуса. Увеличение количества удобрения, проталкиваемого через отверстия 9 съемных решеток из биме-

талла 8 от меньшего основания 10 к большему основанию 11, приводит к возрастанию размеров гранул [8]. Удобрения, выходящие из большего основания 11 отверстий 9, выполненных в виде усеченного конуса, срезаются плоским ножом 12, перемещающимся практически без зазора по поверхности классификатора.

Полученные гранулы в результате взаимного воздействия подъемной силы вращающегося горячего потока теплоносителя и силы тяжести витают в полости камеры для сушки гранул 4, интенсивно сушатся и, приобретая меньший вес (часть влаги из гранул при контакте с теплоносителем испаряется), перемещаются к периферии вращающегося горячего газового потока и через штуцеры 5 выходят в виде готового продукта [9].

В связи с тем, что температура теплоносителя, контактирующего со съемными решетками из биметалла 8, более высокая, чем температура удобрения, поступающего на гранулирование, наблюдается термовибрация съемных решеток из биметалла 8. В этом случае совместное воздействие как интенсивной турбулизации потока теплоносителя, обусловленной резким изменением направления движения его в камере для сушки гранул 4 и при выходе из штуцеров 5, так и термовибрации съемных решеток из биметалла 8 практически устраняет случайное налипание гранулированного удобрения и на поверхности съемных решеток из биметалла 8 со стороны плоского ножа 12, и на самой поверхности ножа.

2. При увеличении размеров гранул выше нормированных (рассчитанных из соотношения скорости привода 13 вращения или подачи удобрения шнеком 3 к съемных решеткам из биметалла 8 классификатора, и давления теплоносителя, поступающего из форсунок 7) возрастает величина подъемной силы вращающегося горячего газового потока, т. к. возросла тяжесть гранул, а качественная их сушка определяется заданным временем витания в камере для сушки гранул 4. В результате возрастает давление теплоносителя, поступающего из штуцера 6 к форсункам 7, что и регистрируется датчиком давления 16. При этом сигнал, поступающий с датчика давления 16, становится больше, чем сигнал блока задания 18, и на выходе блока сравнения 17 появится сигнал отрицательной полярности, который поступает на вход электронного усилителя 19 одновременно с сигналом от блока отрицательной обратной связи 20.

Сигнал с выхода электронного усилителя 19 поступает на вход магнитного усилителя 21, где усиливается по мощности, выпрямляется и поступает на регулятор скорости вращения 14 в виде блока порошковых электромагнитных муфт. Отрицательная полярность сигнала электронного усилителя 19 вызывает уменьшение тока возбуждения на выходе магнитного усилителя 21. В результате уменьшается момент от привода 13, и при вращении шнека 3 уменьшенная масса удобрений перемещается к съемным решеткам из биметалла 8, соответственно, наблюдается уменьшение размеров гранул с последующим выходом [10] в виде готового продукта через штуцеры 5.

Список литературы

1. Кассен П. В., Гришаев И. Г. Основы техники гранулирования. – М.: Химия, 1982. – 282 с.

2. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. – М.: Стройиздат, 2001.

3. Иванова Г. М. Теплотехнические измерения и приборы. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 230 с.

4. Технические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: справочник / под общ. ред. В. М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1980. – 560 с.

5. Меркулов А. П. Вихревой эффект и его применение в технике. – М.: Машиностроение, 1991. – 386 с.

6. Седов Л. И. Механика сплошной среды. – М.: Наука, 1992. – Т. 2. – 567 с.

7. Кобелев Н. С., Павлова Е. В., Танигина Л. С. Теплотехнические основы автоматизированного контроля тепломассообмена на пористой перегородке очистного сооружения // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 3. – С. 237–241.

8. Мелькумов В. Н., Кузнецов И. С. Математическое моделирование полей концентраций вредных веществ при производстве строительных материалов // Строительство и архитектура: научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – № 1 (29). – С. 99–107.

9. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М.: ОАО «ЦПП», 2008.

10. Пат. 2122067 Российская Федерация, МПК6 Е 02 В15/10. Фильтр для очистки воздуха / Кобелев Н. С., Викторов Г. В., Кобелев А. Н.; заявитель и патентообладатель Курский государственный технический университет. – № 97109786/13; заявл. 11.06.1997; опубл. 20.11.1998, Бюл. 26.

Получено 17.02.17

N. S. Kobelev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

V. N. Kobelev, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tgv-rstub@yandex.ru)

S. V. Katynin, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

V. I. Zenchenkov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

B. A. Zhmakin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: va-zhmakin@yandex.ru)

ENVIRONMENTALLY SAFE PRODUCTION OF ELECTRICAL ENERGY FOR MOBILE DEVICES, AGRICULTURAL PRODUCTION

The paper proposed an innovative solution in a safe and environmentally friendly operation of the device for the production of granulated fertilizers for agriculture that are widely used in the Russian Federation and in the near and far abroad. Due to the fact that the location of raw materials for the granulation of fertilizers is away from sources of electrical energy, the authors proposed a constructive solution. On the basis of the conducted at the Department "Heat" of the scientific research work in the framework of the strategic development of the University proposed a technical device for the granulation of fertilizers, providing organic fertilizer production, reducing costs of electric energy with high mobility and practical independence from stationary power sources. Offer a constructive solution not only ensures environmentally friendly production of the finished product, but does not require additional consumption of electric power for emergency lighting or schemes of automation and control. That reduces energy consumption and therefore the cost of the finished product. It is known that the production of significant quantities of fertilizer for agriculture from waste. For example, defect

sugar factories or mixture of the defect and black soil washed from the beet root, the problem of environmental security and reduction of energy consumption for the process granulirovanija fertilizer. Therefore, does not require additional costs of electric energy for emergency lighting and circuits of automation and control that reduces energy consumption and therefore the cost of the finished product.

The design of the Novelty of technical solutions protected by patents of the Russian Federation.

Key words: *Environmental safety, granulation of fertilizer, thermoelectric, energy saving.*

References

1. Cassin P. V., Grishaev I. G. Basic techniques of granulation. – M.: Chemistry, 1982. – 282 p.

2. SNiP 23-01-99. Building climatology. – M.: Stroyizdat, 2001.

3. Ivanova G. M. Heat engineering measurements and devices. – M.: Energoatomizdat, 1984. – 230 p.

4. Technical basis for heat. Thermotechnical experiment: reference / under the General editorship of V. M. Zorin. – M.: Energoatomizdat, 1980. – 560 p.

5. Merkulov A. P. Vortex effect and its application in engineering. – M.: Mashinostroenie, 1991. – 386 p.

6. Sedov L. I. continuum Mechanics. – M.: Nauka, 1992. – Vol. 2. – 567 p.

7. Kobelev N. S. Pavlova E. V., Tanygin L. S. Thermal fundamentals of automated control of heat and mass transfer on a porous septum treatment plant // Proceedings of Southwest State University. – 2012. – No 3. – P. 237–241.

8. Melkumov, V. N., Kuznetsov I. S. Mathematical modelling of fields of concentrations of harmful substances in the production of building materials // Construction and architecture: Scientific Herald of Voronezh State University of architecture and construction. – 2013. – №1 (29). – P. 99–107.

9. SNiP 23-02-2003. Thermal protection of buildings. – M.: OAO "TSPP", 2008.

10. Pat. 2122067 Russian Federation , IPC6 E-02 B15/10. Filter for air purification / Kobelev N. S., Viktorov G. V., Kobelev A. N.; applicant and patentee of the Kursk State Technical University. – No 97109786/13; Appl. 11.06.1997; publ. 20.11.1998, Bull. 26.

МЕХАНИКА

УДК 621.865.8

С. И. Савин, канд. техн. наук, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mal: sergey89mtkgtu@mail.ru)

Л. Ю. Ворочаева, канд. техн. наук, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mal: mila180888@yandex.ru)

А. В. Ворочаев, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mal: sasha-vorochaev@yandex.ru)

АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ ПОХОДОК ДЛЯ РОБОТА, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩЕГО ДВИЖЕНИЕ В ТРУБОПРОВОДАХ

Повреждения трубопроводов и возникающие в связи с этим аварийные ситуации требуют значительных затрат на проведение ремонтных работ. Одним из возможных путей сокращения этих затрат и предотвращения аварий является использование внутритрубных роботов для непрерывного обследования состояния трубопроводов и обнаружения частей трубопровода, нуждающихся в ремонте или замене.

В работе рассматривается плоский внутритрубный робот, состоящий из основного звена (корпуса) и четырех ног, каждая из которых образована двумя звеньями, соединенными между собой активными вращательными шарнирами. Работа посвящена разработке метода генерации походок, основанного на аналитических формулах и алгоритмических процедурах, которые можно легко реализовать на бортовом компьютере или микроконтроллере робота.

Представлен метод геометрического описания трубопровода и метод генерации походок, использующий преимущества этого описания. Метод генерации походок решает задачу определения точек, в которых должен произойти контакт ноги робота с опорной поверхностью, и формирует пространственные траектории для переноса ног устройства. Реализация метода рассмотрена для случая поочередного отрыва ног робота от поверхности трубы при условии, что по меньшей мере три ноги сохраняют контакт с трубой в каждый момент времени.

Представлены результаты численного моделирования движения робота в трубе с изменяющимся диаметром и одним изгибом в форме буквы U, а также в трубе с изменяющимся диаметром и двумя изгибами в форме буквы U и двумя изгибами в форме буквы L в виде набора положений робота в трубе. Приведенные результаты иллюстрируют зависимость полученных походок от геометрии трубы, в которой происходит движение, а именно установлено, что для всех поворотов шаги на поверхности, являющейся внутренней поверхностью изгиба, имеют существенно меньшую длину, чем шаги на противоположной поверхности трубы, причем данный эффект проявляется в большей степени для поворотов, где диаметр трубы больше.

Ключевые слова: *внутритрубный робот, генерация походок, модель трубопровода, генерация шагов, генерация траекторий.*

***

Введение

Трубопроводные системы являются важной частью современной инфраструктуры, поэтому обеспечение их надежной работы представляет собой актуальную техническую задачу. Необходимость снижения трудоемкости и стоимости процесса обслуживания и ремонта трубопроводов инициировала разработку внутритрубных роботов, позволяющих частично или полностью автоматизировать данные виды работ.

Одна из известных классификаций внутритрубных роботов по конструктивным признакам включает в себя семь различных типов: колесные, гусеничные, PIGs (от англ. pipe inspection gauges), шагающие, роботы с распорками (от англ. wall-press type), ввинчивающиеся роботы (от англ. screw type) и червячные [1–8], хотя известны и другие классификации [9]. Большинство исследований в сфере внутритрубной робототехники посвящено колесным

роботам [10-12]. Данный тип роботов хорошо подходит для движения в трубах с постоянным диаметром или в трубах, диаметр которых непрерывно изменяется.

В трубах с более сложной геометрией целесообразно использовать шагающих роботов [13–15]. По сравнению с традиционными шагающими механизмами внутритрубные роботы отличаются тем, что последовательность их шагов должна учитывать геометрию трубы, в которой происходит движение. Это наиболее важно при передвижении по изогнутым участкам трубы (части трубы с формой в виде буквы L или U) или по участкам с изменяющимся диаметром.

Данное исследование посвящено задаче генерации походок для внутритрубного плоского четырехногого шагающего робота. В статье описана его механическая конструкция, предложена процедура планирования шагов, учитывающая форму трубы, представлен способ генерации траекторий передвижения ног, а также приведено решение обратной задачи кинематики. Все алгоритмы, описанные в данной работе, опираются на аналитические формулы и не требуют существенных затрат вычислительной мощности, что позволяет реализовывать их на микроконтроллерах и компактных бортовых компьютерах. Доказана работоспособность этих алгоритмов при движении робота по изгибающимся участкам трубы и по участкам с резко изменяющимся диаметром.

Описание робота

В работе рассматривается плоский внутритрубный робот, состоящий из основного звена и четырех ног, каждая из которых представляет собой двухзвенный механизм, причем все шарниры робота активные. Схема робота представлена на рисунке 1.

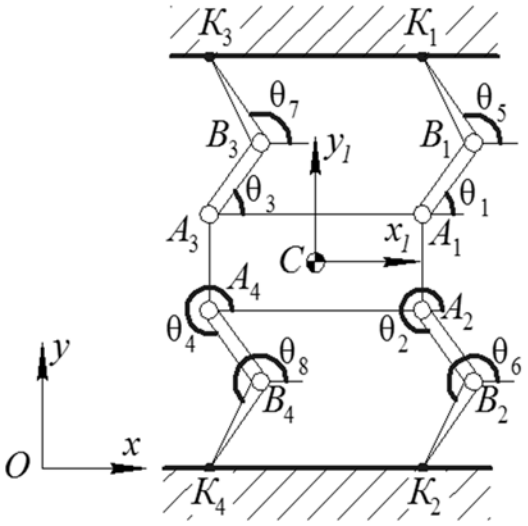


Рис. 1. Схема внутритрубного робота

На рисунке 1 углы θ_k определяют ориентацию звеньев, образующих ноги робота ($k = \overline{1,8}$), в абсолютной системе координат Oxy; C – центр масс основного звена (корпуса) с координатами x_C, y_C. Точки A_i и B_i представляют собой активные шарниры, K_i – точки контакта ног робота с внутренней поверхностью трубы ($i = \overline{1,4}$). Ориентация основного звена определяется абсолютным углом φ. Все абсолютные углы определяются относительно оси Ox, за положительное направление принято движение против часовой стрелки. Звенья A_iB_i имеют длину l_1, а звенья B_iK_i – длину l_2.

Положение робота можно описать вектором обобщенных координат:

$$\mathbf{q} = [x_C \quad y_C \quad \varphi \quad \theta_1 \quad \ldots \quad \theta_8]^{\mathrm{T}}.$$

Будем считать, что робот движется по трубе с круглым сечением. Опишем геометрию трубы через её ось симметрии $\boldsymbol{\gamma}(s)$ и диаметр $d(s)$. Пусть $\boldsymbol{\gamma}(s) = [\gamma_x(s) \quad \gamma_y(s)]^{\mathrm{T}}$ – параметрическое описание оси симметрии трубы, а

$d(s)$ – скалярная функция, которая обозначает диаметр трубы в сечении, заданном параметром s. Эти две функции полностью определяют внутреннюю поверхность трубы. Заметим, что данное описание справедливо только для труб без ответвлений.

Генерация шагов внутритрубного шагающего робота

Задача генерации шагов рассматриваемого робота заключается в формировании последовательности положений точек контакта стоп (точек K_i) с внутренней поверхностью трубы. Так как все точки на этой поверхности можно описать, используя функции скалярного аргумента $\boldsymbol{\gamma}(s)$ и $d(s)$, то задача сводится к поиску подходящих последовательностей значений s.

Обозначим эти последовательности как S_i с элементами $s_{i,j}$:

$$S_i = s_{i,1}, \quad s_{i,2}, \quad \dots \quad s_{i,N},$$

где N – число шагов робота.

Найдем $s_{i,j+1}$ по формуле

$$s_{i,j+1} = s_{i,j} + \frac{\sigma}{\left\|\dot{\boldsymbol{\gamma}}(s_{i,j})\right\|},$$

где σ – желаемая длина шага для робота (расстояние между текущей и предыдущей точками, в которых K_i имела контакт с внутренней поверхностью трубы).

Если робот движется по прямому участку трубы и $\ddot{\boldsymbol{\gamma}}(s) = \mathbf{0}$, то реальный шаг для всех ног будет равен σ.

Координаты любой точки на внутренней поверхности трубы можно определить по следующей формуле:

$$\mathbf{p}(s,d,i) = \boldsymbol{\gamma}(s) + \frac{d}{\left\|\dot{\boldsymbol{\gamma}}(s)\right\|}\begin{bmatrix} 0 & (-1)^i \\ (-1)^{i+1} & 0 \end{bmatrix}\dot{\boldsymbol{\gamma}}(s),$$

где индекс i нечетный, если описывается точка на «верхней» стенке трубы, и четный, если задается точка на «нижней» стенке.

Найдем координаты точки контакта:

$$\mathbf{p}_{i,j} = \mathbf{p}\left(s_{i,j}, d(s_{i,j}), i\right).$$

Генерация траекторий для основных точек робота

Рассмотрим метод генерации траекторий для основных точек робота, а именно точек K_i и центра масс основного звена C. Также построим функцию, описывающую ориентацию корпуса. Рассмотрим походку, при которой ноги поочередно теряют контакт с внутренней поверхностью трубы, причем в любой момент времени по меньшей мере три ноги сохраняют контакт.

Обозначим ногу, не взаимодействующую с трубой, как n-ю, которой соответствует точка K_n. Указанная n-я нога движется из точки $s_{n,m}$ в точку $s_{n,m+1}$ (что соответствует движению из точки $\mathbf{p}_{n,m}$ в точку $\mathbf{p}_{n,m+1}$).

Для построения траектории точки K_n определим промежуточную точку $\mathbf{p}_\lambda$ на траектории по следующей формуле:

$$\mathbf{p}_\lambda = \mathbf{p}\left(\frac{s_{n,m} + s_{n,m+1}}{2}, \mu \cdot d\left(\frac{s_{n,m} + s_{n,m+1}}{2}\right), n\right),$$

где $\mu < 1$ – коэффициент запаса, который определяет, насколько далеко точка $\mathbf{p}_\lambda$ находится от поверхности трубы.

Тогда желаемая траектория точки K_n вычисляется по формуле

$$\mathbf{r}_{Kn}(t) = \begin{cases} \left[\sum_{p=0}^{3} a_{x,p}t^p \quad \sum_{p=0}^{3} a_{y,p}t^p\right]^{\mathrm{T}} \ if \quad t \le t_\lambda, \\ \left[\sum_{p=0}^{3} b_{x,p}t^p \quad \sum_{p=0}^{3} b_{y,p}t^p\right]^{\mathrm{T}} \ if \quad t > t_\lambda, \end{cases}$$

$$t_\lambda = \left(t_{n,m} + t_{n,m+1}\right)/2,$$

где $a_{x,p}$, $a_{y,p}$, $b_{x,p}$, $b_{y,p}$ – полиномиальные коэффициенты, определяющие кубические кривые из точки $\mathbf{p}_{n,m}$ в $\mathbf{p}_{\lambda}$, из точки $\mathbf{p}_{\lambda}$ в $\mathbf{p}_{n,m+1}$;

$t_{n,m}$ – время начала шага;

$t_{n,m+1}$ – время завершения шага.

Ниже приведено только определение коэффициента $a_{x,p}$, так как остальные полиномиальные коэффициенты находятся аналогичным образом:

$$\begin{bmatrix} a_{x,0} \\ a_{x,1} \\ a_{x,2} \\ a_{x,3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & t_{n,m} & t_{n,m}^2 & t_{n,m}^3 \\ 1 & t_{\lambda} & t_{\lambda}^2 & t_{\lambda}^3 \\ 0 & 1 & 2t_{n,m} & 3t_{n,m}^2 \\ 0 & 1 & 2t_{\lambda} & 3t_{\lambda}^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x_{n,m} \\ x_{\lambda} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

где $x_{n,m}$ и x_{λ} – проекции $\mathbf{p}_{n,m}$ и $\mathbf{p}_{\lambda}$ на ось Ox.

Для полного описания требуемого движения робота необходимо задать временные функции $\mathbf{r}_C(t)$ и $\varphi(t)$.

Пусть требуемая траектория точки C задается по формуле

$$\mathbf{r}_C(t) = \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4} \mathbf{r}_{Ki}(t).$$

Данная формула соответствует случаю, когда координаты точки C являются геометрическим центром координат точек контакта K_i.

Желаемая ориентация основного звена задана формулой

$$\varphi(t) = \tan^{-1}\left(\frac{y_{K1} - y_{K3} + y_{K2} - y_{K4}}{x_{K1} - x_{K3} + x_{K2} - x_{K4}}\right),$$

где x_{Ki}, y_{Ki} – координаты точек K_i в абсолютной системе координат.

Это позволяет роботу расположить его основное звено так, чтобы уменьшить растяжение ног.

Результаты численного моделирования

Для моделирования движения робота рассмотрим два разных трубопровода с изменяющимся диаметром и поворотами в форме букв L и U. Параметры моделируемого робота следующие: $l_1 = 0.2$ м, $l_2 = 0.2$ м, размеры основного звена – 0.25×0.3 м. Будем использовать следующие параметры походки: $\sigma = 0.2$ м и $\mu = 0.9$.

На рисунке 2 изображен робот, перемещающийся по трубе с поворотом форме буквы U.

На рисунке 3 показано пять положений робота внутри трубы, ограниченной двумя основными линиями, тонкая линия соответствует оси симметрии трубы $\gamma(s)$, а точки на поверхностях трубы – требуемые положения $\mathbf{p}_{i,j}$.

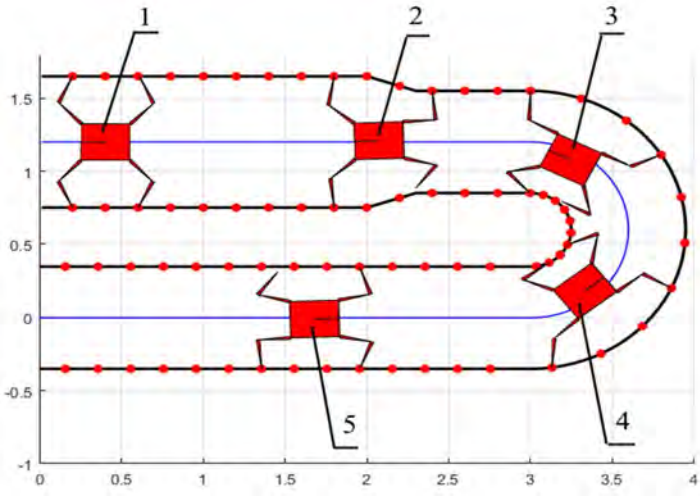


Рис. 2. Положения робота, перемещающегося по трубе с поворотом в форме буквы U и с изменяющимся диаметром: 1 – t = 0 с, 2 – t = 7 с, 3 – t = 12 с, 4 – t = 17 с, 5 – t = 24 с

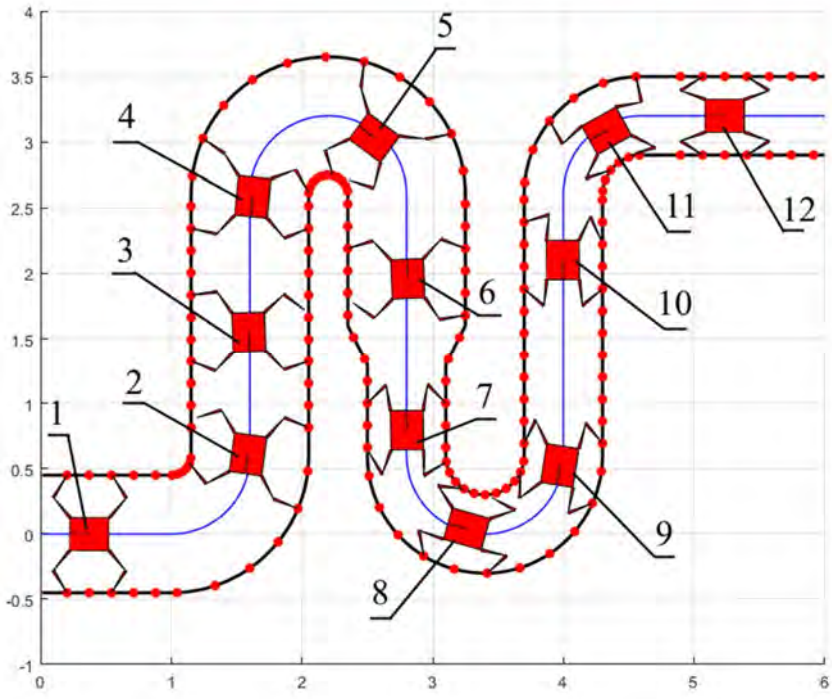


Рис. 3. Положения робота во время движения по трубе с двумя поворотами в форме буквы U и двумя поворотами в форме буквы L: 1 – t = 0 с, 2 – t = 7.6 с, 3 – t = 12 с, 4 – t = 17 с, 5 – t = 24 с, 6 – t = 30 с, 7 – t = 36 с, 8 – t = 41 с, 9 – t = 46 с, 10 – t = 54 с, 11 – t = 60 с,12 – t = 64 с

Можно заметить, что во время движения по прямому участку трубы длины шагов прямо пропорциональны выбранному значению σ. Когда робот движется через поворот в форме буквы U, длины шагов для ног 1 и 3 гораздо больше, чем длины шагов для ног 2 и 4, что позволяет роботу поворачивать корпус вдоль поворота трубы. Данное поведение является следствием предложенного способа генерации точки $\mathbf{p}_{i,j}$.

На рисунке 3 изображены различные положения робота во время движения по трубе с двумя поворотами в форме буквы U и двумя поворотами в форме буквы L.

Рисунок 3 иллюстрирует влияние изгибов трубы на генерируемые длины шагов ног робота. Оба поворота в форме букв U и L имеют одинаковый радиус, определенный изгибом оси симметрии трубы, но кривизна поверхностей для двух первых и двух последних поворотов отличается, так как меняется диаметр трубы. Для всех поворотов шаги на поверхности, являющейся внутренней поверхностью изгиба, имеют существенно меньшую длину, чем шаги на противоположной поверхности трубы. Отметим, что данный эффект значителен для первых двух поворотов, где диаметр трубы больше.

Заключение

В работе представлен способ генерации последовательности походок для внутритрубного робота, представляющего собой плоский механизм с четырьмя ногами, каждая из которых состоит из двух звеньев. Рассмотрены две основные части предложенного способа: генерация последовательности шагов и генерация траекторий контактных точек, которые реализованы в виде алгоритмов, основанных на геометрическом описании трубы. Эти алгоритмы

можно использовать для широкого класса внутритрубных роботов, так как они не явно используют данные о конструкции ноги робота и могут быть легко применены для робота с другим числом ног.

Все представленные алгоритмы являются простыми с точки зрения вычислительной сложности, что облегчает их реализацию на широком диапазоне бортовых компьютеров и микроконтроллеров.

Исследование выполнено за счет средств гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых МК−2577.2017.8.

Список литературы

1. Roh S. G., Choi H. R. Differential-drive in-pipe robot for moving inside urban gas pipelines // IEEE transactions on robotics. – 2005. – Vol. 21(1). – P. 1–17.

2. Choi H. R., Roh S. G. In-pipe robot with active steering capability for moving inside of pipelines // INTECH Open Access Publisher. – 2007.

3. A review: hybrid locomotion of in-pipe inspection robot / N. S. Roslin, A. Anuar, M. F. A. Jalal, K. S. M. Sahari // Procedia Engineering. – 2012. – Vol. 41. – P. 1456–1462.

4. Jatsun S., Yatsun A., Savin S. Pipe inspection parallel-link robot with flexible structure // Adaptive Mobile Robotics: Proceedings of the 15th International Conference on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines, CLAWAR – 2012, 2012. – P. 713–719.

5. Яцун С. Ф., Савин С. И., Тарасов О. С. Испытательный стенд для изучения динамики робота для перемещения по трубам // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 4 (43), ч. 2. – С. 221–224.

6. Савин С. И., Яцун С. Ф., Рублев С. Б. Экспериментальные исследования управляемого движения робота с внешними актуаторами для мониторинга трубопроводов малого диаметра // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 4 (5). – С. 1277–1279.

7. Яцун С. Ф., Савин С. И. Экспериментальные исследования вертикального перемещения робота для мониторинга трубопроводных систем // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – №5 (44), ч. 2. – С. 199–202.

8. Яцун С.Ф., Савин С. И. Кинематический анализ многозвенного робота для перемещения в трубопроводах // Управляемые вибрационные технологии и машины: сб. науч. ст.: в 2 ч. – Ч. 2 / Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2014. – С. 256–266.

9. Mirats Tur J. M., Garthwaite W. Robotic devices for water main in-pipe inspection // A survey. Journal of Field Robotics. – 2010. – Vol. 27 (4). P. 491–508.

10. A simple architecture for in-pipe inspection robots / M. Horodinca, I. Doroftei, E. Mignon and A. Preumont // In Proc. Int. Colloq. Mobile, Autonomous Systems. – 2002. – P. 61–64.

11. Tătar O., Mandru D., Ardelean I. Development of mobile minirobots for in pipe inspection tasks. Mechanika. – 2007. – Vol. 6 (68). – P. 60–64.

12. Actively steerable in-pipe inspection robots for underground urban gas pipelines / S. G. Roh, S. Ryew, J. H. Yang, H. R. Choi // In Robotics and Automation, 2001. Proceedings 2001 ICRA. IEEE International Conference on. – 2001. – Vol. 1. – P. 761–766.

13. Zagler A., Pfeiffer F. "MORITZ" a pipe crawler for tube junctions // In Robotics and Automation, 2003. Proceedings. ICRA'03. IEEE International Conference on. – 2003. – Vol. 3. – P. 2954–2959.

14. Gálvez J. A., de Santos P. G. and Pfeiffer F. Intrinsic tactile sensing for the optimization of force distribution in a pipe crawling robot // IEEE/ASME Transactions on mechatronics. – 2001. – Vol. 6(1). – P. 26–35.

15. Pfeiffer F., Eltze J. and Weidemann H. J. The TUM-walking machine // Intelligent Automation & Soft Computing. – 1995. – Vol. 1(3). – P. 307–323.

Получено 20.02.17

S. I. Savin, Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mal: sergey89mtkgtu@mail.ru)

L. Yu. Vorochaeva, Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mal: mila180888@yandex.ru)

A. V. Vorochaev, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mal: sasha-vorochaev@yandex.ru)

ALGORITHM TO GENERATE GAITS FOR ROBOTS MOVING IN PIPELINES

Damages of pipelines and the arising with respect there to emergencies require considerable costs for carrying out repair work. One of possible ways of reducing these costs and accident prevention is use of intra pipe robots for continuous inspection of a condition of pipelines and detection of parts of the pipeline, persons in need of repair or replacement.

In paper the flat intra pipe robot consisting of the main link (body) and four legs is considered, each of leg is formed by two links connected among themselves by active rotary hinges. Article is devoted to development of the method of generation gaits based on analytical formulas and algorithmic procedures which can be realized easily on the on-board computer or the microcontroller of the robot.

The method of the geometrical description of the pipeline and method of generation the gaits using benefits of this description is provided. The method of the generation gaits solves a problem of determination of points in which there will be a contact of a leg of the robot with the supporting syrface, and creates spatial trajectories for moving the legs of the device. Implementation of a method is considered for a case of a serial separation of legs of the robot from a pipe surface provided that at least three legs contact with a pipe in each time point.

Results of numerical modeling of the movement of the robot in a pipe with the changing diameter and one bend in the form of a letter U, and also in a pipe with the changing diameter and two bends in the form of a letter U and two bends in the form of a letter L as a set of positions of the robot in a pipe are presented. The results illustrate dependence received a gaits from geometry of a pipe in which there is a movement, namely is established that for all turns steps on the surface which is an internal surface of a bend have significantly the smaller length, than steps on opposite surface of a pipe, and this effect is shown more for turns where diameter of a pipe more.

Key words: *intra pipe robot; generation gaits; pipeline model, generation of steps, generation of trajectories.*

References

1. Roh S. G., Choi H. R. Differential-drive in-pipe robot for moving inside urban gas pipelines // IEEE transactions on robotics. – 2005. – Vol. 21(1). – P. 1–17.

2. Choi H. R., Roh S. G. In-pipe robot with active steering capability for moving inside of pipelines // INTECH Open Access Publisher. – 2007.

3. A review: hybrid locomotion of in-pipe inspection robot / N. S. Roslin, A. Anuar, M. F. A. Jalal, K. S. M. Sahari // Procedia Engineering. – 2012. – Vol. 41. – P. 1456–1462.

4. Jatsun S., Yatsun A., Savin S. Pipe inspection parallel-link robot with flexible structure // Adaptive Mobile Robotics: Proceedings of the 15th International

Conference on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines, CLAWAR – 2012, 2012. – P. 713–719

5. Jatsun S.F., Savin S. I., Tarasov O. S. The test bench for studying of dynamics of the robot for movement on pipes // Proceedings of the Southwest State University. – 2012. – No 4 (43), part 2. – P. 221–224.

6. Savin S. I., Jatsun S. F., Rublyov S. B. Experimental studies of the operated movement of the robot with external actuators for monitoring of pipelines of the small diameter // News of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences. – 2012. Vol. 14, No 4 (5). – P. 1277–1279.

7. Jatsun S. F., Savin S. I. Experimental studies of vertical movement of the robot for monitoring of pipeline systems // Proceedings of the Southwest State University. – 2012. – No 5 (44), part 2. – P. 199–202.

8. Jatsun S. F., Savin S. I. The kinematic analysis of the multilink robot for movement in pipelines // the Operated vibration technologies and cars, collection of scientific articles: in 2 parts. – Part 2 / Southwest State University. – Kursk, 2014. – P. 256–266.

9. Mirats Tur J. M., Garthwaite W. Robotic devices for water main in-pipe inspection // A survey. Journal of Field Robotics. – 2010. – Vol. 27 (4). – P. 491–508.

10. A simple architecture for in-pipe inspection robots / M. Horodinca, I. Doroftei, E. Mignon and A. Preumont // In Proc. Int. Colloq. Mobile, Autonomous Systems. – 2002. – P. 61–64.

11. Tătar O., Mandru D., Ardelean I. Development of mobile minirobots for in pipe inspection tasks. Mechanika. – 2007. – Vol. 6 (68). – P. 60–64.

12. Actively steerable in-pipe inspection robots for underground urban gas pipelines / S. G. Roh, S. Ryew, J. H. Yang, H. R. Choi // In Robotics and Automation, 2001. Proceedings 2001 ICRA: IEEE International Conference on. – 2001. – Vol. 1. – P. 761–766.

13. Zagler A., Pfeiffer, F. "MORITZ" a pipe crawler for tube junctions // In Robotics and Automation, 2003. Proceedings. ICRA'03: IEEE International Conference on. – 2003. – Vol. 3. – P. 2954–2959.

14. Gálvez J. A., de Santos P. G. and Pfeiffer F. Intrinsic tactile sensing for the optimization of force distribution in a pipe crawling robot // IEEE/ASME Transactions on mechatronics. – 2001. – Vol. 6(1). – P. 26–35.

15. Pfeiffer F., Eltze J. and Weidemann H. J. The TUM-walking machine // Intelligent Automation & Soft Computing. – 1995. – Vol. 1(3). – P. 307–323.

ФИЗИКА

УДК 538.953

С. М. Твердова, канд. техн. наук, доцент, Калужский филиал Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана (e-mail: ivalug@rambler.ru)

Йе Еинт Ко Ко, аспирант, Калужский филиал Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана (e-mail: yeyintkoko49@gmail.com)

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ КЕРМЕТНОГО МАТЕРИАЛА КАТОДНО-ПОДОГРЕВАТЕЛЬНОГО УЗЛА НА ОСНОВЕ АЛЮМОНИТРИДНОЙ КЕРАМИКИ

Изложены результаты исследований способов создания материала для катодно-подогревательных узлов электронных приборов и предложен способ улучшения их параметров. Положительный эффект достигается благодаря применению в качестве электроизолирующего и теплопроводящего материала нитрида алюминия.

Катодно-подогревательный узел (КПУ) является одним из основных элементов вакуумных приборов, в которых используются электронные потоки, создаваемые термоэлектронными эмиттерами. Как правило, он представляет собой сборку, в которой разогрев катода происходит тепловым излучением накаленного подогревателя. Электрическая изоляция между катодом и подогревателем реализуется слоем керамики, обычно оксида алюминия, нанесенного на подогреватель.

У этой традиционной конструкции присутствуют по крайней мере два существенных недостатка. Низкая теплопроводность алюмооксидной керамики, имеющая значение порядка 26 Вт/мК, экранирует тепловой поток от подогревателя, что приводит к необходимости повышения его температуры. Нить или лента накала при повышенных температурах ускоренно разрушается, сокращая срок службы КПУ.

Для устранения перечисленных недостатков может быть применен керметный нагреватель с распределенным омическим сопротивлением, изготовленный на базе алюмонитридной керамики.

Основой для разработки способа получения кермета для подогревателей может послужить процесс: электропроводные элементы выполняют в виде слоев из порошкообразных смесей тугоплавких металлов вольфрама с керамической добавкой того же состава, что и керамика. Электропроводящие элементы при этом вжигают в алюмонитридную подложку совместно и одновременно с ее спеканием в защитной газовой атмосфере азота в смеси с водородом или без него при той же высокой температуре в диапазоне 1700-1900$^{\circ}C$. Данный процесс пригоден для металлизации сырых, не спеченных керамических изделий и не предназначен для металлизации спеченных пластин, отшлифованных в размер.

Исходя из анализа литературных данных и результатов собственных исследований, нами был разработан способ изготовления кермета для подогревателя катода, включающий следующие этапы: подготовка исходных материалов; приготовление состава для проведения операций формования; формование сырых образцов; выжигание пластификатора; спекание образцов.

В статье проанализированы способы создания материала для керметных подогревателей катодных узлов, полученные на базе использования алюмонитридной керамики. Показано, что предложенные способы изготовления нагревательных элементов из композиционного материала вольфрам-алюмонитрид с распределенным омическим сопротивлением позволяют получать материал с удельным электрическим сопротивлением на уровне 5.10 Ом·см и с достаточно высокой временной стабильностью.

Ключевые слова: *катод, подогреватель, теплопроводность, удельное сопротивление.*

***

Катодно-подогревательный узел (КПУ) является одним из основных элементов вакуумных приборов, в которых используются электронные потоки, создаваемые термоэлектронными эмиттерами. Как правило, он представляет собой сборку, в которой разогрев катода происходит тепловым излучением накаленного подогревателя. Авторы [1–6] исследовали керметы на основе

металлического и керамического компонентов и пытались использовать их в качестве катодных подогревателей. Электрическая изоляция между катодом и подогревателем реализуется слоем керамики, обычно оксида алюминия, нанесенного на подогреватель [7].

У этой традиционной конструкции присутствуют по крайней мере два существенных недостатка:

1) низкая теплопроводность алюмооксидной керамики, имеющая значение порядка 26 $Вт/мК$, экранирует тепловой поток от подогревателя, что приводит к необходимости повышения его температуры [8];

2) нить или лента накала при повышенных температурах ускоренно разрушается, сокращая срок службы КПУ.

Для устранения перечисленных недостатков может быть применен керметный нагреватель с распределенным омическим сопротивлением, изготовленный на базе алюмонитридной керамики. В связи с уникальным сочетанием физических свойств, например, высокой теплопроводности, высокого электрического сопротивления и коэффициента теплового расширения (КТР), близкого к КТР кремния, нитрид алюминия (AlN) становится ключевым материалом, используемым в качестве теплопроводящих элементов для электронных приборов, особенно при высокой мощности.

Основой для разработки способа получения кермета для подогревателей может послужить процесс, описанный в [9]: электропроводные элементы выполняют в виде слоев из порошкообразных смесей тугоплавких металлов вольфрама с керамической добавкой того же состава, что и керамика. Электропроводящие элементы при этом вжигают в алюмонитридную подложку совместно и одновременно с ее спеканием в защитной газовой атмосфере азота в смеси с водородом или без него при той же высокой температуре в диапазоне 1700–1900ºС [10]. Данный процесс пригоден для металлизации не спеченных керамических изделий и не предназначен для металлизации спеченных пластин, отшлифованных в размер.

Исходя из анализа литературных данных и результатов собственных исследований, нами был разработан способ изготовления кермета для подогревателя катода, включающий следующие этапы:

– подготовка исходных материалов;

– приготовление состава для проведения операций формования;

– формование сырых образцов;

– выжигание пластификатора;

– спекание образцов.

Подготовка исходных материалов подразумевает отвешивание порошков вольфрама и нитрида алюминия в необходимых пропорциях и их смешивание и одновременный дополнительный размол в емкостях с твердосплавными шарами, размещенными на эксцентриковых мельницах.

Для того чтобы порошковой смеси можно было придать определенную геометрическую форму, в нее добавляют пластификатор. При этом в зависимости от требуемой формы как пластификатор, так и способы его введения могут быть различными.

Для получения ленточного керметного подогревателя нами применялся способ, схематически изображенный на рисунке 1.

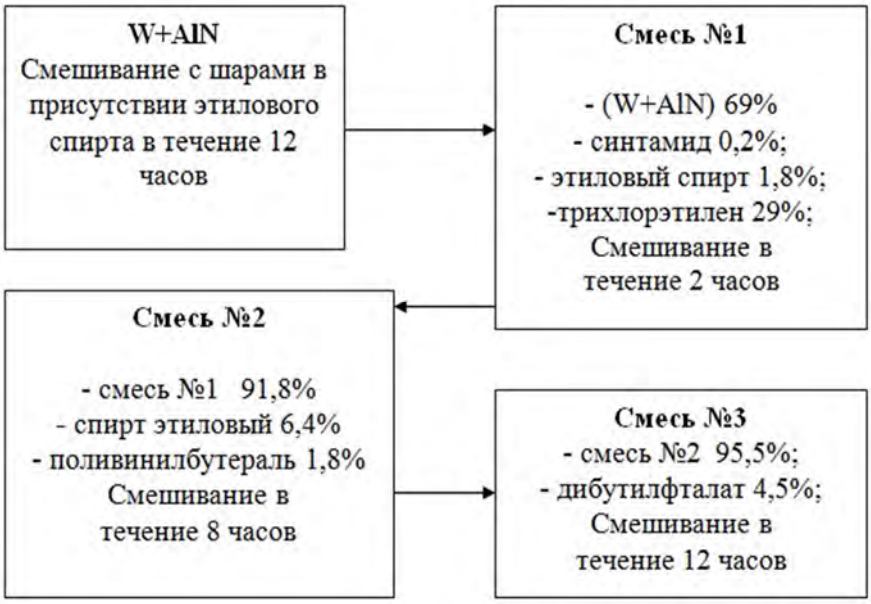


Рис. 1. Схема получения ленточной пластифицированной керметной заготовки

В результате проведения процессов смешивания и введения пластифицирующих, поверхностно-активных и антивспенивающих добавок получался шликер, который вакуумировался в течение 6 часов, после чего методом экструзии выдавливался на движущуюся со скоростью 30 см/мин подложку. Толщина получаемой заготовки керметной ленты находится на уровне 0,3 мм.

Для изготовления объемных заготовок в качестве пластификатора был применен поливиниловый спирт. Его трехпроцентный водный раствор готовился на водяной бане. Схема получения пластифицированного материала в этом случае приведена на рисунке 2.

Для получения заготовок использовалось прессование полученных гранул порошковой смеси в стальных пресс-формах, схематично изображенных на рисунке 3.

Рис. 2. Схема получения пластифицированного материала с применением поливинилового спирта

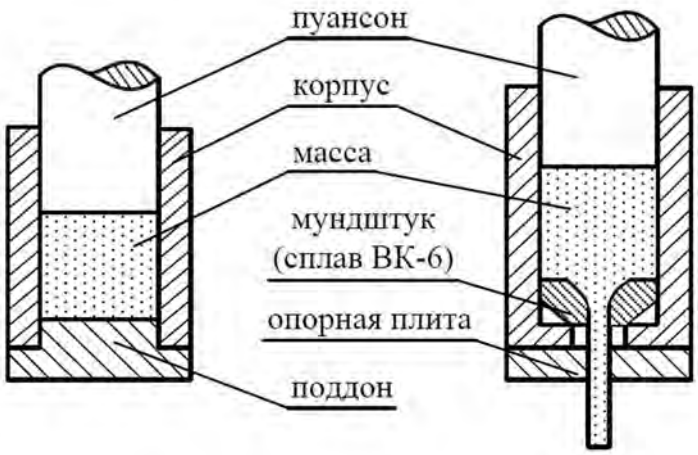


Рис. 3. Схема прессования керметных заготовок
в стальной матрице (слева) и экструзией (справа)

Выжигание пластификатора и спекание полученных заготовок осуществлялось в водородной печи типа СТН за один цикл. Удаление поливинилового спирта производилось при температуре 1100 К, а спекание заготовок – при температуре 1900 К.

Результаты измерений удельного сопротивления полученных керметных материалов представлены в таблице.

Удельное сопротивление материалов

Состав кермета (W+AlN)	$10^3 \cdot \rho_{273K}$, Ом·м
W, 50 вес.%	0,543
W, 60 вес.%	0,226
W, 70 вес.%	0,0514

Выводы

Проанализированы способы создания материала для керметных подогревателей катодных узлов, полученные на базе использования алюмонитридной керамики. Показано, что предложенные способы изготовления нагревательных элементов из композиционного материала вольфрам-алюмонитрид с распределенным омическим сопротивлением позволяют получать материал с удельным электрическим сопротивлением на уровне 5.10^{-3} Ом·см и с достаточно высокой временной стабильностью.

Полученный материал, обладающий сочетанием требуемого омического сопротивления и высокой теплопроводностью, является перспективным для применения в конструкциях катодно-подогревательных узлов.

Список литературы

1. Пат. 2.459.086 США. Электронная лампа и тип катодного подогревателя для неё; опубл. 11.01.1949.

2. Пат. 2.932.759 США. Вакуумная лампа; опубл. 12.04.1960.

3. Пат. 2.845.515 США. Полуметаллические, обладающие сопротивлением нити накала; опубл. 1958.

4. Пат. 895.238 Британия. Катодные материалы и их производство; опубл. 23.01.1959.

5. Пат. 12.152 Япония. Спеченные материалы, применяемые в электронных лампах; опубл. 15.07.1963.

6. Пат. 14.5156 Япония. Термоэлектронный катод для электронного прибора; опубл. 09.07.1965.

7. Еремка В. Д., Седых Е. В. Эмиттеры электронов для электровакуумных приборов сверхвысоких частот //

Материалы 8-й международной Крымской микроволновой конференции / Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины. Киев, 1998. – С. 193–198.

8. Авторское свидетельство 286087 СССР. Изоляционный состав / Королева Г. С., Овечкина В. И., Строкова З. С., Тайцель Л. К.; заявл. 07.02.1969; опубл. 10.11.1970.

9. Пат. 2154361 Российская Федерация. Керамический электронагревательный элемент и способ его изготовления / Челноков Е. И.; заявитель и патентообладатель Челноков Евгений Иванович, Шафоростов Валерий Павлович, Абрам Виктор Геннадиевич; заявл. 09.02.1999; опубл. 10.08.2000.

10. Пат. 2528815 Российская Федерация. Металлизационная паста и способ металлизации алюмонитридной керамики / Сидоров Владимир Алексеевич, Катаев Сергей Владимирович, Григорьева Людмила Александровна, Сидоров Кирилл Владимирович, Жамалетдинов Валиула Абдулович; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Пульсар»; заявл. 19.02.2013; опубл. 20.09.2014, Бюл. № 26.

Получено 13.02.17

S. M. Tverdova, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University (e-mail: ivalug@rambler.ru)

Ye Yint Ko Ko, Post-Graduate Student, Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University (e-mail: yeyintkoko49@gmail.com)

SOME SPECIFIC FEATURES OF CREATION OF CERMET MATERIAL FOR CATHODE-HEATING UNITS BASED ON ALUMINIUM NITRIDE CERAMICS

The article presents some results of the research of some methods of creation of material for cathode-heating units of electronic devices, a method for the improvement of their parameters is offered. The positive effect is achieved by using aluminum nitride as an electrical insulating and thermal conductive material.

Cathode-heating unit (CHU) is one of the main elements of vacuum devices that use electron beams generated by thermionic emitters. As a rule, it is an assembly in which cathode heating takes place by means of thermal radiation from the incandescent heater. Electrical insulation between the cathode and the heater is a ceramic layer, usually alumina oxide applied on the heater.

This traditional structure has at least two significant weaknesses. The low thermal conductivity of alumina ceramics having a value of about 26 W / mK, shields the heat flow from the heater, which results in the necessity to increase its temperature. At elevated temperatures, the filament is rapidly destroyed, reducing the life time of the CHU.

To eliminate these weaknesses a cermet heater with distributed ohmic resistance, made on the basis of aluminum nitride ceramics can be used.

The basis for the development of the method for producing cermet for heaters can be the following process: electrical conductivity elements are in the form of layers of powder mixtures of tungsten refractory metals with the ceramic addition of the same composition as the ceramics. The electrical conductive elements are burnt in aluminum nitride substrate and at the same time and together with its sintering in the protective gas atmosphere of nitrogen mixed with hydrogen or without it at the same high temperature range of 1700-1900$^{\circ}C$. This process is suitable for the metallization of raw, not sintered ceramic products and is not intended for metal sintered plates polished in size.

Based on the literature data and the results of our research, we have developed a method for manufacturing cermet for a cathode heater, comprising the following steps: preparation of the initial materials; preparing a composition for forming operations; forming the raw samples; burning of a plasticizer; sintering of samples.

In this article, methods of creation of material for cermet cathode heater units obtained on the basis of the use of aluminum nitride ceramics are analyzed. It is shown that the proposed methods for manufacturing heating elements of the composite material with the tungsten-aluminum nitride with distributed ohmic resistance allow obtaining a material with an electrical resistivity of $5.10^{-3} Ohm.cm$ *, with rather high temporal stability.*

Key words: *cathode, heater, thermal conductivity, resistivity.*

References

1. Pat. 2.459.086 SShA. Jelektronnaja lampa i tip katodnogo podogrevatelja dlja nejo; opubl. 11.01.1949.

2. Pat. 2.932.759 SShA. Vakuumnaja lampa; opubl. 12.04.1960.

3. Pat. 2.845.515 SShA. Polumetallicheskie, obladajushhie soprotivleniem niti nakala; opubl. 1958.

4. Pat. 895.238 Britanija. Katodnye materialy i ih proizvodstvo; opubl. 23.01.1959.

5. Pat. 12.152 Japonija. Spechennye materialy, primenjaemye v jelektronnyh lampah; opubl. 15.07.1963.

6. Pat. 14.5156 Japonija. Termojelektronnyj katod dlja jelektronnogo pribora; opubl. 09.07.1965.

7. Eremka V. D., Sedyh E. V. Jemittery jelektronov dlja jelektrovakuumnyh priborov sverhvysokih chastot // Materialy 8-j mezhdunarodnoj Krymskoj mikrovolnovoj konferencii / Institut radiofiziki i jelektroniki im. A. Ja. Usikova NAN Ukrainy. Kiev, 998. – S. 193–198.

8. Avtorskoe svidetel'stvo 286087 SSSR. Izoljacionnyj sostav / Koroleva G. S., Ovechkina V. I., Strokova Z. S., Tajcel' L. K.; zajavl. 07.02.1969; opubl. 10.11.1970.

9. Pat. 2154361 Rossijskaja Federacija. Keramicheskij jelektronagrevatel'nyj jelement i sposob ego izgotovlenija / Chelnokov E. I.; zajavitel' i patentoobladatel' Chelnokov Evgenij Ivanovich, Shaforostov Valerij Pavlovich, Abram Viktor Gennadievich; zajavl. 09.02.1999; opubl. 10.08.2000.

10. Pat. 2528815 Rossijskaja Federacija. Metallizacionnaja pasta i sposob metallizacii aljumonitridnoj keramiki / Sidorov Vladimir Alekseevich, Kataev Sergej Vladimirovich, Grigor'eva Ljudmila Aleksandrovna, Sidorov Kirill Vladimirovich, Zhamaletdinov Valiula Abdulovich; zajavitel' i patentoobladatel' Otkrytoe akcionernoe obshhestvo "Nauchno-proizvodstvennoe predprijatie "Pul'sar"; zajavl. 19.02.2013; opubl. 20.09.2014, Bjul. № 26.

УДК 53.092; 544.032.3; 621.315.592.9

Р. Г. Джамамедов, научный сотрудник, Институт физики им. Х. И. Амирханова Дагестанского научного центра Российской академии наук (Махачкала) (e-mail: rdzhamamedov@yahoo.com)

А. Ю. Моллаев, канд. физ.-мат. наук, заведующий лабораторией, Институт физики им. Х. И. Амирханова Дагестанского научного центра Российской академии наук (Махачкала) (e-mail: a.mollaev@mail.ru)

А. В. Кочура, канд. физ.-мат. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: alex_dop@mail.ru)

А. Е. Кузько, канд. физ.-мат. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kuzko@mail.ru)

ОСОБЕННОСТИ ОБРАТИМОГО ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В *P* -$CD_{1-X}MN_XSB$ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ

Исследованы структурные и электрофизические свойства ферромагнитных полупроводников $Cd_{1-x}Mn_xSb$. Они являются двухфазными и состоят из основной полупроводниковой матрицы CdMnSb и включений MnSb размерами от сотен нанометров до нескольких миллиметров. С использованием гидростатического давления до 7 ГПа построены зависимости коэффициента Холла и удельного сопротивления образцов от давления при комнатной температуре. При давлениях в интервале 0,5 – 5 ГПа обнаружен обратимый фазовый переход, положение которого зависит от состава образцов и динамики приложения давления (повышение или снижение). Величина удельного сопротивления при таком переходе изменяется на 2–3 порядка. Это делает исследуемые образцы перспективными материалами как для прямого использования в датчиках давлений, так и в качестве задатчиков реперных точек в сложных системах, работающих при высоких давлениях.

Ключевые слова**:** *антимонид кадмия, магнитная примесь, гидростатическое давление, эффект Холла, проводимость, фазовый переход.*

***

Введение

Однородные полупроводники и полупроводниковые структуры благодаря высокой чувствительности к внешним воздействиям, разнообразию и стабильности свойств, возможности миниатюризации, способности преобразования неэлектрических величин в электрические и удобству их сопряжения с электронными системами автоматического контроля представляют интерес для создания датчиков давления с улучшенными характеристиками, дополняющими и расширяющими диапазон измеряемых величин.

Поиск проводился в двух направлениях.

Первое – выявление полупроводниковых материалов, которые могут пополнить существенный набор датчиков давления калибраторов давления для аппаратов высокого давления (АВД) для синтеза сверхтвердых материалов (СТМ) и научных исследований.

Второе – поиск новых реперных материалов, которые могут быть рекомендованы в качестве командных элементов в технологических процессах получения СТМ и камнедрагоценного сырья.

Проведенные ранее исследования высокотемпературных ферромагнитных полупроводников [1–3] позволили выявить ряд соединений, которые могут быть использованы в качестве датчиков давления – командных элементов для синтеза СТМ.

В работах [4–7] были изучены физические свойства образцов *p*-CdSb и композитных образцов *p*–CdSb/MnSb. Анизотропные монокристаллы *p*-CdSb были ориентированы по кристаллографическим направлениям [001] (образец №1) и [010] (образец №2). Измере-

ния удельного электросопротивления проводились при высоком гидростатическом давлении $P \leq 7$ ГПа при подъеме и сбросе давления в области комнатных температур. На барических зависимостях ρ(P) и $R_H(P)$ были обнаружены структурные фазовые переходы. В образце №1 наблюдался обратимый фазовый переход полупроводник – полупроводник, а в образце №2 – необратимый фазовый переход, сопровождающийся разложением вещества. В качестве материала для датчика давления был предложен p - $Cd_{1-x}Mn_xSb$ (x = 0, 0.01, 0.03 и 0.06).

Методика и техника эксперимента

Исходные кристаллы готовили направленной кристаллизацией по методу Бриджмена из поликристаллических слитков $Cd_{1-x}Mn_xSb$ (x=0, 0.01, 0.03 и 0.06)**,** которые были предварительно получены непосредственным сплавлением антимонидов кадмия и марганца по методике, аналогичной предложенной ранее для сплавов InSb-MnSb [8].

Образцы для исследования вырезались из центральной части кристалла с минимальным количеством дефектов, а затем подвергались химико-механической полировке и ионно-плазменной очистке.

Структура образцов, их состав и распределение элементов на поверхности изучались с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-6610LV (Jeol) с приставкой для энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДРС) X-MaxN (Oxford Instruments).

В качестве свойства – индикатора давления использовалось удельное электросопротивление ρ и коэффициент Холла R_H в зависимости от внешнего давления. Измерения проводились на поликристаллических образцах p - $Cd_{1-x}Mn_xSb$ (x = 0, 0.01, 0.03, 0.06) в аппаратах высокого давления типа «Тороид» при гидростатических давлениях до $P \leq 9$ ГПа в области комнатных температур при подъеме и сбросе давления. Аппарат «Тороид» помещался в соленоид с напряженностью $H \leq 5$ кЭ.

Для одновременного исследования двух кинетических эффектов и давления использовалась рабочая ячейка в виде фторопластовой капсулы полезным объемом ~80 мм^3, которая имела 8 электровводов. Давление контролировалось по манганиновому манометру, отградуированному по нескольким реперным точкам во всем диапазоне давлений.

Измерения проводились по двум методикам: при гидростатическом давлении в качестве среды, передающей давление, использовалась смесь этанол-метанола в соотношении 1:4, а при квазигидростатическом в качестве среды, передающей давление, использовался пирофелит. Образцы имели форму параллелепипеда с размерами 3×1×1 мм, однородность образцов контролировалась по значениям удельного электросопротивления и коэффициента Холла четырехзондовым методом. Более подробно методика и техника эксперимента описаны в работах [9, 10].

Полупроводниковые датчики давления при измерении квазигидростатики представляли собой круги из картона или фильтрованной бумаги с отверстиями 0,5–1 мм в его центральной части, в которых запрессовано 2–3 мг исследуемого материала.

Экспериментальные результаты и их обсуждения

Как показывают структурные исследования, образцы были неоднородными и содержали трехмерные дефекты в виде трещин и микровключений (рис. 1). С использованием ЭДРС было установлено, что области образца, не содержащие трехмерных дефектов, состояли из атомов Cd и Sb практически в

равных пропорциях, а Mn был распределен в них равномерно с содержанием, не превышающим 1 атом. %.

В области включений в спектрах ЭДРС уверенно наблюдаются пики, соответствующие атомам Mn (рис. 2) и практически отсутствуют атомы Cd. Ранее в [6] было установлено, что состав включений близок к стехиометрическому составу высокотемпературного ферромагнитного полуметалла MnSb с небольшим (до 3% мол.) избытком Sb.

Во всех измеренных образцах №1-4 (табл.) при давлениях $P = 4.1 \div 2.8$ ГПа на зависимостях удельного электросопротивления $\rho(P)$ (рис. 3) обнаружены структурные фазовые переходы.

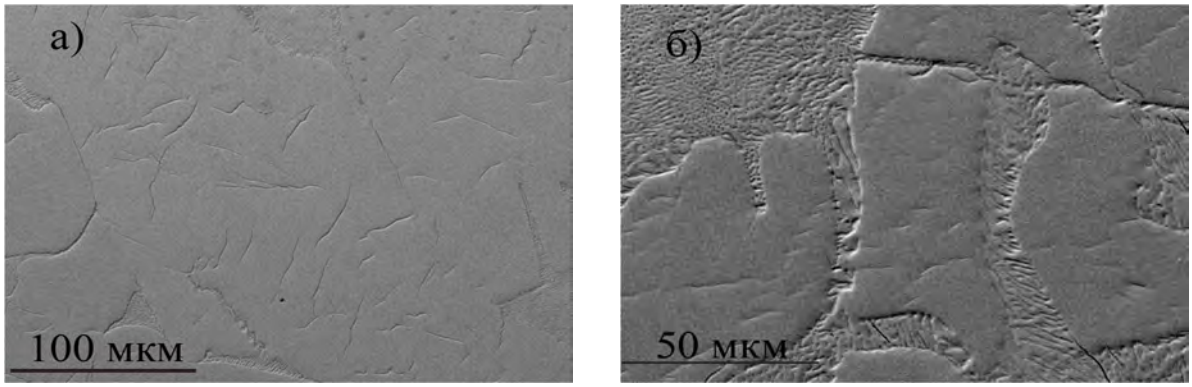


Рис. 1. Микрофотографии поверхности образцов *p* - $Cd_{1-x}Mn_xSb$: *x* = 0.01 (*а*) и 0.03 (*б*), полученные методом сканирующей электронной спектроскопии

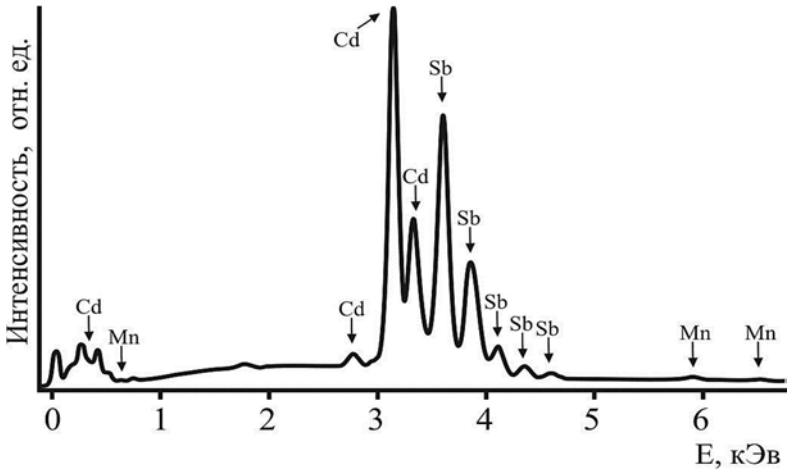


Рис. 2. Спектр ЭДРС в области, содержащей микровключения

Электрофизические параметры исследованных образцов *p* - $Cd_{1-x}Mn_xSb$ при комнатной температуре и атмосферном давлении и данные о фазовых переходах

п/п	Образцы	Тип проводимости	ρ, Ом·см	R_H, см^3/С	Структурный ФП, ГПа	
					Подъем	Сброс
1	CdSb [001]	p	2.15	27.2	4.1	1.8
2	$Cd_{0.99}Mn_{0.01}Sb$	p	0.11	44.5	3,9	1,5
3	$Cd_{0.97}Mn_{0.03}Sb$	p	0.09	1.63	3,2	0,9
4	$Cd_{0.94}Mn_{0.06}Sb$	p	0.38	6.8	2,8	0,6

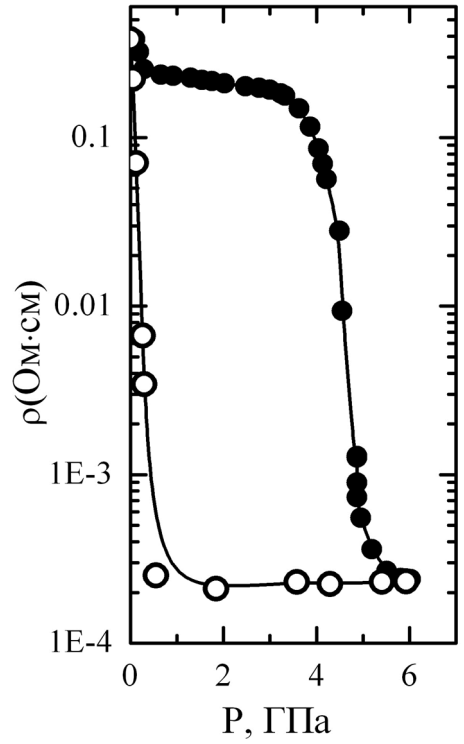


Рис. 3. Барическая зависимость удельного электросопротивления (кружки) при подъеме (темные символы) и при сбросе (светлые символы) давления для образца *p*-$Cd_{0.94}Mn_{0.06}Sb$

Структурные фазовые переходы при давлениях $P = 1.8 \div 0.6$ ГПа наблюдаются как при увеличении, так и при снижении давления.

Из рисунка 4 видно, что точка фазового перехода при подъеме давления (темные символы) сдвигается в сторону низких давлений с увеличением процентного содержания марганца. Аналогичная картина наблюдается для точек фазового перехода при сбросе давления (светлые символы). Отношение точки фазового перехода при подъеме давления к точке фазового перехода при сбросе давления составляет $P_{ФП} = P`_{ФП} = 2 \div 2.1$, т. е. разница сравнима с ошибкой эксперимента.

Рассмотрим барическую зависимость удельного электросопротивления на образце $Cd_{0.94}Mn_{0.06}Sb$ при подъеме давления (см. рис. 3, черные кружки).

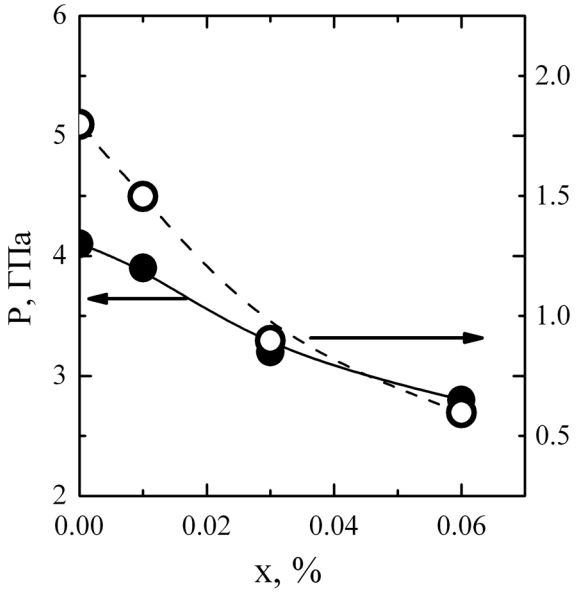


Рис. 4. Зависимость положения точки фазового перехода от процентного содержания легирующего элемента (Mn) при подъеме давления – левая шкала (темные символы) и при сбросе давления – правая шкала (светлые символы)

Удельное сопротивление до давлений $P = 3.6$ ГПа меняется очень слабо, затем при $P = 3.6$ ГПа резко падает почти на 3 порядка, и при $P = 5.9$ ГПа фазовый переход заканчивается $\rho_0/\rho_H = 1603$, $\sigma_H = 2.61$ Ом$^{-1}$·см$^{-1}$, $\rho_0 = \rho_0`$.

На кривой $\rho(P)$ при сбросе давления (светлые точки) так же, как и при $P_{ФП} = 1.13$ Гпа, наблюдается фазовый переход.

Таким образом, по значениям удельной электропроводности до и после фазового перехода можно заключить, что в образце *p* - $Cd_{0.94}Mn_{0.06}Sb$ этот переход является обратимым типа *полупроводник – полупроводник*. На образцах $Cd_{1-x}Mn_xSb$ ($x = 0.01$, 0.03) были получены аналогичные результаты.

Предлагаемый ферромагнитный полупроводник *p* - $Cd_{1-x}Mn_xSb$, может служить датчиком давления в качестве командных элементов в диапазоне давлений 2.8 ÷ 4.1 ГПа (при увеличении *P*)

$P = 0.6 \div 1.8$ Гпа (при снижении P). Такие датчики будут миниатюрны, технологичны в изготовлении, достаточно дешевы и будут обладать высокой срабатываемостью и интенсивностью сигнала. Так, удельное сопротивление в области ФП изменяется на 2–3 порядка. Полученные зависимости $\rho(P)$ так же могут быть использованы, как задатчики реперных точек для измерения давления в научных исследованиях или в промышленных аппаратах высокого давления при синтезе СТМ и камнедрагоценного сырья.

Список литературы

1. Phase transition in multicomponent semiconductor $Cd_{1-x}Mn_xGeP_2$ under hydrostatic pressure up to 7 GPa / A. Yu. Mollaev, I. K. Kamilov, R. K. Arslanov, U. Z. Zalibekov [et al.] // High Pressure Research. – 2006. – Vol. 26, is. 4. – P. 387.

2. Pressure control of magnetic clusters in strongly inhomogeneous ferromagnetic chalcopyrites / T. R. Arslanov, A. Yu. Mollaev, I. K. Kamilov, R. K. Arslanov [et al.] // Scientific Reports. – 2015. – Vol. 5. – P. 7720.

3. High-pressure behavior of CdSb: Compound decomposition, phase formation, and amorphization / V. F. Degtyareva, O. Degtyareva, H. Mao, R. J. Hemley // Phys. Rev. B. – 2006. – Vol. 73. – P. 214108.

4. High-pressure phase transformation of oriented CdSb single crystals / A. Yu. Mollaev, R. K. Arslanov, R. G. Dzhamamedov, S. F. Marenkin, S. A. Varnavskii // Inorganic Materials. – 2005. – Vol. 41. – P. 217.

5. Mollaev A. Yu., Arslanov R. K., Dzhamamedov R. G., Marenkin S. F., Varnavskii S. A. // Fizika i Tehnika Visokikh Davlenii. – 2004. Vol. 14. – P. 132.

6. Structural phase transition in CdSb + 3%MnSb composite at a high hydrostatic pressure / R. G. Dzhamamedov, A. Ju. Mollayev, A. V. Kochura, P. V. Abakumov, R. K. Arslanov, S. F. Marenkin, M. B. Dobromyslov // Journal of Nano- and Electronic Physics. – 2015. – Vol. 7, No 4. – P. 04088.

7. Отрицательное магнетосопротивление в p-CdSb, допированном марганцем / Р. Г. Джамамедов, А. Ю. Моллаев, А. В. Кочура, С. Ф. Маренкин // Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов: труды XIII Международной конференции. – Курск, 2016. – Ч. 1. – С. 120.

8. Структурные и магнитные свойства InSb:Mn / А. В. Кочура, М. Алам, Д. А. Мелентьев, В. Э. Дрейзин, С. Ф. Маренкин // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – №2 (41), ч. 1. – С. 120–126.

9. Khvostantsev L. G., Vereshagin L. P., Novikov A. P. Device of toroid type for high pressure generation // High Temp. – High Pressure. – 1977. – Vol. 9. – P. 637.

10. Effect of Hydrostatic Pressure on the Transport Properties of Cadmium Diarsenide Crystals / A. Yu. Mollaev, L. A. Saipulaeva, R. K. Arslanov, S. F. Marenkin // Inorganic Materials. – 2001. Vol. 37. – P. 327.

Получено 20.02.17

R. G. Dzhamamedov, Researcher, Amirkhanov Institute of Physics, Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Laboratory of High Pressure Physics (Makhachkala) (e-mail: rdzhamamedov@yahoo.com)

A. Ju. Mollayev, Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Amirkhanov Institute of Physics, Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Laboratory of High Pressure Physics (Makhachkala) (e-mail: a.mollaev@mail.ru)

A. V. Kochura, Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: akochura@gmail.com)

A. E. Kuzko, Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kuzko@mail.ru)

CHARACTERISTIC PROPERTY OF REVERSIBLE PHASE TRANSITION IN *P* -$CD_{1-X}MN_XSB$ AT HIGH PRESSURE

Structural and electrophysical properties of polycrystalline $Cd_{1-x}Mn_xSb$ (x = 0, 0.01, 0.03 and 0.06) ferromagnetic semiconductors have been investigated by electron scanning microscopy, energy-dispersive X-ray spectroscopy microanalysis, high pressure electrophysical probes. Samples consist from two different phases: the basic CdMnSb semiconductor matrix and MnSb inclusions with sizes from several hundred nanometers to several millimeters with "island" distribution. The hydrostatic pressure up to 7 GPa was used for the evaluation of Hall coefficient and resistivity as a function of pressure at room temperature. Investigations were done in two different regimes: as increasing and as decreasing of the pressure. The reversible phase transition was observed within 0,5–5 GPa and depends on a samples composition and a regime of pressure application. When pressure is increase the point of phase transition (P_i) is changed to lower pressure at increasing of manganese content. The same behavior was observed for points of phase transition when pressure was decrease (P_d). The ratio $P_i/P_d \approx 2 \div 2.1$. In the phase transition region the resistivity change on 2–3 order of value. So $Cd_{1-x}Mn_xSb$ samples are perspective materials for using directly in the electrical detector of the pressure within 2.8÷4.1 GPa (when pressure is increase) or P = 0.6÷1.8 GPa (when pressure is decrease) and for setting of reference points in complex high-pressure systems.

Key words: *cadmium antimonide, magnetic impurity, hydrostatic pressure, Hall effect, conductivity, phase transition.*

References

1. Phase transition in multicomponent semiconductor $Cd_{1-x}Mn_xGeP_2$ under hydrostatic pressure up to 7 GPa / A. Yu. Mollaev, I. K. Kamilov, R. K. Arslanov, U. Z. Zalibekov [et al.] // High Pressure Research. – 2006. – Vol. 26, is. 4. – P. 387.

2. Pressure control of magnetic clusters in strongly inhomogeneous ferromagnetic chalcopyrites / T. R. Arslanov, A. Yu. Mollaev, I. K. Kamilov, R. K. Arslanov [et al.] // Scientific Reports. – 2015. – Vol. 5. – P. 7720.

3. High-pressure behavior of CdSb: Compound decomposition, phase formation, and amorphization / V. F. Degtyareva, O. Degtyareva, H. Mao, R. J. Hemley // Phys. Rev. B. – 2006. – Vol. 73. – P. 214108.

4. High-pressure phase transformation of oriented CdSb single crystals / A. Yu. Mollaev, R. K. Arslanov, R. G. Dzhamamedov, S. F. Marenkin, S. A. Varnavskii // Inorganic Materials. – 2005. – Vol. 41. – P. 217.

5. Mollaev A. Yu., Arslanov R. K., Dzhamamedov R. G., Marenkin S. F., Varnavskii S. A. // Fizika i Tehnika Visokikh Davlenii. – 2004. Vol. 14. – P. 132.

6. Structural phase transition in CdSb + 3%MnSb composite at a high hydrostatic pressure / R. G. Dzhamamedov, A. Ju. Mollayev, A. V. Kochura, P. V. Abakumov, R. K. Arslanov,

S. F. Marenkin, M. B. Dobromyslov // Journal of Nano- and Electronic Physics. – 2015. – Vol. 7, No 4. – P. 04088.

7. Otricatel'noe magnetosoprotivlenie v p-CdSb, dopirovannom margancem / R. G. Dzhamamedov, A. Yu. Mollaev, A. V. Kochura, S. F. Marenkin // Perspektivnye tekhnologii, oborudovanie i analiticheskie sistemy dlya materialovedeniya i nanomaterialov: trudy XIII Mezhdunarodnoj konferencii. – Kursk, 2016. – Ch. 1. – S. 120.

8. Strukturnye i magnitnye svojstva InSb:Mn / A. V. Kochura, M. Alam, D. A. Melent'ev, V. EH. Drejzin, S. F. Marenkin // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – No 2 (41), ch. 1. – S. 120–126.

9. Khvostantsev L. G., Vereshagin L. P., Novikov A. P. Device of toroid type for high pressure generation // High Temp. – High Pressure. – 1977. – Vol. 9. – P. 637.

10. Effect of Hydrostatic Pressure on the Transport Properties of Cadmium Diarsenide Crystals / A. Yu. Mollaev, L. A. Saipulaeva, R. K. Arslanov, S. F. Marenkin // Inorganic Materials. – 2001. Vol. 37. – P. 327.

УДК 621.383.525

Аунг Пьо, аспирант, Калужский филиал Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана (e-mail: aplay48@gmail.com)

РАСЧЁТ ЗАВИСИМОСТИ ФАКТОРА ЗАПОЛНЕНИЯ И ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ ОТ ПОДВИЖНОСТИ ОСНОВНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА НА ВЫХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ NCDS-PCDTE

В настоящее время энергетика столкнулась с ситуацией истощения своей традиционной сырьевой базы. Этим объясняется возрастающий интерес к возобновляемым источникам энергии. Среди возобновляемых источников энергии особое место занимают полупроводниковые преобразователи солнечной энергии. В производстве полупроводниковых фотопреобразователей технологические факторы определяют их выходные параметры, поэтому создание математической модели, связывающей значения технологических параметров и выходных характеристик, является актуальным.

Традиционным способом получения электроэнергии является сжигание углеводородов. Однако, учитывая, что их количество является ограниченным, развитие альтернативной энергетики является актуальной задачей. Одним из способов получения энергии является использование солнечной энергии. Полупроводники CdS-CdTe обладают группами $A^{II}B^{VI}$ с шириной запрещённой зоны 2.49 эВ и 1.49 эВ при 300 K. Их p-n-переход может также находить применение в качестве фотодиода или солнечного элемента (фотоэлектрического перехода). Когда свет подает на СЭ, который состоит из фотонов, освещает p-n-переход. Атомы полупроводника поглощают фотоны, в результате чего образуются дополнительные пары электронов и дырок. Поскольку эти дополнительные носители собираются в области перехода,от n-области в p-область течет избыточный ток. Величина этого обратного тока пропорциональна скорости, с которой генерируются дополнительные носители, а эта скорость, в свою очередь, зависит от интенсивности падающего света.

Предложенная в работе математическая модель позволяет оценить влияние электрофизических параметров слоев CdS и CdTe на выходные параметры СЭ на их основе. В работе исследована зависимость фактора заполнения и выходной максимальной мощности солнечных элементов CdS-CdTe от подвижности основных носителей заряда. Показано, что уменьшение подвижности носителей заряда CdTe приводит к возрастанию выходных характеристик солнечных элементов CdS-CdTe. Результаты работы могут оптимизировать технологию получения улучшенных эффективностей и дешевых солнечных элементов CdS-CdTe.

***Ключевые слова**: солнечные элементы, математическая модель, CdS, CdTe, солнечная энергия, выходная мощность, фактор заполнения.*

***

Под солнечными элементами (СЭ) понимают электронные приборы, осуществляющие прямое преобразование солнечного света в электрическую энергию. Солнечные элементы (СЭ) изготавливаются из многих полупроводниковых материалов. Большая часть из коммерчески выпускаемых в настоящее время СЭ изготавливается из кремния (Si) [1]. Несколько фотопреобразователей, соединенных в определенной последовательности на одной подложке, образуют так называемый солнечный модуль (СМ). СЭ можно классифицировать по интенсивности собирания света, по химическому составу, толщине и кристаллической структуре слоѐв, количеству совмещенных на одной подложке элементов и т. д. [2].

Солнечная энергия преобразуется в электричество двумя различными способами: солнечная тепловая и фотоэлектрическая. Солнечная тепловая генерация электроэнергии, как правило, делается за счет концентрации солнечного излучения в тепло жидкости и эксплуатации паровой электростанции [2]. Солнечный свет также может быть преобразован прямо в электричество с помощью фотоэлектрических эффектов в солнечнных элементах. Солнечная батарея состоит из множества отдельных

солнечных элементов, и наборы солнечных батарей расположены в солнечных панелях.

Структура для фотоэлектрических солнечных батарей относительно простая и недорогая по сравнению с другими технологиями. Солнечная энергия является региональной спецификой, но намного меньше, чем обсуждавшиеся ранее технологии. Стоимость производства фотоэлектрической электроэнергии продолжает сокращаться в последние несколько десятилетий и приближается к $ 1 за ватт [3].

Одними из перспективных материалов для фотовольтаики являются солнечные элементы CdS-CdTe. У него почти идеальная ширина запрещенной зоны и очень высокая способность к поглощению излучения. Плёнки CdTe достаточно дёшевы в изготовлении. Подобно CuInSe2, наилучшие элементы на основе CdTe включают гетеропереход с CdS в качестве оконного слоя. Серьезная проблема на пути применения CdTe – высокое сопротивление слоя p-CdTe, что приводит к большим внутренним потерям. Измерения показывают, что CdS-CdTe солнечных батарей имеет высокое серийное сопротивление, которое ухудшает производительность исполнения энергетического преобразования солнечной батареи. Активные слои (CdS и CdTe) были изготовлены тепловым испарением и проверены индивидуально. Было найдено, что у слоя окна CdS 300 нм есть самое низкое серийное сопротивление с максимальным поглощением света, в то время как 5–7 мкм CdTe-слой поглотил в себя более 90% падающего света с минимальным сопротивлением. Полная солнечная батарея CdS-CdTe была изготовлена и проверена. Было найдено, что депонированная батарея без термообработки показывает текущие уменьшения приращения короткого замыкания, когда интенсивность света увеличивается. У этого типа депонированной батареи есть низкое преобразование эффективности. Энергетическое преобразование эффективности было улучшено термообработкой [4].

В работе [5] предложена зависимость преобразования КПД от трех факторов:

• чем большая часть оптического сигнала поглощается в рабочей области преобразователя, тем больше КПД;

• чем меньшая часть генерируемых светом электронов и дырок успевает рекомбинировать до их пространственного разделения во встроенном поле перехода, тем выше КПД;

• чем меньше паразитные сопротивления, тем больше КПД.

В работах [6, 7] математическая модель рассчитается под влиянием электрофизических и технологических параметров, толщины и температуры вольтамперной характеристики солнечных элементов CdS-CdTe, а также показано получение результатов и сравнение с экспериментом [6]. Применяемая математическая модель учитывает последовательное сопротивление и шунтирующее сопротивление. В любых солнечных элементах существуют потери мощности, обусловленные паразитными сопротивлениями. Во многих случаях достаточно ввести сосредоточенное последовательное $R_{\text{п}}$ и шунтирующее $R_{\text{ш}}$ сопротивления в эквивалентную схему. Шунтирующие источник тока диод и $R_{\text{ш}}$, а также включенное последовательно с ними сопротивление $R_{\text{п}}$ должны обеспечивать на выходе напряжение U и ток I.

Рассмотрим влияние подвижности основных носителей заряда на выходные характеристики элементов nCdS- pCdTe. Исследовано влияние подвижности заряда μ_n p-типа при различных подвижно-

стях носителей заряда от 1500 см^2/(В·с) до 100 см^2/(В·с).

На рисунке представлена рассчитанная зависимость выходной мощности ВАХ СЭ CdS-CdTe для $R_ш$ = 500 Ом·см^2, d_{CdS} = 100 нм, d_{CdTe} = 3 мкм и при различных подвижностях носителей заряда μ_n в *p*-типе, см^2/(В·с): 1500, 1000, 750, 400, 200, 100. Уменьшение подвижности носителей заряда повышает последовательное сопротивление $R_п$. Поэтому их выходные параметры увеличиваются, когда значение подвижности носителей заряда μ_n в *p*-типе уменьшается.

Технологические параметры слоёв сульфида и теллурида кадмия приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры материала для расчета [8, 9]

Параметры	pCdTe	nCdS
E_g (эВ)	1.42	2.5
N_a, N_d (см$^{-3}$)	$7\times10^{16} - 7\times10^{18}$	1×10^{18}
d_{CdTe}, d_{CdS} (мкм,нм)	3	100
S_p, S_n (мм^2)	9	9
μ_p, μ_n (см^2/в.с)	500, 60	50, 350
m_n, m_p (г)	0.096, 0.41	0.205, 0.7
d_{CdTe}, d_{CdS} (мкм,нм)	3	100
τ_p, τ_n (с)	10^{-9}	10^{-10}
T (K)	300	300

Примечание. E_g – ширина запрещенной зоны; N_a, N_d – концентрация донорной и акцепторной примеси; d_{CdTe}, d_{CdS} – толщина слоя теллурида кадмия и толщина слоя сульфида кадмия; S_p, S_n – равные по значению площади областей pCdTe-nCdS; μ_p, μ_n – подвижности электронов и дырок в pCdTe-nCdS; m_n, m_p – эффективные массы электронов и дырок в кристалле pCdTe-nCdS; d_{CdTe}, d_{CdS} – толщина слоя теллурида кадмия и толщина слоя сульфида кадмия; τ_p, τ_n – время жизни дырок и электронов в CdS и CdTe; T – температура.

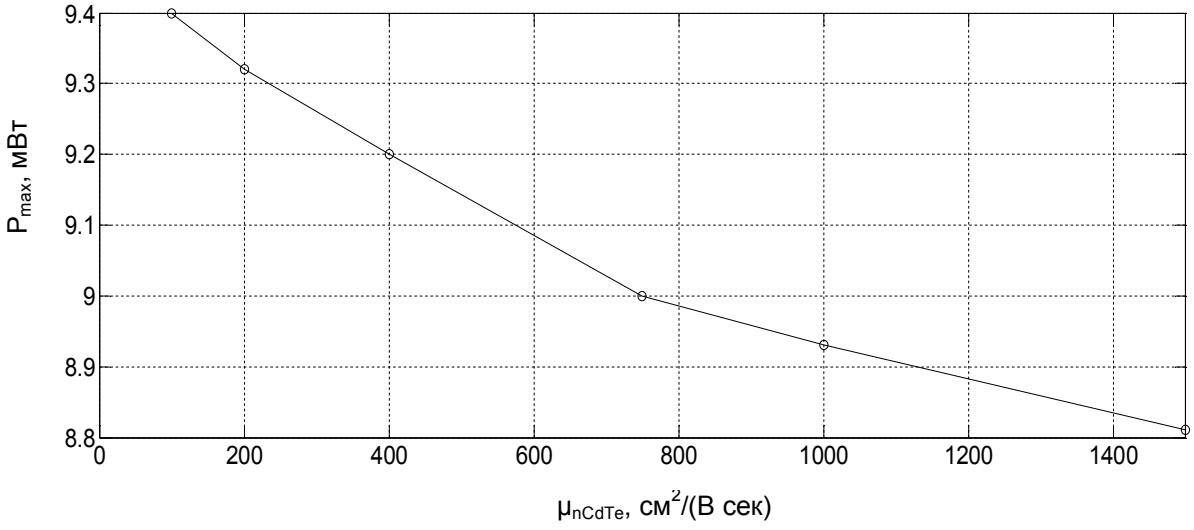


Рис. Зависимость выходной мощности от различных значений подвижности носителей заряда CdTe

В таблице 2 приведены результаты зависимости фактора заполнения *FF* и максимальной мощности P_{max} от подвижности носителей заряда CdTe. При подвижности носителей заряда 100 см^2/(В·сек) получается фактор заполнения *FF* = 0.8823 и максимальная мощность P_{max}= 9,4 мВт.

Таблица 2

Результаты расчёта зависимости параметров солнечных элементов CdS-CdTe от подвижности носителей заряда

Подвижности носителей заряда μ_n в *p*-типе (см^2/(В·с))	Фактор заполнения – *FF*	U_{max} (В)	I_{max} (мА)	P_{max} (мВт)
100	0,8823	0,985	9,54	9,4
300	0,8793	0,978	9,53	9,32
400	0,8776	0,97	9,5	9,2
750	0,8677	0,96	9,4	9
1000	0,867	0,95	9,4	8,93
1500	0,8544	0,94	9,38	8,81

На подвижность носителей заряда в основном влияют два физических фактора: хаотические тепловые колебания атомов кристаллической решетки и электрические поля ионизированных примесей. При больших температурах преобладает рассеяние носителей заряда на тепловых колебаниях атомов кристаллической решетки, поэтому с увеличением температуры в этом диапазоне температур, подвижность носителей уменьшается [10].

Уменьшение значения подвижности заряда μ_p *p*-типа проводит к возрастанию фактора заполнения и выходной максимальной мощности (см. рис.), также возрастают выходные характеристики. Влияние подвижности носителей заряда CdTe с использованием предложенной модели может обеспечить выходные параметры СЭ и найти применение при создании технологии солнечных элементов и солнечных батарей.

Список литературы

1. Солнечные элементы [Электронный ресурс]. – URL:http://www.solarhome.ru/ru/basics/pv/techcells.html (дата обращения: 10.04.15).

2. Гременок В. Ф., Тиванов М. С., Залесский В. Б. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов. – Минск, 2007. – 223 с.

3. URL: http://org.ntnu.no/solarcells/pages/history.php (дата обращения: 18.03.2016).

4. Hamid Fardi and Fatima Buny. Characterization and Modeling of CdS/CdTe Heterojunction Thin-Film Solar Cell for High Efficiency Performance // International Journal of Photoenergy. – 2013. – Article ID 576952. – P. 6.

5. Киселев В. К., Семьин Г. Н., Труфанов А. Н. Исследование КПД преобразования оптического излучения GaAs-фотопреобразователями // Труды 2-го совещания по проекту НАТО SfP-973799 Semiconductors. – Нижний Новгород, 2002. – С. 171–177.

6. Сорочан В. В., Аунг Пьо. Моделирование влияния электрофизических параметров слоёв сульфида и теллурида кадмия на выходные характеристики солнечных элементов nCdS-pCdTe // Наукоемкие технологии. – 2015. – Т. 16, №6. – С. 25–29.

7. Аунг Пьо. Моделирование влияния толщины слоя теллурида кадмия и внешней температуры на выходные характеристики солнечных элементов nCdS-pCdTe // Успехи современной науки. – 2016. – Т. 3, №6. – С. 144–148.

8. Верификация одномерной модели гетероструктурного фотоэлектрического преобразователя / Я. Б. Мартынов, П. П. Гладышев, Р. Г. Назмитдинов [и др.] // Молекулярные технологии. – 2012. – № 6. – С. 296–314.

9. Георгобиани А. Н. Широкозонные полупроводники $A^{II}B^{VI}$ и перспективы их применения // Успехи физических наук. – 1974. – Т. 113, № 1. – С. 129–155.

10. Основы полупроводниковой электроники: метод. указания к практическим занятиям / Новосиб. гос. аграр. ун-т; Инженер. ин-т; сост.: А. Т. Калюжный, Д. С. Болотов. – Новосибирск, 2013. – 79 с.

Получено 20.02.17

Aung Phyo, Post-Graduate Student, Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University (e-mail: aplay48@gmail.com)

CALCULATION OF THE DEPENDENCE OF FILL FACTOR AND POWER OUTPUT FROM THE MOBILITY OF MAIN CHARGE CARRIERS ON OUTPUT CHARACTERISTICS OF SOLAR CELLS NCDS-PCDTE

Currently, the energy sector has faced a situation of depletion of their traditional resource base. This explains the growing interest in renewable energy. Among renewable energy sources a special place is occupied by semiconductor converters of solar energy. In manufacturing semiconductor photovoltaics technological factors determine their output parameters, therefore, the creation of mathematical models, connecting the values of technological parameters and the output characteristics is relevant.

The traditional way of producing electricity is the burning of hydrocarbons. However, given that their number is limited, the development of alternative energy is an urgent task. One way of obtaining energy is the use of solar energy. CdS-CdTe semiconductors have group $A^{II}B^{VI}$ with a band gap of 2.49 eV and 1.49 eV at 300 K. Their P-n junction could also find use as a photodiode or a solar cell (photoelectric conversion). When the light emits on the solar cells, which consists of photons, illuminates the p-n junction. The atoms of the semiconductor absorb the photons, resulting in formation of additional pairs of electrons and holes. Since these additional carriers are collected in the transition region from n-region to p-region flowing excess current. The magnitude of this reverse current is proportional to the speed at which the generated additional carriers, and this speed in turn depends on the intensity of the incident light. The proposed mathematical model allows to evaluate the influence of electrophysical parameters of layers CdS and CdTe on the output parameters of solar cells based on them. This paper presents the dependence of the filling factor and the output peak power of solar cell CdS CdTe on the mobility of the majority charge carriers. It is shown that, reducing the mobility of charge carriers CdTe leads to an increase of the output characteristics of the solar cells CdS-CdTe. The results can optimize the technology for obtaining improved efficiency and cheap solar cells CdS-CdTe.

Key words: *solar cells, mathematical model, CdS, CdTe, solar power, output power, fill factor.*

References

1. Solnechnye ehlementy [Ehlektronnyj resurs]. – URL:http://www.solarhome.ru/ru/basics/pv/techcells.html (data obrashcheniya: 10.04.15).

2. Gremenok V. F., Tivanov M. S., Zalesckij V. B. Solnechnye ehlementy na osnove poluprovodnikovyh materialov. – Minsk, 2007. – 223 s.

3. URL: http://org.ntnu.no/solarcells/pages/history.php (data obrashcheniya: 18.03.2016).

4. Hamid Fardi and Fatima Buny. Characterization and Modeling of CdS/CdTe Heterojunction Thin-Film Solar Cell for High Efficiency Performance // International Journal of Photoenergy. – 2013. – Article ID 576952. – P. 6.

5. Kiselev V. K., Sem'in G. N., Trufanov A. N. Issledovanie KPD preobrazovaniya opticheskogo izlucheniya GaAs-fotopreobrazovatelyami // Trudy 2-go soveshchaniya po proektu NATO SfP-973799 Semiconductors. – Nizhnij Novgorod, 2002. – C. 171–177.

6. Sorochan V. V., Aung P'o. Modelirovanie vliyaniya ehlektrofizicheskih parametrov sloyov sul'fida i tellurida kadmiya na vyhodnye harakteristiki solnechnyh ehlementov nCdS-pCdTe // Naukoemkie tekhnologii. – 2015. – T. 16, № 6. – S. 25–29.

7. Aung P'o. Modelirovanie vliyaniya tolshchiny sloya tellurida kadmiya i vneshnej temperatury na vyhodnye harakteristiki solnechnyh ehlementov nCdS-pCdTe // Uspekhi sovremennoj nauki. – 2016. – T. 3, №6. – S. 144–148.

8. Verifikaciya odnomernoj modeli geterostrukturnogo fotoehlektricheskogo preobrazovatelya / Ya. B. Martynov, P. P. Gladyshev, R. G Nazmitdinov [i dr.] // Molekulyarnye tekhnologii. – 2012. – № 6. – S. 296–314.

9. Georgobiani A. N. SHirokozon-nye poluprovodniki AIIBVI i perspektivy ih primeneniya // Uspekhi fizicheskih nauk. – 1974. – T. 113, № 1. – S. 129–155.

10. Osnovy poluprovodnikovoj ehlektroniki: metod. ukazaniya k prakticheskim zanyatiyam / Novosib. gos. agrar. un-t; Inzhener. in-t; sost.: A. T. Kalyuzhnyj, D. S. Bolotov. – Novosibirsk, 2013. – 79 s.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 543.544.5.068.7:543.7/79

С. В. Сидоренко, магистрант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: semen.sidorenko.92@mail.ru)

Л. С. Агеева, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: millfi@yandex.ru)

Н. А. Борщ, канд. хим. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: nborshch@yandex.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ СИНТЕЗА 4-ОКТИЛАМИНОПИРИДИНА МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Ароматические амины перспективны для экстракционного выделения и разделения платиновых металлов. 2-Октиламинопиридин (2-ОАП) предложен в качестве экстрагента для выделения иридия и других палатиновых металлов. 4-Октиламинопиридин (4-ОАП) представляет особый интерес, так как он обладает значительно более высокой основностью гетероциклического атома азота по сравнению с 2-ОАП: разработка методов синтеза 4-ОАП – актуальное направление исследований. 4-ОАП синтезировали взаимодействием натриевой соли 4-аминопиридина, получаемой по реакции Чичибабина, с йодистым октилом в среде высушенного диоксана. Для разработки способов выделения целевого продукта из реакционной массы продуктов синтеза 4-ОАП и очистке его от примесей использовали результаты исследования продуктов синтеза методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на жидкостном хроматографе «Agilent Technologies 1260 infinity» (колонка ZORBAX SB C 18, подвижная фаза ацетонитрил : вода = 25:75 (по объему), скорость подачи элюента - 1мл/мин). По результатам ВЭЖХ показано, что 4-ОАП находится в основной фракции реакционной массы продуктов синтеза. В черных кристаллах и желтых кристаллах, осаждаемых на стенках реакционной колбы, содержание 4-ОАП невелико, причем содержание 4-ОАП в черных кристаллах в 4 раза выше, чем в желтых кристаллах. Основная масса желтых и черных кристаллов представляет собой соль NaI. Для выделения 4-ОАП из этих продуктов их необходимо объединить, обработать водой и экстрагировать органическую часть хлороформом. Экстракционную вытяжку добавить к основной фракции реакционной массы продуктов синтеза, предварительно растворенной в хлороформе. Остаток 4-аминопиридина можно отделить обработкой полученного раствора водой.

Ключевые слова: *синтез 4-октиламинопиридина, реакция Чичибабина, высокоэффективная жидкостная хроматография.*

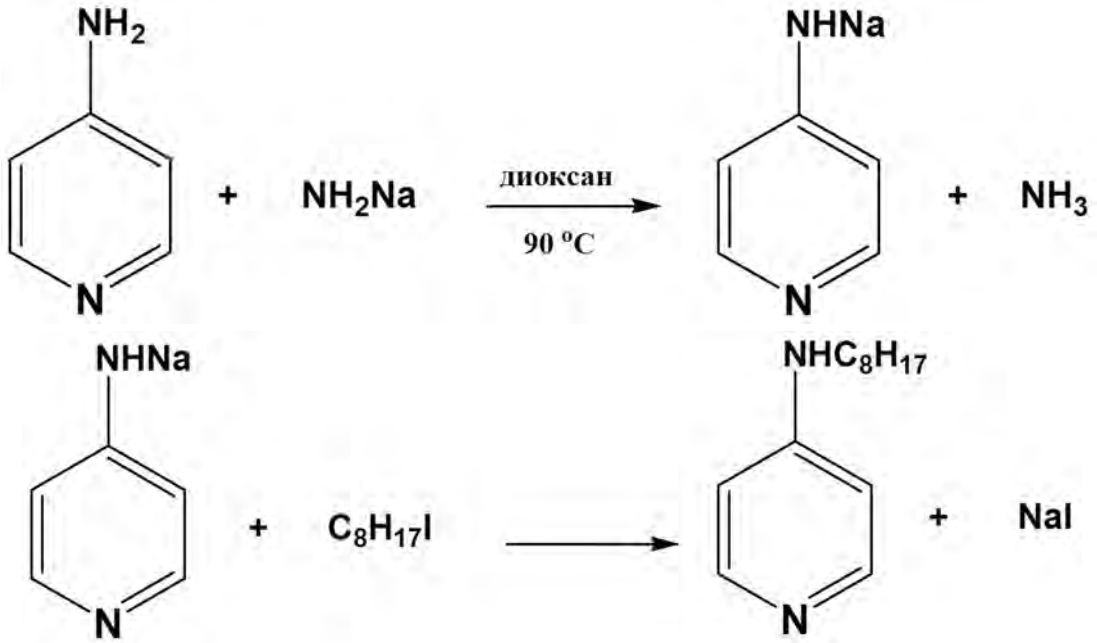
***

Ароматические амины являются перспективными экстрагентами для платиновых металлов [1]. Так, 2-октиламинопиридин (2-ОАП) предложен в качестве экстрагента для выделения и разделения платиновых металлов, в том числе для выделения иридия, координационные соединения которого обладают наибольшей кинетической инертностью из всех известных химических элементов [2-7]. Для разработки научной базы химии и технологии экстракции платиновых металлов необходимы дальнейшие исследования алкиламинопиридинов. В частности, особенно интересен 4-октиламинопиридин (4-ОАП) [8], так как он обладает значительно более высокой основностью гетероциклического атома азота по сравнению с 2-ОАП. В связи с этим разработка методов синтеза 4-ОАП представляется актуальным направлением исследований.

Одна из основных проблем органического синтеза – выделение целевого продукта из реакционной массы и очистка его от примесей. Необходимо использование современных методов

разделения и идентификации органических соединений, таких как метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) [9, 10].

Настоящая работа посвящена исследованию методом ВЭЖХ продуктов синтеза 4-октиламинопиридина, образующихся при взаимодействии натриевой соли 4-аминопиридина, получаемой по реакции Чичибабина, с йодистым октилом:



4-ОАП синтезировали по следующей методике: к 0,5 моля тонко измельченного амида натрия (21,285 г), помещенного в трехгорлую колбу (рис. 1), прибавляли при перемешивании 0,5 моля 4-аминопиридина (51,3 г), растворенного в 200 мл свежеперегнанного обезвоженного диоксана.

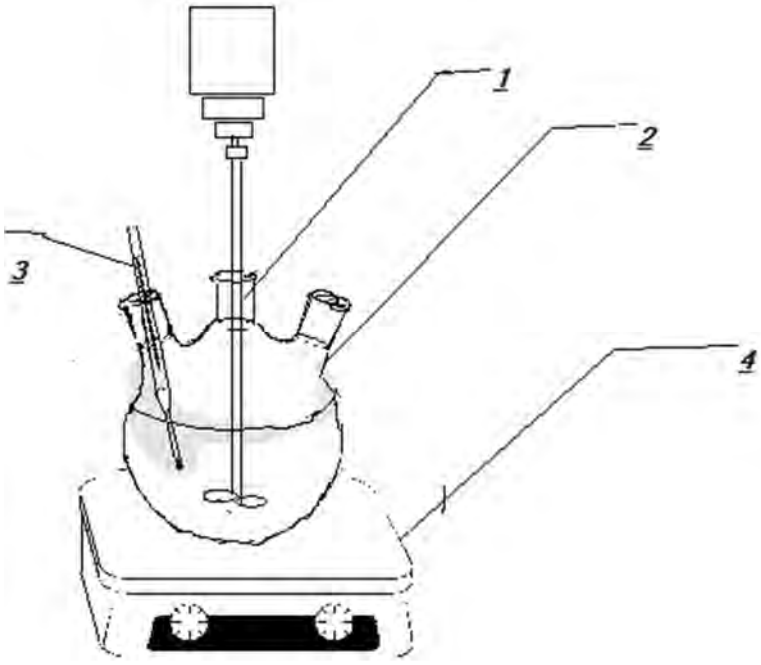


Рис. 1. Установка для синтеза 4-ОАП: 1 – мешалка стеклянная; 2 – колба круглодонная, трехгорлая (500 мл); 3 – термометр (50–150ºС); 4 – колбонагреватель

Медленно повышали температуру до 90ºС и выдерживали до прекращения выделения пузырьков газа (NH_3). Не охлаждая, прибавляли порциями 0,5 моля йодистого октила (126,1 г), избегая вспенивания, и нагревали еще 6 часов, после чего жидкость из колбы сливали. На стенках колбы оставался осадок в виде коричневых и черных кристаллов, которые извлекали по отдельности.

Выделенные продукты синтеза исследовали методом ФЭЖХ на жидкостном хроматографе «Agilent Technologies 1260 infinity» (колонка ZORBAX SB C 18, подвижная фаза ацетонитрил: вода = 25:75 (по объему), скорость подачи элюента – 1мл/мин). На рисунках 2–4 приведены полученные в ходе исследования хроматограммы продуктов синтеза 4-ОАП.

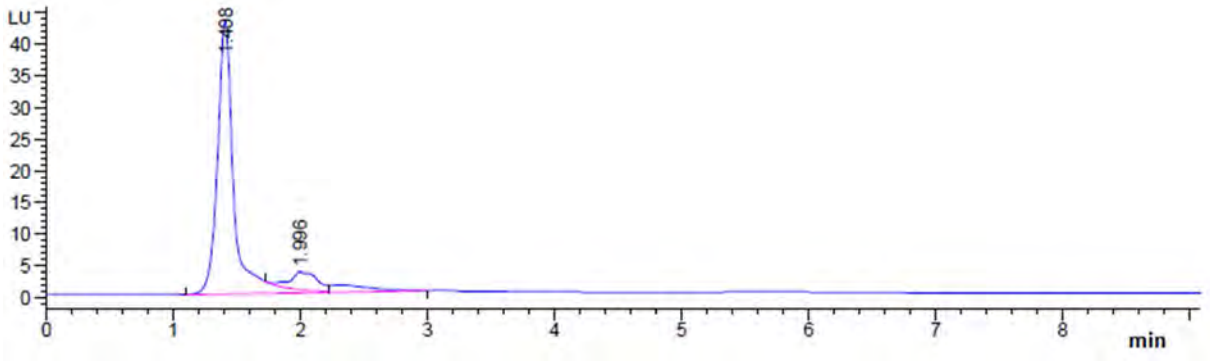


Рис. 2. Хроматограмма основной реакционной массы продуктов синтеза 4-ОАП, растворенной в лороформе (1 мг/мл): 1.408 – 4-ОАП; 1.996 – 4-аминопиридин

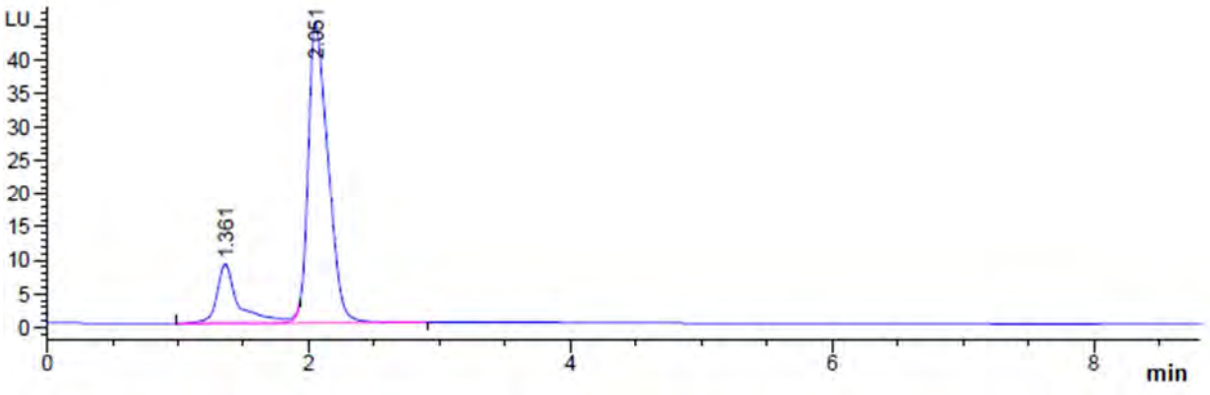


Рис. 3. Хроматограмма черных кристаллов в продуктах синтеза 4-ОАП, растворенных в ацетоне (1 мг/мл): 1.361 – 4-ОАП; 2.061 – ацетон

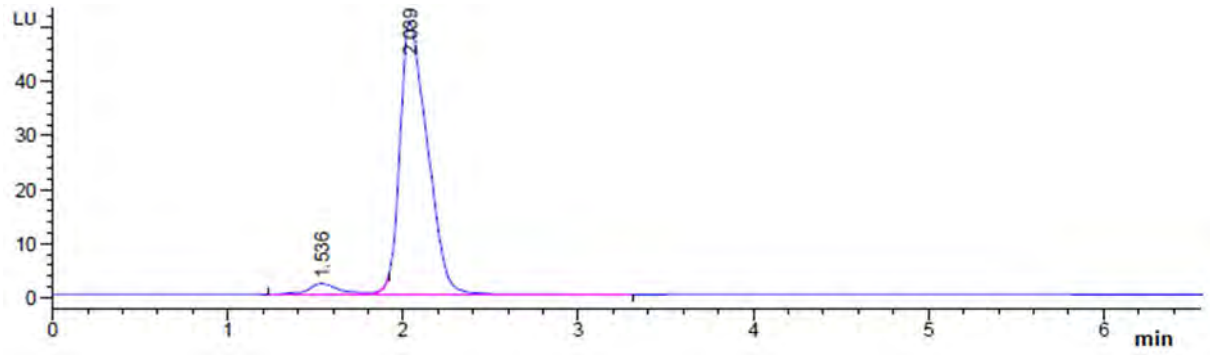


Рис. 4. Хроматограмма желтых кристаллов в продуктах синтеза 4-ОАП, растворенных в ацетоне (1 мг/мл): 1.536 – 4-ОАП; 2.039 – ацетон

Как видно из хроматограмм, 4-ОАП находится в основной фракции реакционной массы продуктов синтеза. В черных кристаллах содержание 4-ОАП в 4 раза выше, чем в желтых кристаллах. Основная масса желтых и черных кристаллов представляет собой соль NaI. Для выделения 4-ОАП из этих продуктов их необходимо объединить, обработать водой и экстрагировать органическую часть хлороформом. Экстракционную вытяжку нужно добавить к основной фракции реакционной массы продуктов синтеза, предварительно растворенной в хлороформе. Остаток 4-аминопиридина можно отделить обработкой полученного раствора водой.

Таким образом, проведенное исследование позволяет разработать способы выделения 4-октиламинопиридина из реакционной массы продуктов синтеза.

Список литературы

1. Борщ Н. А. Разработка способов экстракционного выделения иридия и других платиновых металлов: дис. … канд. хим. наук. – М.: ГЕОХИ АН СССР, 1978.

2. Борщ Н. А., Петрухин О. М. 2-Октиламинопиридин – новый экстракционный реагент // Журнал аналитической химии. – 1978. – Т. 33, вып. 9. – С. 1805–1812.

3. Борщ Н. А., Петрухин О. М. Экстракционное концентрирование иридия и родия 2-октиламинопиридином // Журнал аналитической химии. – 1978. – Т. 33, № 11. – С. 2181–2190.

4. Исследование химизма экстракции иридия 2-октиламинопиридином / Н. А. Борщ, О. М. Петрухин, А. Б. Соколов, И. Н. Марков // Журнал неорганической химии. – 1981. – Т. 26, № 3. – С. 734–743.

5. Координационные соединения платины, палладия и никеля с 2-октиламинопиридином / Н. А. Борщ, О. М. Петрухин, Ю. А. Золотов [и др.] // Координационная химия. – 1981. – Т. 7, № 8. – С. 1242–1249.

6. Борщ Н. А., Мальцева Н. Г. Специфичность межионного взаимодействия в ассоциатах с 2-октиламинопиридином и некоторые аспекты избирательной экстракции неорганических анионов ароматическими аминами // Журнал неорганической химии. – 1982. – Т. 27, № 9. – С. 2355–2363.

7. Борщ Н. А. Экстракционные свойства 2-октиламинопиридина – нового представителя класса основных экстрагентов для платиновых металлов // Теория и практика экстракционных методов. – М.: Наука, 1985. – С. 111–120.

8. 4-Октиламинопиридин – экстракционный реагент на иридий / И. Ф. Серегина, О. М. Петрухин, А. А. Формановский, Ю. А. Золотов // Доклады АН СССР. – 1984. – Т. 275, № 2. – С. 385–387.

9. Хроматография. Практическое приложение метода: [пер. с англ.] / под ред. Э. Хефтмана. – М.: Мир, 1986. – 336 с.

10. Борщ Н. А. Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2006. – № 2(17). – С. 78–83.

Получено 20.01.17

S. V. Sidorenko, Undergraduate, Southwest State University (Kursk) (e-mail: semen.sidorenko.92@mail.ru)

L. S. Ageeva, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: millfi@yandex.ru)

N. A. Borsch, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: nborshch@yandex.ru)

STUDY OF SYNTHESIS OF PRODUCTS 4-OCTILAMINOPYRDIN BY HPLC

Aromatic amines are promising for the extraction separation and isolation of platinum metals. 2-Octylaminopyridin (2-OAP) is proposed as an extractant for the isolation iridium and other platinum metals. 4 Octylaminopyridin (4-OAP) is of particular interest, since it has a much higher basicity heterocyclic nitrogen atom as compared to the 2-OAP: the development of methods of synthesis of 4-OAP - the current direction of research. 4-OAP synthesized by reacting the sodium salt of 4-aminopyridine, obtained by the Chichibabin`s reaction with octyl iodide in a medium of dried dioxane. For the development of ways to select the desired product from the reaction mixture products of synthesis of 4-CAP and purified from admixtures used findings synthesis products by high performance liquid chromatography (HPLC) on a liquid chromatograph «Agilent Technologies 1260 infinity» (Column ZORBAX SB C 18, mobile phase acetonitrile : water = 25:75 (by volume), eluent feed rate - 1 ml / min). HPLC results showed that 4-OAP is a major fraction of the reaction mass synthesis. In the black and yellow crystals, crystals that are deposited on the walls of the reaction flask, 4-OAP content is small, the 4-OAP content in the crystals of ferrous 4 times higher than that in yellow crystals. Most of the yellow and black crystals, is a salt of NaI. To isolate the 4-OAP of these products need to be combined, treated with water and organic part extracted with chloroform. Extraction hood add to the main fraction of the reaction mass fusion products, previously dissolved in chloroform. The residue of 4-aminopyridine can be separated by treating the resulting solution with water.

Key words: *synthesis 4-octilaminopyridin, Chichibabin's reaction, high performance liquid chromatography.*

References

1. Borshch N. A. Razrabotka sposobov ehkstrakcionnogo vydeleniya iridiya i drugih platinovyh metallov: dis. … kand. him. nauk. – M.: GEOHI AN SSSR, 1978.

2. Borshch N. A., Petruhin O. M. 2-Oktilaminopiridin – novyj ehkstrakcionnyj reagent // Zhurnal analiticheskoj himii. – 1978. – T. 33, vyp. 9. – S. 1805–1812.

3. Borshch N. A., Petruhin O. M. Ehkstrakcionnoe koncentrirovanie iridiya i rodiya 2-oktilaminopiridinom // Zhurnal analiticheskoj himii. – 1978. – T. 33, № 11. – S. 2181–2190.

4. Issledovanie himizma ehkstrakcii iridiya 2-oktilaminopiridinom / N. A. Borshch, O. M. Petruhin, A. B. Sokolov, I. N. Markov // Zhurnal neorganicheskoj himii. – 1981. – T. 26, № 3. – S. 734–743.

5. Koordinacionnye soedineniya platiny, palladiya i nikelya s 2-oktilaminopiridinom / N. A. Borshch, O. M. Petruhin, Yu. A. Zolotov [i dr.] // Koordinacionnaya himiya. – 1981. – T. 7, № 8. – S. 1242–1249.

6. Borshch N. A., Mal'ceva N. G. Specifichnost' mezhionnogo vzaimodejstviya v associatah s 2-oktilaminopiridinom i nekotorye aspekty izbiratel'noj ehkstrakcii neorganicheskih anionov aromaticheskimi aminami // Zhurnal neorganicheskoj himii. – 1982. – T. 27, № 9. – S. 2355–2363.

7. Borshch N. A. Ehkstrakcionnye svojstva 2-oktilaminopiridina – novogo predstavitelya klassa osnovnyh ehkstragentov dlya platinovyh metallov // Teoriya i praktika ehkstrakcionnyh metodov. – M.: Nauka, 1985. – S. 111–120.

8. 4-Oktilaminopiridin – ehkstrakcionnyj reagent na iridij / I. F. Seregina, O. M. Petruhin, A. A. Formanovskij, Yu. A. Zolotov // Doklady AN SSSR. – 1984. – T. 275, № 2. – S. 385– 387.

9. Hromatografiya. Prakticheskoe prilozhenie metoda: [per. s angl.] / pod red. Eh. Heftmana. – M.: Mir, 1986. – 336 s.

10. Borshch N. A. Metod vysokoehffektivnoj zhidkostnoj hromatografii // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2006. – № 2(17). – S. 78–83.

УДК 489.017

Г. В. Бурых, канд. хим. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: bgalav@mail.ru)

Е. В. Агеева, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЮМИНИЙСОДЕРЖАЩЕЙ КОМПОЗИЦИИ В АНТИПИРЕНОВОМ ОТДЕЛОЧНОМ СОСТАВЕ

Рассмотрена возможность использования алюминийсодержащей композиции в отделочном составе для повышения огнезащитных свойств текстильных материалов. Использование процессов заключительной отделки на практике должно способствовать продлению эксплуатационных свойств изделий, затормаживать и отодвигать преждевременное наступление морального или физического износа изделия. Огнезащитная пропитка текстильных материалов рассматривается в комплексе мер, направленных на обеспечение пожарной безопасности, сохранности имущества, сохранения жизни и здоровья людей. С целью снижения негативного воздействия огня на текстильные материалы и изделия из них необходимо проводить их специальную пропитку-обработку с использованием композиций, основными компонентами которых являются химические соединения – антипирены. На практике находят применение в основном методы поверхностной обработки текстильных материалов распылением или пропиткой отделочными составами с целью придания огнезащитных свойств текстильным материалам.

Отделочная композиция создана с применением порошка алюминия, полученного из отходов алюминиевого лома методом электроэрозионного диспергирования. Для апробации антипиренового отделочного состава в качестве образцов были выбраны хлопчатобумажные и вискозные текстильные материалы.

Приведены результаты влияния используемого отделочного состава на скорость остаточного горения и остаточного тления целлюлозосодержащих текстильных материалов. Проведенные исследования показывают, что использование алюминийсодержащей композиции в антипиреновом отделочном составе позволяет снизить скорость горения целлюлозосодержащих текстильных материалов.

Изучена устойчивость рассматриваемой композиции к водным растворам ПАВ при температуре 40°С. Выявлено, что огнезащитный эффект устойчив к действию воды, но не устойчив к стирке.

Ключевые слова: *заключительная отделка, аппретирование, антипирены, алюминийсодержащая композиция, электроэрозионное диспергирование, текстильные материалы.*

***

Процессы заключительной отделки в отделочном производстве легкой промышленности позволяют значительно повысить качественные показатели свойств текстильных материалов, долговечности и износостойкости изделий из этих материалов. Операции заключительной отделки позволяют достигнуть улучшения внешнего вида тканей и придания им не только новых, но и специальных свойств. Использование процессов заключительной отделки на практике должно способствовать продлению эксплуатационных свойств изделий, затормаживать и отодвигать преждевременное наступление морального или физического износа изделия. В некоторых случаях при заключительной отделке требуется не только улучшить те или иные эксплуатационные свойства текстильных материалов и повысить санитарно-гигиенические показатели, но и сообщить тканям новые специфические свойства, например огнестойкость.

Большое разнообразие текстильных материалов (тканых и нетканых) находит широкое применение во многих отраслях народного хозяйства как самостоятельные продукты, так и как

вспомогательные вещества. Для текстильных материалов характерен определенный набор свойств, определяемый их строением. Наряду с положительными свойствами они, например, обладают повышенной пожарной опасностью [1]. При контакте с источником зажигания они быстро загораются и являются как очагом пожара, так и местом быстрого распространения огня. В комплекс мер, направленных на обеспечение пожарной безопасности, на сохранение жизни и здоровья людей при возникновении пожара, а также сохранности имущества, включена и огнезащитная пропитка текстильных материалов.

С целью снижения негативного воздействия огня на текстильные материалы и изделий из них необходимо проводить их специальную пропитку-обработку с использованием композиций, основными компонентами которых являются химические соединения – антипирены.

Антипирены в силу своего строения и свойств при возгорании текстильных материалов и изделий из них:

– уменьшают скорость распространения огня;

– существенно снижают дымообразующую способность;

– уменьшают объемы токсичных продуктов, образующихся при горении.

Обработка текстильного материала огнезащитным аппретирующим составом в количестве от 1 до 5% от массы материала придает ему целиком специфические свойства, обусловленные наличием в пропиточном составе антипиренов. Другими словами, аппрет, находящийся на текстильном материале в относительно небольшом количестве, переносит свои свойства на всю массу, на весь объем, на всю поверхность материала. Составы аппретирующих пропиток для придания тканям огнестойкости и негорючести весьма разнообразны [2].

Наибольшее распространение с этой целью получили галогенсодержащие, фосфорсодержащие, азотсодержащие соединения, а также соединения, содержащие металлы. Подобного рода соединения должны быть нетоксичны, экологически чисты, безвредны для живых организмов.

Доля применения металлсодержащих соединений в составе аппретов с антипиреновыми свойствами в последнее время возрастает. Для таких составов характерна более низкая стоимость и экологическая безопасность по сравнению с препаратами на основе неметаллов и галогенов.

В составе огнезащитной композиции для аппретирования текстильных материалов в качестве антипиреновой добавки использовался алюминийсодержащий нанопорошок, полученный в процессе электроэрозионного диспергирования алюминиевых отходов.

Механизм огнезащитного действия в данном случае основан на эффекте эндотермического разложения антипирена. Процесс разложения сопровождается выделением кристаллизационной влаги (до 34%) и понижением температуры в зоне возгорания ниже точки воспламенения. Образующийся пар на поверхности частиц антипирена способствует уменьшению доступа кислорода к зоне горения. Поглощая часть теплоты, антипирен снижает скорость горения и скорость разложения материала. Пленка оксидов и гидроксидов металлов на волокне снижает скорость горения, но не устраняет тления [3].

На практике находят применение в основном методы поверхностной обработки текстильных материалов распы-

лением или пропиткой отделочными составами с целью придания огнезащитных свойств текстильным материалам.

Материалы, содержащие в своем составе целлюлозу, находят широкое применение в силу своих положительных свойств. Наряду с положительными качествами они обладают довольно большой скоростью сгорания, что может привести к необратимым последствиям. Для апробации антипиренового отделочного состава в качестве образцов были выбраны хлопчатобумажные и вискозные текстильные материалы. Хлопчатобумажные текстильные материалы состоят в основном из целлюлозы хлопка и являются натуральным материалом растительного происхождения. Вискозные текстильные материалы получают путем химической переработки древесной целлюлозы и относят к искусственным материалам.

В ходе исследования было изучено влияние алюминийсодержащих порошков в составе отделочной композиции на огнезащитные свойства указанных текстильных материалов. Эксперимент проводился на целлюлозосодержащих текстильных материалах методом определения изменения скорости горения исходного образца текстильного материала и образца, обработанного антипиреновым составом, содержащим нанопорошок алюминия, полученный методом ЭЭД [4].

Огнезащитная отделка текстильных материалов проводилась путем пропитки ткани составом, содержащим порошок алюминийсодержащей композиции, при температуре 20ºС до 100%-ной остаточной влажности. Далее образцы подсушивались при температуре 50ºС и снова пропитывались составом с последующим 100%-ным отжимом [2]. После высушивания при температуре 90–100ºС, охлаждения и кондиционирования образцы подвергались испытанию на горючесть в соответствии с ГОСТ [5].

Результаты по итогам испытаний представлены в виде диаграммы изменения времени остаточного горения и остаточного тления образца после прекращения действия пламени (рис. 1).

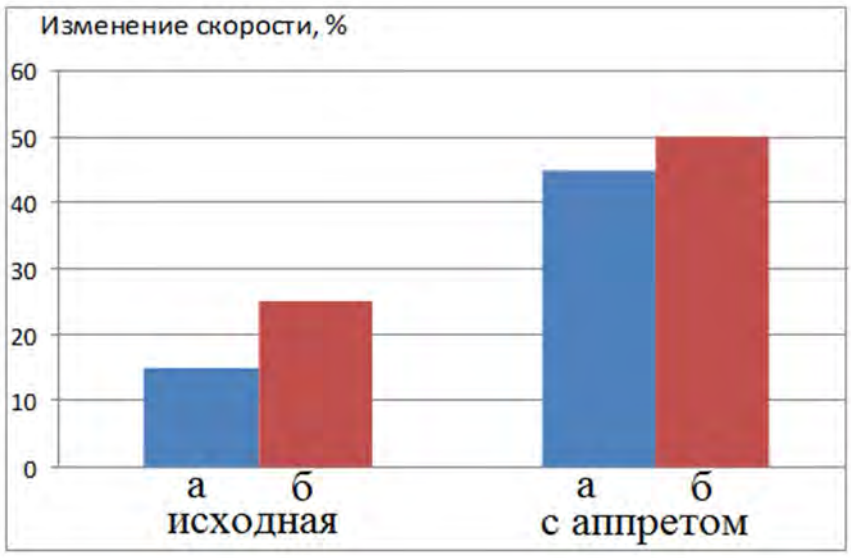


Рис. 1. Изменение скорости остаточного горения и остаточного тления образца после прекращения действия пламени: а – хлопок; б – вискоза

Полученные результаты свидетельствуют об изменении скорости остаточного горения и остаточного тления образцов после обработки их алюминийсодержащей композицией. Время остаточного горения и остаточного тления исходных и обработанных образцов различается почти в два раза.

В ходе дальнейших исследований было установлено, что количество алюминийсодержащей композиции в антипиреновом отделочном составе оказывает влияние на огнезащитные свойства текстильных материалов.

Вначале наблюдается повышение процентного соотношения изменения скорости горения аппретированных и исходных образцов хлопчатобумажной ткани. Увеличение же количества нанопорошка в аппретирующем составе приводит к снижению скорости горения и получению практически соизмеримых значений.

Текстильные материалы в условиях эксплуатации постоянно претерпевают физико-механические и химические воздействия различного рода. Практически все текстильные материалы в процессах их использования подвергаются водным мыльно-содовым обработкам на стадии стирки. В связи с этим была исследована устойчивость рассматриваемой алюминийсодержащей композиции к стирке.

Образцы прошли несколько циклов стирки в водном растворе ПАВ при температуре 40ºС и модуле ванны 30 [6]. Полученные данные приведены в виде графической зависимости времени горения образца от числа циклов стирки (рис. 2).

Выявлено, что огнезащитный эффект устойчив к действию воды, но не устойчив к стирке.

Проведенные исследования показывают, что использование алюминийсодержащей композиции в антипиреновом отделочном составе позволяет снизить скорость горения целлюлозосодержащих текстильных материалов.

Используемый алюминиевый порошок для огнезащитной обработки нами был получен методом электроэрозионного диспергирования (ЭЭД). Процесс ЭЭД алюминиевых изделий представляет собой разрушение токопроводящего материала в результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между электродами того же материала. В зоне разряда под действием высоких температур происходит нагрев, расплавление и частичное испарение материала. Данный метод получения порошка отличается относительно невысокими энергетическими затратами, безвредностью и экологической чистотой процесса, отсутствием механического износа оборудования [7–8].

Получаемые таким образом порошки содержат в своем составе в основном частицы сферической формы размером от нескольких нанометров до сотен микрон, что видно из снимка, полученного на растровом электронном микроскопе «EOL JSM-6610». Порошок, полученный методом ЭЭД из алюминиевых отходов, в основном состоит из частиц правильной сферической формы (или эллиптической) с включениями частиц неправильной формы (конгломератов) и осколочной формы. Снимок с растрового электронного микроскопа частиц порошка представлен на рисунке 3.

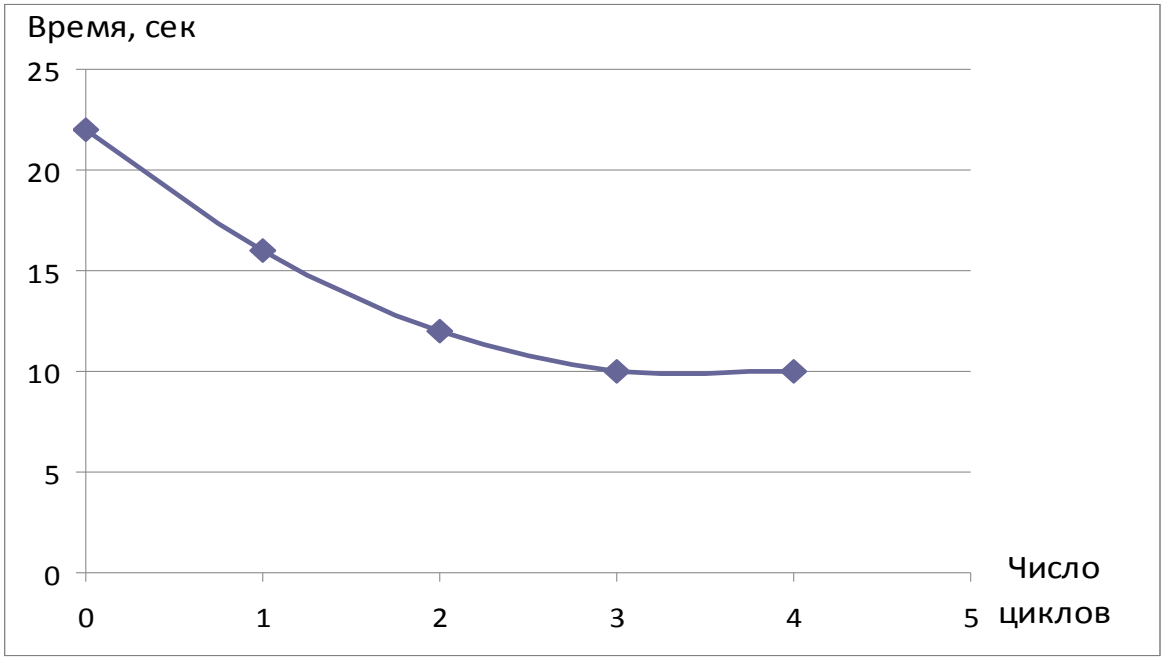


Рис. 2. Изменение скорости остаточного горения и остаточного тления образца после прекращения действия пламени в зависимости от числа циклов стирки

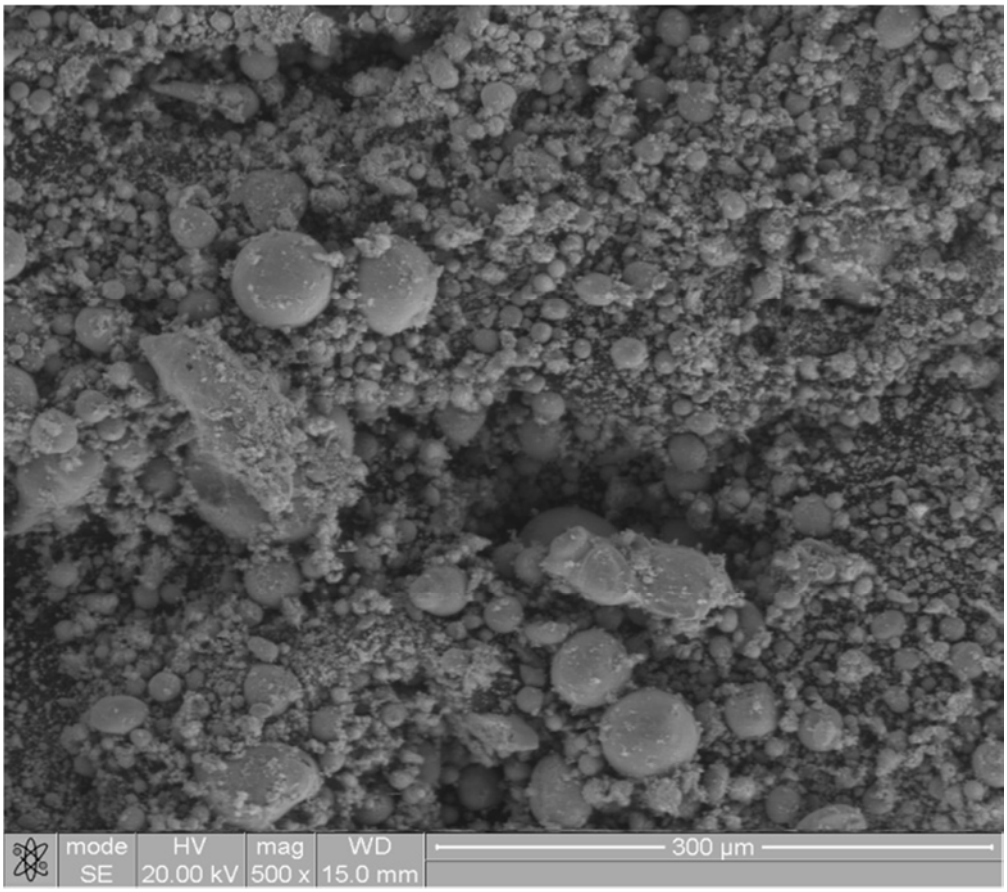


Рис. 3. Снимок алюминийсодержащей композиции с растрового электронного микроскопа

На основании рентгеноструктурного анализа было установлено, что основными фазами в порошке, полученном методом электроэрозионного диспергирования в дистиллированной воде при частоте импульсов 100 Гц, напряжении на электродах 150 В и емкости конденсаторов 35,5 мкФ, являются метагидроксид алюминия (AlO(OH)), трехводный оксид алюминия ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$) и алюминий (Al).

Используемая нами алюминийсодержащая композиция получена из алюминиевого лома и имеет довольно низкую стоимость (в 10–15 раз дешевле по сравнению с органическими замедлителями горения). Продукты разложения данной композиции при горении содержащих его материалов не оказывают загрязняющего влияния на окружающую среду [9–10]. Алюминийсодержащая композиция в отделочном огнезащитном составе может выступать альтернативным вариантом замены распространенных и весьма не экологичных галогенсодержащих антипиреновых составов.

Список литературы

1. Краткий курс химической технологии волокнистых материалов / Т. Д. Балашова, Н. Е. Булушева [и др.]. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 200 с.

2. Хархаров А. А. Печатание и заключительная отделка волокнистых материалов: учеб. пособие. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 129 с.

3. Бурых Г. В., Агеева Е. В., Роик Б. О. Использование гидроксида алюминия, полученного методом электроэрозионного диспергирования, в составе огнезащитной композиции // Современные автомобильные материалы и технологии – 2014: материалы Международной научно-технической конференции / Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2014. – С. 26–29.

4. Бурых Г. В., Агеева Е. В. Огнезащитная композиция на основе гидроксида алюминия, полученного методом электроэрозионного диспергирования // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2015. – № 3. – С. 13–17.

5. ГОСТ Р ИСО 6940-2009. Материалы текстильные. Характеристики горения. Метод определения воспламеняемости. – М.: Стандартинформ, 2011. – 20 с.

6. Новорадовская Т. С. Лабораторный практикум по химической технологии текстильных материалов: учеб. пособие для ВУЗов / под ред. Г. Е. Кричевского. – М.: РосЗИТЛП, 1994. – 400 с.

7. Пат. МПК C22F 9/14, C23H 1/02, B82Y 40/00. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е. В. [и др.]; заявитель и потентообладатель Юго-Западный государственный университет. – № 2010104316/02; заявл. 08.02.2010; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 13.

8. Определение основных закономерностей процесса получения порошков методом электроэрозионного диспергирования / Е. В. Агеев, Е. В. Агеева, А. С. Чернов, Г. С. Маслов, Е. И. Паршина // Известия Юго-Западного государственного университета / Серия: Техника и технологии. – 2012. – № 2, ч. 1. – С. 85–90.

9. Огнезащитная обработка тканей для автомобильных чехлов / Е. В. Агеева, Г. В. Бурых, М. А. Зубарев, А. С. Осьминина // Актуальные вопро-

сы инновационного развития транспортного комплекса: материалы 5-й Международной научно-практической конференции. – Орел: Изд-во ФГБОУ ВО ОГУ им. И. С. Тургенева, 2016. – С. 2-8.

10. Бурых Г. В., Брусенцев А. И. Искусственная кожа в отделке салона автомобиля // Современные автомобильные материалы и технологии – 2016: сборник статей 8-й Международной научно-технической конференции / Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2016. – С. 57–60.

Получено 06.02.17

G. V. Buryh, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: bgalav@mail.ru)

E. V. Ageeva, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: ageeva-ev@yandex.ru).

THE USE OF ALUMINIUM CONTAINING COMPOSITIONS FLAME RETARDANT FINISHING THE COMPOSITION

Possibility of use of the aluminium content Jasa composition, a finishing composition to enhance the fire-protective properties of textile materials. Using the process of the final finish in practice, must contribute to the extension of performance properties of products satimage-VAT and delay the premature onset of physical or moral wear of the product. Fire-retardant treatment of textile materials is considered in the complex of measures aimed at ensuring fire safety, safety of property, preservation of life and health of people. To reduce the negative tion of the impact of fire on textile materials and articles thereof, necessary to carry out their special impregnation-treatment using the compositions, the main components of which are chemical compounds - flame retardants. In practice find use mainly methods of surface treatment of textile materials by spraying or impregnation otdela-governmental formulations to impart flame retardant properties tech-stylish materials.

The finishing composition was created with the use of aluminium powder obtained from waste aluminum scrap by the method of electroerosion dispersion.

Studied stability under consideration of the composition to the aqueous solutions of surfactants at a temperature of 40°C. It is revealed that the fire-protective effect resistant to the action of water, but not resistant to washing.

Key words: *final finishing, dressing, flame retardants, aluminum containing composition, electroerosioning dispersion, textile materials.*

References

1. Short course of chemical technology of fiber-necessary materials / T. D. Balashova, N. E. Bulusheva [et al.]. – M.: Light and food industry, 1984. – 200 p.

2. Kharkharov A. A. Printing and final finishing of fibrous materials: a training manual. – L.: Publishing house leningr. University press, 1984. – 129 p.

3. Buryh G. V., Ageeva E. V., Roik B. O. the Use of aluminum hydroxide obtained by electroerosion dispersion in the flame retardant composition of the song // SAMIT-2014: materials of International scientific-technical conference. – Kursk, 2014. – P. 26–29.

4. Buryh G. V., Ageeva E. V. Fire-Retardant composition on the basis of aluminium hydroxide obtained by the method of electroerosion dispersion // Proceedings of the Southwest State University. – 2015. – No 3.– S. 13–17.

5. GOST R ISO 6940-2009. Textile products. Combustion characteristics. Method to determine the Flammability. – M.: Standartinform, 2011. – 20 p.

6. Novorodovskaya T. S. Laboratory workshop on Chi-chemical technology of textile materials: proc. manual for Universities / ed. by G. E. Krichevsky. – M.: Roszitlp, 1994. – 400 p.

7. Patent IPC C22F 9/14, C23H 1/02, B82Y 40/00. The installation for obtaining of nanodispersed powders of conductive materials / Ageev E. V. [et al.]; applicant and potentiometer Southwest State University. – No 2010104316/02; Appl. 08.02.2010; publ. 10.05.2012, Bull. No 13.

8. Determination of the main regularities of the process of obtaining powders by a method of electroerosive dispersiotion / E. V. Ageev, E. V. Ageeva, A. S. Chernov, S. G. Maslov, E. I. Parshina // Proceedings of the Southwest State University. Series: Technics and Technologies. – 2012. – No 2, ch. 1 – P. 85–90.

9. Fire-Retardant treatment of fabrics for car seat covers / E. V. Ageeva, G. V. Buryh, M. A. Zubarev, A. S. Osminina // Topical issues of innovative development of a transport complex: materials of 5-th International scientific-practical conference. – Orel: FGBOU VO OGU them. I. S. Turgenev, 2016. – P. 2–8.

10. Buryh G. V. Brusentsev A. I. Faux leather trim car // SAMIT-2016: collected papers of the 8th International scientific-technical conference / Southwest State University. – Kursk, 2016. – S. 57–60.

УДК 547:873

Л. М. Миронович, д-р хим. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: lm.myronovych@mail.ru)

Л. К. Любаева, магистрант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: lyubov_lyubaeva@mail.ru)

Е. Д. Даева, мл. науч. сотрудник, Институт органической химии имени Н. Д. Зелинского РАН (Москва) (e-mail:daeva@ioc.ac.ru)

МЕТИЛЕНАКТИВНЫЕ И КАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ В РЕАКЦИЯХ С 3-ГИДРАЗИНО-1,2,4-ТРИАЗИН-5(2*H*)-ОНАМИ

*6-трет-Бутил-3-гидразино-1,2,4-триазин-5(2Н)-он **(I)** получали гидразинолизом 6-трет-бутил-3,4-дигидро-3-тиоксо-1,2,4-триазин-5(2Н)-она в спиртовой среде. При кипячении 6-трет-бутил-3-гидразино-1,2,4-триазин-5(2Н)-она с цианоуксусным эфиром в щелочной среде (КОН) получен 6-трет-бутил-3-(5-гидрокси-3-оксо-2,3-дигидро-1Н-пиразол-1-ил)-1,2,4-триазин-5(2Н)-он **(II)** вместо ожидаемого 6-трет-бутил-3-(5-амино-3-оксо-2,3-дигидро-1Н-пиразол-1-ил)-1,2,4-триазин-5(2Н)-она. Вследствие наличия воды в реакционной смеси прошел гидролиз по аминогруппе. Масс-спектр соединения **II** подтверждает его структуру: 251(M^+). При проведении реакции в описанных условиях (кипячение в спиртовой среде смеси соединения **(I)** и цианоуксусного эфира) не удалось выделить триазолотриазин. Из кипящего раствора соединения **(I)** с уксусным ангидридом в неполярном растворителе выделен продукт моноацетилирования – N'-(6-трет-бутил-5-оксо-2,5-дигидро-1,2,4-триазин-3-ил)ацетогидразид **(IV)**. Из кипящей смеси соединения **(I)** и избытка ледяной уксусной кислоты выделен N′-ацетил-N-(6-трет-бутил-5-оксо-2,5-дигидро-1,2,4-триазин-3-ил)ацетогидразид **(III)**. Ацилирование по атому азота в положении 2 триазина не происходит, что подтверждается наличием синглета протона при 12.36, 12.35 и 12.16 м.д. в спектрах ЯМР ^{1}Н соединений **(III-V)** соответственно. N'-(6-трет-Бутил-5-оксо-2,5-дигидро-1,2,4-триазин-3-ил)бензогидразид **(V)** получен при нагревании (80-85°С) 6-трет-бутил-3-гидразино-1,2,4-триазин-5(2Н)-она со свежеперегнанным хлористым бензоилом. Бензогидразид **V** использовали для получения бициклической системы – 6-трет-бутил-3-фенил[1,2,4]триазоло[4,3-b][1,2,4]триазин-7(8Н)-она **(VI)**. Реакцию проводили кипячением с окситрихлоридом фосфора в безводном ксилоле. Строение соединений подтверждено данными элементного анализа, ИК-, ЯМР- и масс-спектрометрии.*

Ключевые слова: *1,2,4-триазин, триазоло[4,3-b][1,2,4]триазин, конденсации, ацилирование.*

***

Введение

Химия 1,2,4-триазинов широко изучается химиками-синтетиками в связи с проявлением их производных биологических свойств. Среди производных 1,2,4-триазина найдены соединения, обладающие гербицидной, бактерицидной, фунгицидной активностями, а также противовоспалительным, анальгетическим, диуретическим действием и другими видами фармацевтической активности [1]. Ранее [2, 3] изучены реакции карбонильных соединений, изоцианатов, аренсульфонилхлоридов с производными 5- и 6-гидразино-1,2,4-триазинами.

В результате исследований установлено, что в обычных условиях проведения реакций происходит замещение по гидразиногруппе с образованием соответствующих моногидразинопроизводных 1,2,4-триазина. Гетероциклизации по атомам азота триазинового кольца не происходит, что обусловлено как условиями проведения реакций, так и строением исходных триазинов.

Изучено взаимодействие метиленактивных соединений, в частности цианоуксусного эфира, с 3-метилмеркапто-1,2,4-триазинами, приводящее к производным пиразоло[5,1-c] [1, 2, 4]

триазинов, и изучены их химические свойства [4–6].

Целью исследования явилось изучение взаимодействия метиленактивных соединений, карбоновых кислот, хлорангидридов и ангидридов кислот с производными 3-гидразино-1,2,4-триазинов.

Экспериментальная часть

ИК-спектры веществ получали на приборе UR-10 в таблетках KBr. Спектры ЯМР ^{1}H в ДМСО-D_6 записывали на спектрометре Tesla BS –487B с рабочей частотой 80 МГц, внутренний стандарт – ГМДС. Масс-спектры записывали на масс-спектрометре МС-1302. Чистоту продуктов реакций контролировали методом ТСХ на пластинах Silufol UV-254 в системе хлороформ – ацетон – бензол, 1:3:1.

6-*трет*-Бутил-3-(5-гидрокси-3-оксо-2,3-дигидро-1*H*-пиразол-1-ил)-1,2,4-триазин-5(2*H*)-он (II). К спиртовому раствору едкого калия при перемешивании добавляли 1.83 г (0.01 моль) соединения **(I)**, 1.7 г (0.015 моль) цианоуксусного эфира и кипятили 5 ч. Избыток растворителя отгоняли на водяной бане, охлаждали смесь, добавляли к ней несколько капель ледяной уксусной кислоты до pH 7, осадок отфильтровывали и сушили на воздухе.

После перекристаллизации из 2-пропанола получили 1.2 г (48 %) бесцветного кристаллического вещества с т. пл. 201-202^o С. Масс-спектр, m/z: 251 (M^+); 208, 153, 140, 125, 112, 99, 86, 68, 57, 42. Найдено, %: С 47.7; Н 5.3; N 27.6. $C_{10}H_{13}N_5O_3$. Вычислено, %: С 47.8; Н 5.22; N 27.88.

N′-Ацетил-N-(6-*трет*-бутил-5-оксо-2,5-дигидро-1,2,4-триазин-3-ил)ацетогидразид (III). В 10 мл кипящей уксусной кислоты нагревали 5 ч 1.83 г (0.01 моль) соединения **(I)**. Реакционную смесь охлаждали, фильтровали, к фильтрату добавляли 20 мл дистиллированной воды. Осадок отфильтровывали, сушили на воздухе и перекристаллизовывали из 2-пропанола.

Получили 2.24 г (84%) бесцветного кристаллического вещества с т. пл. 226-227^{o}С. ИК-спектр, ν, см$^{-1}$: 1710, 1690, 1665 (С=О). Спектр ЯМР ^{1}H, δ, м.д.: 12.36 (с, 1H), 10.34 (с,1H), 1.96 (с, 6H), 1.28 (с, 9H). Найдено, %: С 49.4; Н 6.4; N 26.3. $C_{11}H_{17}N_5O_3$. Вычислено, %: С 49.43; Н 6.41; N 26.20.

N'-(6-*трет*-бутил-5-оксо-2,5-дигидро-1,2,4-триазин-3-ил)ацетогидра-зид (IV). Кипящую смесь 1.83 г (0.01 моль) соединения **(I)**, 1.2 мл (0.01 моль) уксусного ангидрида и 20 мл безводного бензола нагревали 5 ч, фильтровали горячей, охлаждали фильтрат, избыток бензола удаляли в вакууме. К остатку добавляли смесь 2-пропанол – вода, 1:2, выпавший осадок отфильтровывали, сушили на воздухе и перекристаллизовывали из 2-пропанола.

Получили 1.8 г (80%) желтого кристаллического вещества с т. пл. 221-222^{o}С. ИК-спектр, ν, см$^{-1}$: 1665,1710 (С=О); 3210 (N-H). Спектр ЯМР ^{1}H, δ, м.д.: 12.35 (с, 1H), 1.98 (с, 3H), 1.28 (с, 9H). Найдено, % : С 47.8; Н 6.7; N 31.1. $C_9H_{15}N_5O_2$. Вычислено, %: С 48.0; Н 6.7; N 31.09.

N'-(6-*трет*-Бутил-5-оксо-2,5-дигидро-1,2,4-триазин-3-ил)бензогидразид (V). Кипящую смесь 0.92 г (2 ммоль) соединения **(I)** и 10 мл хлористого бензоила нагревали 5 ч. Затем охлаждали, осадок отфильтровывали, сушили на воздухе и перекристаллизовывали из смеси 2-пропанол – вода, 1:2.

Получили 1.2 г (84%) бесцветного кристаллического вещества с т. пл. 223-

224° С. ИК-спектр, ν, см$^{-1}$: 1665,1725 (С=О). Спектр ЯМР ^{1}Н, δ, м.д.: 1.28 (с,9Н), 7.53-7.94 (м,5Н), 9.3 (с,1Н), 10.48 (с,1Н), 12.67 (с,1Н). Найдено, %: С 58.5; Н 6.0; N 24.4. $C_{14}H_{17}N_5O_2$. Вычислено, %: С 58.52; Н 5.96; N 24.37.

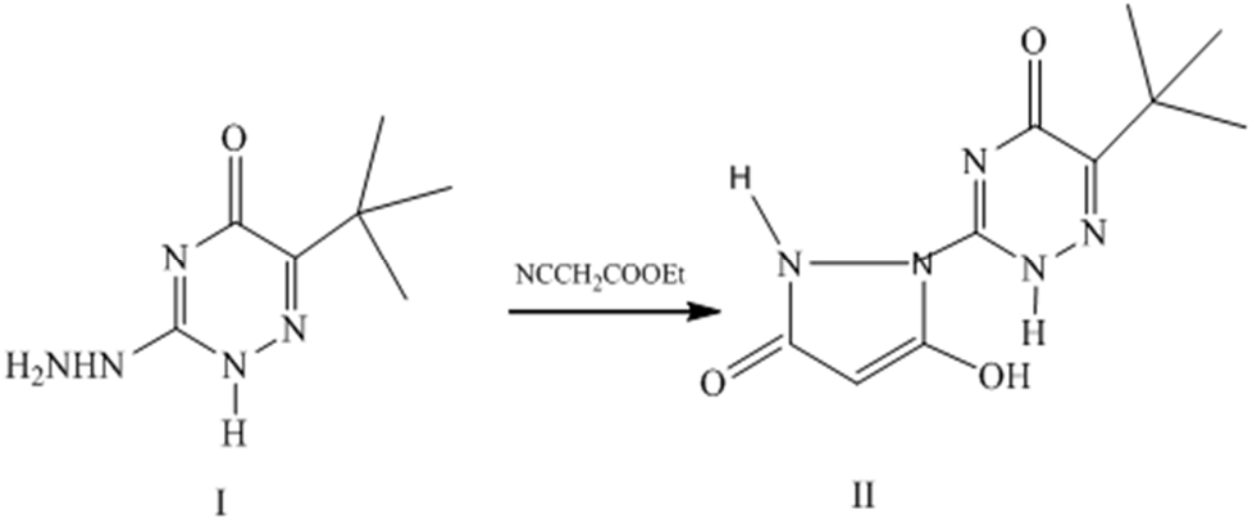
6-*трет*-Бутил-3-фенил[1,2,4]триазоло[4,3-*b*]-[1,2,4]триазин-7(8*H*)-он (VI). Кипящую смесь 0.57г (2 ммоль) соединения **(V)**, 2 мл $POCl_3$ и 20 мл безводного ксилола нагревали 8 ч. Избыток растворителя и окситрихлорида фосфора отгоняли в вакууме, к остатку добавляли смесь 2-пропанол – вода, 1:1, и оставляли на ночь. Осадок отфильтровывали, сушили на воздухе и перекристаллизовывали из смеси 2-пропанол – вода, 1:2. Получили 0.36 г (67%) бесцветного кристаллического вещества с т. пл. 248-249° С. ИК-спектр, ν, см$^{-1}$: 1714 (С=О). Спектр ЯМР ^{1}Н, δ, м.д.: 1.34 (с, 9Н), 7.33-7.77 (м, 5Н), 9,8 (с, 1Н). Масс-спектр, m/z: 269(M^+), 254, 240, 226, 214, 199, 187, 173, 160, 146, 138, 129, 113, 104, 96, 77, 68, 57, 41. Найдено, %: С 62.5; Н 5.6; N 26.3. $C_{14}H_{15}N_5O$. Вычислено, %: С 62.44; Н 5.62; N 26.0.

Обсуждение результатов

Исходный 6-*трет*-бутил-3-гидразино-1,2,4-триазин-5(2*H*)-он **(I)** (т. пл. 270–271°С) получали гидразинолизом 6-*трет*-бутил-3,4-дигидро-3-тиоксо-1, 2,4-триазин-5(2*H*)-она в спиртовой среде согласно методике [7].

При кипячении цианоуксусного эфира в спиртовом растворе едкого калия с соединением **(I)** выделен 6-*трет*-бутил-3-(5-гидрокси-3-оксо-2,3-дигидро-1Н-пиразол-1-ил)-1,2,4-триазин-5(2Н)-он **(II)** (схема 1).

Схема 1



I II

Известно [8], что цианоуксусный эфир в щелочной среде находится преимущественно в енольной форме. Атака нуклеофильного центра (аминогруппы гидразинового остатка) проходит по электрофильному центру енолят-иона цианоуксусного эфира с образованием тетраэдрического интермедиата, стабилизация которого происходит в результате отщепления этилового спирта. Гидразид цианоуксусной кислоты при нагревании циклизуется в со-

ответствующее производное пиразола. В связи с тем, что реакцию проводили в присутствии воды, вместо ожидаемого 3-(5-амино-3-оксо-2,3-дигидро-1Н-пиразол-1-ил)-6-*трет*-бу-тил-1,2,4-триазин-5(2Н)-она выделили соединение **(II)**. Известно также [9], что при взаимодействии цианоуксусного эфира с замещенными гидразинами происходит их циклизация с образованием конденсированных систем. При проведении реакции в описанных условиях (кипячение в спиртовой среде смеси соединения **(I)** и цианоуксусного эфира) не удалось выделить ожидаемый триазолотриазин. В масс-спектре соединения **(II)** наблюдается пик молекулярного иона с m/z 251 (M^+).

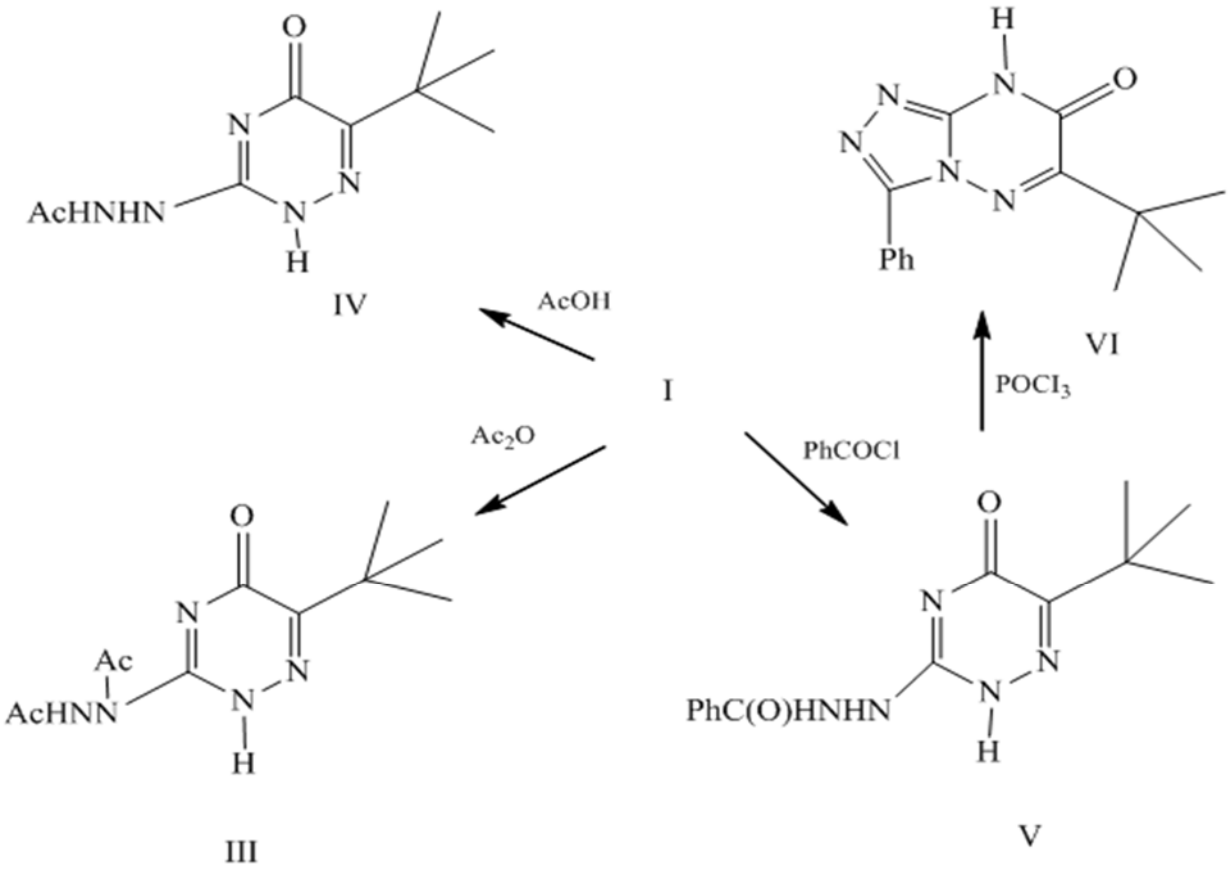
Проведены реакции ацилирования. В качестве ацилирующих агентов использовали уксусный ангидрид, хлористый бензоил, уксусную кислоту.

Ацетилирование соединения 1 в зависимости от ацетилирующего агента приводит к продукту моноацетилирования или диацетилирования. Из кипящего раствора соединения **(I)** с уксусным ангидридом в неполярном растворителе выделен продукт моноацетилирования – N'-(6-*трет*-бутил-5-оксо-2,5-дигидро-1,2,4-триазин-3-ил)ацетогидразид **(IV)**. Из кипящей смеси соединения **(I)** и избытка ледяной уксусной кислоты выделен N′-ацетил-N-(6-*трет*-бутил-5-оксо-2,5-дигидро-1,2,4-триазин-3-ил)ацетогидразид **(III)** (схема 2). В ИК-спектре соединения **III** наблюдают три характеристические полосы поглощения карбонильных групп при 1710 и 1690 $см^{-1}$ (ацетильных остатков) и при 1665 $см^{-1}$ (C^3=O), а в ИК-спектре соединения **IV** – при 1710 и 1665 $см^{-1}$. Интенсивности протонов в спектрах ЯМР ^{1}Н отвечают синтезированным соединениям.

При нагревании при 80–85^{o}С соединения **(I)** с избытком свежеперегнанного хлористого бензоила происходит образование N'-(6-*трет*-бутил-5-оксо-2,5-дигидро-1,2,4-триазин-3-ил)бензогидразида **(V)**. Реакции ацилирования протекают по механизму нуклеофильного замещения, не отличающегося от общепринятого. Ацилирование по атому азота в положении 2 триазина не происходит, что подтверждается наличием синглета протона при 12.36, 12.35 и 12.16 м.д. в спектрах ЯМР ^{1}Н соединений **(III-V)** соответственно. Характеристическая полоса поглощения карбонильной группы бензоильного остатка находится при 1725 $см^{-1}$.

Кипячение соединения **V** с окситрихлоридом фосфора в инертном растворителе (ксилоле) привело к выделению 6-*трет*-бутил-3-фенил[1,2,4]триазоло[4,3-b][1,2,4]триазин-7(8*H*)-она **(VI)**. Синглет протонов *трет*-бутильного заместителя в спектре ЯМР ^{1}Н соединения **VI** расположен при 1.34 м. д., а мультиплет протонов фенильного заместителя находится при 7.33-7.77 м. д. Валентным колебаниям карбонильной группы триазинового кольца бициклической системы соответствует полоса поглощения при 1714 $см^{-1}$ в ИК-спектре соединения **(VI)**, которая смещена в область более коротких длин волн по сравнению со спектром исходного соединения **(V)** (схема 2).

Схема 2



Образование бициклической системы происходит за счет внутримолекулярной атаки нуклеофильного центра, в качестве которого выступает атом азота в положении 2 триазинового кольца по электрофильному центру карбонильной группы с последующим отщеплением воды от тетраэдрического интермедиата. Масс-спектр соединения **VI** подтверждает его строение: пик молекулярного иона с m/z 269 (M^+).

Заключение

Синтезированы ацилпроизводные по гидразиновой группе 3-гидразино-1,2,4-триазина. Проведена циклизация продукта бензоилирования с получением производного [1,2,4]триазоло[4,3-*b*][1,2,4]триазина. Соединения интересны в качестве биологически активных соединений.

Список литературы

1. Миронович Л. М., Промоненков В. К. 1,2,4-Триазины // Итоги науки и техники ВИНИТИ. Серия: Органическая химия. – 1990. – Т. 22. – С. 3–267.

2. Миронович Л. М. Синтез производных 5-гидразино-6-R-1,2,4-триазин-3(2H)-онов // Украинский химический журнал. – 2000. –Т. 66, № 8. – С. 122–124.

3. Миронович Л. М., Иващенко Е. Д. Реакционная способность 6-гидразино-2,4-диметил-1,2,4-триазин-3,5-дионов // Известия вузов. Серия: Химия и химические технологии. – 1999. – Т. 42, вып. 4. – С. 97–100.

4. Миронович Л. М., Подольникова А. Ю. Синтез и реакционная способность 3-трет-бутил-8-R-пиримидо [4`,5`:3,4] пиразоло[5,1-c][1,2,4]триазин-4,10(6H,9H)-дитионов // Журнал орга-

нической химии. – 2015. – Т. 51, №3. – С. 411–414.

5. Миронович Л. М., Щербинин Д. В. Диазотирование и формолиз 7-амино-3-трет-бутил-8-R-пиразоло[5,1-c][1,2,4] триазин-4(6H)-онов // Журнал органической химии. – 2014. – Т. 50, № 12. – С. 1876–1878.

6. Миронович Л. М., Щербинин Д. В. Синтез 7-амино-3-трет-бутил-8-(2H-тетразол-5-ил)пиразоло [5,1-c][1, 2,4]триазин-4(6H)-она // Журнал органической химии. – 2014. – Т. 50, №7. – С. 1085–1086.

7. Kalfus K. Ionisation einiger 1,2,4-triazine // Collect. Czech. Chem. Commun. – 1968. Vol. 33, No 9. – P. 2962–2969.

8. Кери Ф., Сандберг Р. Углубленный курс органической химии. – М.: Химия, 1981. – Ч. 1. – 520 с.

9. Внутримолекулярное взаимодействие нитрильной и аминогрупп / Ф. С. Бабичев, Ю. А. Шаранин, В. К. Промоненков, В. П. Литвинов, Ю. М. Воловенко. – Киев: Наукова думка, 1987. – 240 с.

Получено 16.02.17

L. M. Mironovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: lm. myronovych@mail.ru)

L. K. Lyubaeva, Undergraduate, Southwest State University (Kursk) (e-mail: lyubov_lyubaeva@mail.ru)

E. D. Daeva, Junior Research Assistant, N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry Russian Academy of Sciences (Moscow) (e-mail:daeva@ioc.ac.ru)

METHYL ACTIVE AND CARBONYL COMPOUNDS IN REACTIONS WITH 3-HYDRAZINO-1,2,4-TRIAZIN-5 (2*H*)-ONES

6-tert-Butyl-3-hydrazino-1,2,4-triazin-5 (2H) -one (I) obtained hydrazinolysis 6-tert-butyl-3,4-dihydro-3-thioxo-1,2,4 triazin-5 (2H) -one in alcoholic medium. When boiling 6-tert-butyl-3-hydrazino-1,2,4-triazin-5(2H)-one cyanoacetic ester in alkaline solution (KOH) is obtained 6-tert-butyl-3-(5-hydrooxo-3-oxo-2,3- dihydro -1H-pyrazol-1-yl)-1,2,4-triazin-5(2H)-one (II), instead of the expected 6-tert-butyl-3- (5-amino -3-oxo-2,3-dihydro-1H-pyrazol-1-yl) -1,2,4-triazin-5 (2H) -one. Due to the presence of water in the hydrolysis reaction mixture was held at the amino group. Mass spectrum of the compound confirmed the structure II: 251 (M^+). In carrying out the reaction in the described conditions (refluxing in alcoholic medium a mixture of compound (I) and cyanoacetic ester) not allocate triazolotriazine. From the boiling solution of the compound (I) with acetic anhydride in a nonpolar product isolated rastvoritele monoacylation - N'-(6- tert-butyl -5-oxo-2,5- dihydro -1,2,4-triazin-3-yl)acethydrazid (IV). From the mixture boiling compounds (I) and an excess of glacial acetic acid was isolated N'-acetyl-N-(6-tert-butyl-5-oxo-2,5- dihydro -1,2,4-triazin-3-yl) acethydrazide (III). Acylation at the nitrogen atom at position 2 of the triazine does not occur, as evidenced by the presence of a proton singlet at 12.36, 12.35 and 12.16 ppm ^{1} H NMR spectra of compounds (III-V), respectively. N'-(6- tert-butyl -5-oxo-2,5- dihydro-1,2,4-triazin-3-yl)benzhydrazid (V) obtained by heating (80-85°C) Compound 1 with freshly distilled benzoyl chloride, which was used to produce a bicyclic system - 6-tret-butyl-3-phenyl[1,2,4]triazolo[4,3-b][1,2,4]triazin-7(8H)-one (VI). The reaction was carried out by refluxing with phosphorus oxytrichloride anhydrous xylene. The structures of compounds were confirmed by elemental analysis, IR, NMR and mass spectrometry.

Key words: *1,2,4-triazine, triazolo [4,3-b][1,2,4]triazin, condensation, acylation.*

References

1. Mironovich L. M., Promonenkov V. K. 1,2,4-Triaziny // Itogi nauki i tekhn. VINITI. Seriya: Organicheskaya himiya. – 1990. – T. 22. – S. 3–267.

2. Mironovich L. M. Sintez proizvodnyh 5-gidrazino-6-R-1,2,4-triazin-3(2N)-onov // Ukrainskij himicheskij zhurnal. – 2000. –T. 66, № 8. – S. 122–124.

3. Mironovich L. M., Ivashchenko E. D. Reakcionnaya sposobnost' 6-gidrazino-2,4-dimetil-1,2,4-triazin-3,5-dionov // Izvestiya vuzov. Seriya: Himiya i himicheskie tekhnologii. – 1999. – T. 42, vyp. 4. – S. 97–100.

4. Mironovich L. M., Podol'nikova A. Yu. Sintez i reakcionnaya sposobnost' 3-tret-butil-8-R-pirimido [4`,5`:3,4] pirazolo[5,1-c][1,2,4]triazin-4,10(6N,9N)-diti-onov // Zhurnal organicheskoj himii. – 2015. – T. 51, №3. – S. 411–414.

5. Mironovich L. M., Shcherbinin D. V. Diazotirovanie i formoliz 7-amino-3-tret-butil-8-R-pirazolo[5,1-s][1,2,4] triazin-4(6N)-onov // Zhurnal organicheskoj himii. – 2014. – T. 50, № 12. – S. 1876–1878.

6. Mironovich L. M., Shcherbinin D. V. Sintez 7-amino-3-tret-butil-8-(2N-tetrazol-5-il)pirazolo [5,1-c][1, 2,4]triazin-4(6N)-ona. Zhurnal organicheskoj himii. – 2014. – T. 50, №7. – S. 1085–1086.

7. Kalfus K. Ionisation einiger 1,2,4-triazine // Collect. Czech. Chem. Sommun. – 1968. – Vol. 33, No 9. – P. 2962–2969.

8. Keri F., Sandberg R. Uglublennyj kurs organicheskoj himii. – M.: Himiya, 1981. – Ch. 1. – 520 s.

9. Vnutrimolekulyarnoe vzaimodejstvie nitril'noj i aminogrupp / F. S. Babichev, Yu. A. Sharanin, V. K. Promonenkov, V. P. Litvinov, Yu. M. Volovenko. – Kiev: Naukova dumka, 1987. – 240 s.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. К публикации в «Известиях ЮЗГУ» принимаются актуальные материалы, содержащие новые результаты научных и практических исследований, соответствующие профилю журнала, не опубликованные ранее и не переданные в редакции других журналов.

2. Объем статьи не должен превышать 8 страниц печатного текста, включая иллюстрации и таблицы.

3. Авторы статей должны представить в редакцию журнала:

– статью, оформленную в соответствии с правилами оформления статей, представляемых для публикации в журнале;

– рекомендацию кафедры или научно-исследовательского отдела учреждения, в котором выполнена данная работа;

– разрешение на опубликование в открытой печати статьи от учреждения, в котором выполнена работа (обязательно для статей по техническим специальностям, по экономическим – по требованию редколлегии);

– сведения об авторах (фамилия, имя отчество, место работы, должность, ученая степень, звание, почтовый адрес, телефон, e-mail);

– электронный носитель (CD-диск).

4. Бумажный вариант статьи подписывается всеми авторами, что означает их согласие на передачу Университету прав на распространение материалов статьи с помощью печатных и электронных носителей информации.

5. Редакция не принимает к рассмотрению рукописи, оформленные не по правилам.

6. **Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается (если автор один и им представлена справка с места учебы).**

7. Основной текст рукописи статьи (кроме аннотации и ключевых слов) набирают в текстовом редакторе MSWORD шрифтом «TimesNewRoman» размером 14 пт с одинарным интервалом, выравнивание по ширине. Поля с левой стороны листа, сверху и снизу – 2,5 см, с правой стороны – 2 см. Абзацный отступ – 1,5 см.

8. Схема построения публикации: УДК (индекс по универсальной десятичной классификации), фамилия и инициалы автора(ов) с указанием ученой степени, звания, места работы (полностью), электронного адреса (телефона), название (полужирный, прописные), аннотация и ключевые слова, текст с рисунками и таблицами, литература. Авторы, название, аннотация и ключевые слова приводятся на русском и английском языках.

Перед основным текстом печатается краткая аннотация курсивом, отражающая краткое содержание статьи.

Например:

> УДК 004.9:519.8
> **А.Л. Иванов**, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: ivanov@gmail.com)
> **ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КАДРАМИ ГРАДООБРАЗУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**
> В статье рассматривается агентная модель прогнозирования обеспеченности кадрами градообразующего предприятия, основанная на структуризации поведения агента и определения влияния его внутреннего представления об окружающем мире на его деятельность.
> **Ключевые слова:** агентное моделирование, градообразующее предприятие, событие.

9. При формировании текста не допускается применение стилей, а также внесение изменения в шаблон или создание собственного шаблона. Слова внутри абзаца следует разделять одним пробелом; набирать текст без принудительных переносов; не допускаются разрядки слов.

10. Для набора формул и переменных следует использовать редактор формул MathType версии 5.2 и выше с размерами: обычный – 12 пт; крупный индекс 7 пт, мелкий индекс – 5 пт; крупный символ – 18 пт; мелкий символ – 12 пт.

Необходимо учитывать, что **полоса набора – 75 мм**. Если формула имеет больший размер, ее необходимо упростить или разбить на несколько строк. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!**

Все русские и греческие буквы (Ω, η, β, μ, ω, υ и др.) в формулах должны быть набраны прямым шрифтом. Обозначения тригонометрических функций (sin, cos, tg и т.д.) – прямым шрифтом. Латинские буквы – прямым шрифтом.

Статья должна содержать лишь самые необходимые формулы, от промежуточных выкладок желательно отказаться.

11. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ).

12. Рисунки и таблицы располагаются по тексту. Таблицы должны иметь тематические заголовки. Иллюстрации, встраиваемые в текст, должны быть выполнены в одном из стандартных форматов (TIFF, JPEG, PNG) с разрешением не ниже 300 *dpi* и публикуются в черно-белом (градации серого) варианте. Качество рисунков должно обеспечивать возможность их полиграфического воспроизведения без дополнительной обработки. **Рисунки, выполненные в MSWord, недопустимы**.

Рисунки встраиваются в текст через опцию «Вставка-Рисунок-Из файла» с обтеканием «В тексте» с выравниванием по центру страницы без абзацного отступа. Иные технологии вставки и обтекания **не допускаются.**

13. **Список литературы к статье обязателен** и должен содержать все цитируемые и упоминаемые в тексте работы. Пристатейные библиографические списки оформляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на работы, находящиеся в печати, не допускаются. При ссылке на литературный источник в тексте приводится порядковый номер работы в квадратных скобках.

14. В материале для публикации следует использовать только общепринятые сокращения.

Все материалы направлять по адресу: 305040, г.Курск, ул. 50 лет Октября, 94. ЮЗГУ, редакционно-издательский отдел.

Тел. (4712) 50-48-19, тел/факс (4712) 50-48-00.

E-mail: rio_kursk@mail.ru

Изменения и дополнения к правилам оформления статей и информацию об опубликованных номерах можно посмотреть на официальном сайте журнала: **http://www.swsu.ru/izvestiya/index.php.**