

# Материалы

VIII Международной научно-технической конференции  
«Инновационные машиностроительные технологии,  
оборудование и материалы – 2017»  
(МНТК «ИМТОМ – 2017»)

Часть 1

6-8 декабря 2017 года

г. Казань

Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан  
Акционерное общество «Казанский научно-исследовательский  
институт авиационных технологий»  
ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан  
при Кабинете Министров Республики Татарстан»  
Казанский (Приволжский) Федеральный университет  
Казанский национальный исследовательский технический университет  
имени А.Н. Туполева - КАИ (КНИТУ - КАИ)  
Казанский национальный исследовательский технологический университет  
Академия наук Республики Татарстан  
ООО «ЦПР «Техносвар»

## **Материалы**

VIII Международной научно-технической конференции  
**«ИННОВАЦИОННЫЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ  
И МАТЕРИАЛЫ – 2017»**  
(МНТК «ИМТОМ – 2017»)

Часть 1

6-8 декабря 2017 года

Казань  
2017

**УДК 67**  
**ББК К34**  
**М34**

*Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов.*

**М34** Материалы VIII Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2017» (МНТК «ИМТОМ–2017»). Ч. 1. – Казань, 2017. – 388 с., ил.

Материалы состоят из 6 разделов в соответствии с секциями Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы–2017» (МНТК «ИМТОМ–2017»): «Высокоэффективные материалы, технологии и оборудование в машиностроении», «Инновационные разработки и экономика в машиностроении», «Химическое машиностроение», «Математическое и физическое моделирование информационных, технических, технологических и управленческих систем и процессов», «Инновационные сварочные технологии в промышленности», «Инновационные разработки малых и средних предприятий».

Будет полезно научным работникам, технологам и инженерам соответствующих специальностей.

**ISBN 978-5-9500631-6-9 (m. 1)**  
**ISBN 978-5-9500631-5-2**

© АО «КНИАТ», 2017

© ООО «Фолиант», оформление, 2017

Все права защищены. Материалы Сборника трудов не могут быть воспроизведены в любой форме или любыми средствами, электронными или механическими, включая фотографирование, магнитную запись или иные средства копирования или сохранения информации без письменного разрешения АО «Казанский научно-исследовательский институт авиационных технологий».

## ***СЕКЦИЯ № 1***

### **«Высокоэффективные материалы, технологии и оборудование в машиностроении»**

#### **Модераторы:**

**Гуреев Виктор Михайлович** – проректор по развитию, д.т.н., проф.,  
зав. кафедрой теплотехники и энергетического машиностроения  
(КНИТУ-КАИ)

**Галимов Энгель Рафикович** – зав. кафедрой материаловедения,  
сварки и производственной безопасности, д.т.н., проф. (КНИТУ-  
КАИ)

**Беляев Алексей Витальевич** - доцент кафедры материаловедения,  
сварки и производственной безопасности, к.т.н. (КНИТУ-КАИ)



## ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛЬНЫХ ПОКОВОК СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Асташенко Владимир Иванович, Швеева Татьяна Владимировна,  
Западнава Надежда Николаевна, Абдуллина Ольга Константиновна,  
Западнава Елена Александровна.

Набережночелнинский институт  
Казанского (Приволжского) федерального университета

**Аннотация.** Представлены результаты по степени горячей пластической деформации стального проката при изготовлении поковок деталей автомобиля. Показана связь между степенью деформации металла и структурой стали в термообработанных изделиях. Предложен способ термической обработки неоднородно-деформированных стальных заготовок для придания высоких свойств и однородности структуры в различных сечениях изделия.

**Ключевые слова.** Сталь, микроструктура, поковка, термообработка, пластическая деформация.

**Abstract.** The results of rolled steel hot plastic deformation degree while automobile details forging are presented.

The relation between a metal deformation degree and the a steel structure in heat-treated products is shown.

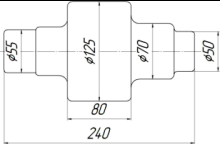
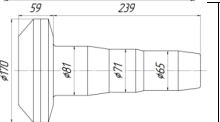
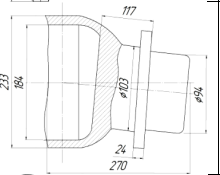
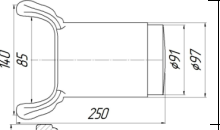
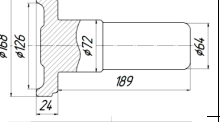
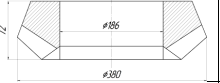
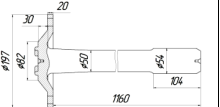
The method of non-uniformly-deformed steel blanks thermal processing to impart high properties and uniformity of structure in different sections of the product is proposed.

**Key words.** Steel, microstructure, forging, heat treatment, plastic deformation.

При разработке технологий термической обработки металлоизделий обычно базируются на химическом составе сплава и не принимают во внимание его исходное структурно-фазовое состояние. Для изготовления большинства деталей машин используются заготовки, полученные методами горячей пластической деформации (ГПД), то есть поковки. В зависимости от степени деформации металла микроструктурное состояние по конфигурации поковки имеет отличие по соотношению, свойствам, форме и распределению структурных составляющих. В таблице 1 приведены эскизы поковок с различной степенью пластической деформации, максимальное значение которой в отдельных сечениях превышает 93%, а также требования по твердости и структуре после их термической обработки.

О положительной роли пластической деформации в формировании свойств металлоизделий указывается в научных трудах [1-6]. О благоприятном действии ГПД можно проследить по одной из структурочувствительных характеристик стали – ударной вязкости и особенно при отрицательных температурах (таблица 2).

Таблица 1  
Степень деформации металла и свойства поковок после термообработки

	Эскиз поковки	Марка стали	Размер заготовки, мм	Степень деформации, %	Требования к поковкам		
					Термообработка	Твердость, НВ	Микроструктура
1.		20ХГНМ	Ø80×348	23,4-64,1	ИО	156-207	Перлит + Феррит
2.		18ХГР	Ø100×268	34,4-88,4	ИО	156-207	Перлит + Феррит
3.		40Х	Ø95×550	2,0-84,2	ТУ	241-285	Сорбит
4.		40Х	Ø100×240	6,1-46,6	ТУ	255-285	Сорбит
5.		25ХГТ	Ø75×248	19,8-87,6	ИО	156-207	Перлит + Феррит
6.		20ХГНМ ТА	Ø130×200	64,4-89,2	ИО	156-207	Перлит + Феррит
7.		50Г	Ø50×1232	0-93,1	Н	187-229	Перлит + Феррит

Обозначения: ИО – изотермический отжиг; ТУ – термическое улучшение; Н – нормализация.

## Температурная зависимость ударной вязкости стали 40X

Технология производства проката	Ударная вязкость ( $\frac{\text{МДж}}{\text{м}^2}$ ) при температуре, °С				
	+20	-20	-40	-60	-80
Из стального слитка (Ø 95 мм)	15,2	14,7	11,8	8,4	8,0
Из стали с МНЛЗ* (Ø 95 мм)	13,2	9,8	9,5	7,5	6,5
Из стали с МНЛЗ*(Ø 82 мм)	14,0	11,4	9,4	8,2	7,6
Из стали с МНЛЗ*(Ø 62 мм)	16,0	11,9	10,7	8,6	8,3

Обозначение: \* Литая заготовка сечением 300×450 мм

Видно, что прокат Ø 95 мм из стали 40X, полученный из слитка и с машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) имеет отличие по ударной вязкости, что объясняется различием в степени деформации металла. Меньшая степень деформации приходится на прокат, полученный из полуфабриката с МНЛЗ, который соответственно имеет и более низкие значения ударной вязкости. Дополнительная деформация такого проката до Ø 62 мм обеспечила получение высокой ударной вязкости стали в диапазоне температур от +20<sup>0</sup>С до -80<sup>0</sup>С, что позволяет судить о надежной работе изделий в различных климатических условиях. Эти результаты убедительно свидетельствуют о связи степени ГПД со свойствами стали. Такая неоднородность свойств в полной мере относится и к поковкам, в сечениях которых имеется различная степень деформации. Формирование однородных структур в поковках сложной геометрической формы и получение требуемых и идентичных свойств в различных сечениях изделия является важной и актуальной задачей термического производства.

В работе предложена и апробирована новая технология термической обработки горячедеформированных изделий. Отличительной особенностью данной технологии от традиционно известных является использование на первом этапе процесса гомогенизации при температуре  $A_{c3}+(100-150)^\circ\text{C}$  для устранения ликвационных проявлений, полосчатости и разнородности стали в зонах с высокой степенью деформации. Для исправления крупнозернистой структуры, полученной на первом этапе, поковки далее подвергают аустенизации при температуре  $A_{c3}+(30-50)^\circ\text{C}$ , выдерживают и далее охлаждают с регламентированной скоростью для получения заданной структуры. После термической обработки по описанной технологии в стальных поковках стабильно формируется во всех сечениях изделия мелкозернистая структура с высокой однородностью отдельных структурных составляющих. К примеру, твердость поковок из стали 20ХГНМТА составляла 163-207НВ, размер зерна соответствовал 8-9 баллу по ГОСТ5639, микротвердость перлита ( $\Delta\text{HV}_\Pi$ ) находилась в пределах 227-302НВ, феррита – 178-210 НВ. При этом разница в значениях микротвердости перлита составляла 75единиц, феррита  $\Delta\text{HV}_\Phi = 31$

единица, что значительно меньше, нежели при термической обработке по традиционной технологии изотермического отжига:  $\Delta H_{\Pi}=109$  и  $\Delta H_{\Phi}=88$ .

#### **Выводы:**

1. Показана связь между степенью горячей пластической деформации и ударной вязкости стали 40X при температурах от  $+20^{\circ}\text{C}$  до  $-80^{\circ}\text{C}$ .
2. Представлены обоснования о необходимости обязательного учета, кроме химического состава сплава, исходного строения стального полуфабриката при проектировании технологии термической обработки поковок.
3. Предложена технология термической обработки неоднородно-деформированных по сечению стальных поковок, включающая гомогенизацию, и последующую аустенизацию при температуре  $\text{Ac}_3+(30-50)^{\circ}\text{C}$ , а далее охлаждение с регламентируемой скоростью для получения заданной структуры и твердости стали. Способ позволяет получать в стальных изделиях мелкозернистую микроструктуру с высокой однородностью отдельных структурных составляющих.

#### **Литература**

1. Выбор и способы изготовления заготовок для деталей машиностроения: учебник /Э.Р. Галимов, Е.П. Круглов, Н.Я. Галимова и др.- Казань, Изд-во Казан. ун-та, 2016.-365 с.
2. Батышев А.И. Заготовки в машиностроении: Учебное пособие./А.И.Батышев – М. Изд-во МГОУ, 2004.- 189 с.
3. Бернштейн М.Л. Структура и механические свойства металлов/ М.Л.Бернштейн, В.А. Займовский. - М.: Металлургия, 1970.- 472 с.
4. Астащенко В.И. Контроль качества и наследственность строения стали при технологическом металлопеределе /В.И.Астащенко, А.И.Швеев, Т.В.Швеева.- М.:Academia, 2011.- 239 с.
5. Контроль качества термической обработки стальных полуфабрикатов и деталей. Справочник / Под общ. ред. В.Д. Кальнера - М.: Машиностроение, 1984.- 384 с.
6. Ильин С.И. Технология термической обработки сталей. Учебное пособие/ С.И.Ильин, Ю.Д. Корягин - Челябинск, Издательский центр ЮУрГУ, 2006. – 120 с.

### **РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ, СОДЕРЖАЩИЕ УГЛЕРОД И ФЕРРОМАГНИТНЫЙ МЕТАЛЛ ИЛИ СПЛАВ**

Ахмадиев Габдулахат Маликович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет

GMAhmadiev@kpfu.ru, ahmadievgm@mail.ru

**Аннотация.** Наночастицы по способу и технологии, включающие металлуглеродные частицы, в частности частицы ферромагнитного металла или сплава металла, инкапсулированные в графитовом углероде, пригодны для использования в качестве контрастных веществ для получения изображений методом магнитного резонанса и для получения изображений методом флуоресценции, доставки лекарственных средств, маркировки клеток и для локальных тепловых терапевтических методов лечения, таких как гипертермия.

**Ключевые слова:** наночастицы, углерод, ферромагнит, металл, сплав.

**Annotation.** Nanoparticles of the method and technology, including metallocarbon particles, in particular particles of a ferromagnetic metal or metal alloy encapsulated in graphite carbon, are suitable for use as contrast agents for magnetic resonance images and for imaging by fluorescence, drug delivery, cell marking and for local thermal therapeutic treatments such as hyperthermia.

**Key words:** nanoparticles, carbon, ferromagnet, metal, alloy.

**Введение.** Настоящая разработка относится к наночастицам, включающим металлические ферромагнитные нанокристаллы, комбинируемые с аморфным или графитовым углеродом, в котором или на котором присутствуют химические группы, которые способны к диссоциации в водных растворах. Область применения настоящей разработки включает, например, контрастные вещества для получения изображений методом магнитного резонанса и получения изображений методом флуоресценции, средства для доставки лекарственных средств, для мечения клеток и для местного теплового терапевтического лечения, такого как гипертермия.

Одна из самых важных областей применения ферромагнитных наночастиц в настоящее время относится к контрастным веществам для получения изображений методом магнитного резонанса. Локальное присутствие неоднородности в магнитном поле приводит к значительно более коротким временам релаксации T1 и T2 в магнитном резонансе. Следовательно, локальное присутствие ферромагнитных частиц приводит к черным пятнам в отображениях магнитного резонанса протонов. Хорошее разрешение требует малых ферромагнитных частиц с достаточно высокой намагниченностью.

Показателем интереса к контрастным средствам для получения изображений методом магнитного резонанса является число заявок на патенты, поданных за последнее время. WO-A-2004/107368 описывает магнитные частицы оксида железа с размерами меньше 20 нм, поверхность которых модифицирована аминогруппами. Изоэлектрическая точка составляет больше 10 или равна 10. WO-A-2009/109588 упоминает частицы оксида железа с двумя различными лигандами, где первый лиганд содержит электростатически заряженную группу, а второй лиганд является гидрофильной группой. WO-A-2009/135937 описывает линкер, связанный первым концом с полимером полиэтиленimina, а другим концом - с ядром наночастицы или, как вариант, с полимером полиэтиленгликоля, привитым к полимеру полиимина. Эти ферромагнитные оксиды имеют проблемы, связанные с широким

распределением частиц по размерам, агломерацией индивидуальных частиц, нестабильностью вследствие реакции или перекристаллизации в неферромагнитный оксид железа и ядовитых свойств. Особенно проблематичным является тот факт, что ферромагнитные частицы являются сильно кластеризованными [1-15].

**Целью настоящей работы** является научное обоснование способа получения наночастиц, содержащие углерод и ферромагнитный металл или сплав

### **Материал и методы исследований**

Обычно для получения изображения методом магнитного резонанса применяют частицы ферромагнитного оксида. В атмосферном воздухе частицы оксида являются относительно устойчивыми. Самыми известными ферромагнитными оксидами железа являются магнетит,  $Fe_3O_4$  или  $Fe(II)Fe(III)_2O_4$  и маггемит,  $\gamma-Fe_2O_3$ . Комбинация с другими атомами двухвалентных металлов, такими как кобальт или никель, также дает ферромагнитные оксиды, например  $CoFe_2O_3$  и  $NiFe_2O_3$ .

### **Результаты и их обсуждение**

Малые частицы магнетита обычно получают смешиванием растворов, содержащих соединения  $Fe(II)$  и  $Fe(III)$ . В зависимости от смешивания способ может привести к малым кластерным частицам магнетита. Образование магнитных доменов приводит к тому, что магнитные частицы не имеют магнитного момента в отсутствие внешнего магнитного поля. Достаточно малые ферромагнитные частицы не образуют множество доменов. При этом следует отметить, что малые ферромагнитные частицы являются однодоменными частицами, что указывают на то, что моменты магнитных атомов, присутствующих в индивидуальных частицах, не упорядочиваются в различные домены, а ориентированы в одном направлении. Следовательно, однодоменные частицы имеют ферромагнитный момент даже в отсутствие внешнего магнитного поля. Когда частицы суспендируются в жидкости без образования кластеров, они могут вращаться свободно. Тогда ориентация магнитных моментов индивидуальных частиц достигает термодинамического равновесия, которое будет зависеть от магнитного момента частиц, силы внешнего магнитного поля и тепловой энергии (температуры). Так как, в отличие от парамагнитных материалов, магнитные моменты ферромагнитных частиц включают тысячи или миллионы атомных магнитных моментов, такое парамагнитное поведение обозначают как суперпарамагнетизм. Магнитные частицы, которые могут двигаться в жидкости более или менее свободно, не обладают остаточной намагниченностью; в отсутствие внешнего магнитного поля магнитный момент множества суспендированных в жидкости однодоменных частиц пренебрежимо мал. Когда энергия магнитной анизотропии ферромагнитных частиц имеет порядок КГ, т.е. порядок тепловой энергии, ориентация магнитных моментов индивидуальных частиц может достигать термодинамического равновесия также и в тех случаях, когда частицы не могут вращаться.

Магнитное взаимодействие между однодоменными частицами, суспензированными в жидкости, приводит к тому, что обычно частицы образуют кластеры, в которых магнитные моменты индивидуальных частиц ориентированы таким образом, чтобы внешнее магнитное поле не оказывало на кластеры влияния. Для целей биомедицинского применения образование кластер.

Как следствие, текущий уровень техники в области ферромагнитных частиц металлов включает нанесение на частицы металла инертных слоев. Патент США 4855091 описывает получение малых частиц никеля, железа или кобальта путем восстановления соответствующих предшественников, нанесенных на высокопористый керамический носитель, и последующего воздействия на малые частицы газового потока, несущего углеродов магнитных частиц является нежелательных [2].

### **Заключение и выводы**

Наночастицы по техническому решению, включающие металлуглеродные частицы, в частности частицы ферромагнитного металла или сплава металла, инкапсулированные в графитовом углероде, пригодны для использования в качестве контрастных веществ для получения изображений методом магнитного резонанса и для получения изображений методом флуоресценции, доставки лекарственных средств, маркировки клеток и для локальных тепловых терапевтических методов лечения, таких как гипертермия.

Настоящая работа может быть использовано в медицине, биологии и ветеринарной медицине при изготовлении контрастных веществ, для получения изображений методом магнитного резонанса или флуоресценции, средств, для доставки лекарств, меток для клеток. Углеродсодержащие частицы из ряда, включающего микрокристаллическую целлюлозу, коллоидный углерод и их смеси, пропитывают водным раствором, по меньшей мере одного предшественника ферромагнитного металла, такого как соль лимонной, уксусной или муравьиной кислоты, гидроксикислот или цитрат аммония. Пропитанные частицы сушат и нагревают в инертной и по существу свободной от кислорода атмосфере при температуре 450-600 °С или более 700 °С. Полученные наночастицы содержат графитовый углерод и 3-100 частиц по меньшей мере одного ферромагнитного металла, по меньшей мере частично инкапсулированные в графитовом углероде. Ферромагнитные частицы дополнительно включают металл, выбранный из группы, содержащей никель, кобальт, благородные металлы и их комбинации. Частицы ферромагнитного металла распределены однородно и не образуют кластеров.

### **Литература**

1. Патент на изобретение №0002567620. Наночастицы, содержащие углерод и ферромагнитный металл или сплав//Еннескенс Леонардус Вейнад (nl), Гёс Йохн Вилхелм (nl), Ресинк Бернард Хендрик (nl), Бербен Питер ХилдегАрдус (nl), Хукстра Якобус (nl).

2. Патент США № 4855091

3. Карнеги-Меллон. Патент на изобретение США № 5456986

4. Патент на изобретение WO-A-2004/107368
5. Патент на изобретение WO-A-2009/109588
6. Патент на изобретение WO-A-2009/135937
7. Патент на изобретение WO-A-99/46782
8. Патент на изобретение USA-2008/0057001
9. D. Tasis и другие, Chem. Rev. (2006) 106, 1105-1136
10. Harris p.j.f. Et al, A simple technique for the synthesis of filled carbon nanoparticles, Chem. Phys. Lett., 1998, v. 293, p.p.53-58;
11. US 2006/0137487 A1, 29.06.2006;
12. US 2006/0116343 A1, 01.06.2006;
13. WO 2007/146426 A2, 21.12. 2007;
14. US 2008/0213189 A1, 04.09.2008;
15. Шитова Н.Б. др., Рутений-углеродный наноккомпозит, Журнал структурной химии, 2009, т. 50, N2, с. 283-287

## РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛ-УГЛЕРОД СОДЕРЖАЩИХ ТЕЛ

Ахмадиев Габдулахат Маликович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет

GMAhmadiev@kpfu.ru, ahmadievgm@mail.ru

**Аннотация.** Настоящая работа относится к производству металл-углерод содержащих тел. Описан способ производства металл-углерод содержащих тел, включающих ферромагнитные металлические частицы, капсулированные слоями графитового углерода, который включает пропитывание целлюлозных, целлюлозоподобных или углеводных тел или тел, полученных из них путем гидротермальной обработки, водным раствором, по меньшей мере одного соединения металла, где металл или металлы выбраны из ферромагнитных металлов или сплавов, и последующую термическую карбонизацию пропитанных тел путем нагревания в инертной и практически лишенной кислорода атмосфере при температуре выше примерно 700°C с восстановлением по меньшей мере части по меньшей мере одного соединения металла до соответствующего металла или металлического сплава.

**Ключевые слова:** способ, ферромагнит, производство, металл-углерод содержащие тела, металлический сплав.

**Annotation.** The present work relates to the production of metal-carbon containing bodies. A method for producing metal-carbon containing bodies comprising ferromagnetic metal particles encapsulated by layers of graphite carbon is described which comprises impregnating cellulose, cellulose-like or carbohydrate bodies or bodies obtained from them by hydrothermal treatment with an aqueous



solution of at least one metal compound where the metal or metals are selected from ferromagnetic metals or alloys, and subsequent thermal carbonization of impregnated bodies by heating in an inert and practically devoid of sour ode atmosphere at a temperature above about 700 ° C with a recovery of at least part of at least one metal compound to the corresponding metal or metal alloy.

**Keywords:** method, ferromagnet, production, metal-carbon containing bodies, metal alloy.

**Актуальность темы.** Предлагаемая научная работа относится к способу производства металл-углерод содержащих тел, более конкретно ферромагнитных тел, включающих ядро из ферромагнитного металла, такого как железо, никель и кобальт или их сплава, в которых поверхность ядра покрыта слоем графитового углерода, или агрегатов таких ферромагнитных частиц, или производства графитовых тел, имеющих на своей поверхности частицы каталитически активного металла, включая частицы металлов, трудно поддающихся восстановлению [1-5].

**Целью настоящей работы является** разработка способа производства металл-углерод содержащих тел.

**Материал и методы исследований.**

Для получения металл-углерод содержащих тел обычно каталитически активные материалы наносят на материалы с высокой пористостью при более или менее тонкодисперсном распределении. С одной стороны, это практикуют потому, что многие каталитически активные материалы быстро спекаются при температурах, до которых катализатор надо предварительно нагреть или при которых он применяется. С другой стороны, необходимо применять носители в случае очень дорогих каталитически активных материалов, таких как благородные металлы, например платина, палладий или рутений. В таких случаях цель состоит в том, чтобы обеспечить присутствие максимального числа атомов каталитически активного компонента на поверхности каталитически активных частиц. Поэтому эти каталитически активные материалы зачастую применяются в виде частиц размером около 1 нм. При использовании дорогих каталитически активных материалов, таких как благородные металлы, очень привлекательны носители на основе углерода. После того как катализатор потерял активность, благородный металл можно легко извлечь окислением углеродного носителя. После окисления благородный металл остается, и его можно снова использовать. Механическая прочность носителей катализаторов имеет большое значение при их применении. Это относится в первую очередь к использованию катализаторов, взвешенных в жидкой фазе. Для поддержания каталитически активных частиц во взвешенном состоянии в жидкости необходимо энергично перемешивать. Кроме того, после завершения реакции катализатор необходимо отделять от жидкости, например, фильтрованием или центрифугированием. При этом частицы носителя, обладающие невысокой механической прочностью, будут разрушаться, образуя очень мелкие частицы. В существующем уровне техники ни фильтрование, ни центрифугирование не

позволяют легко отделять такие частицы. Например, когда в качестве каталитически активных материалов используются благородные металлы, это приводит к значительным потерям дорогого благородного металла, что является неприемлемым. Механическая прочность также играет большую роль, если катализатор используют как катализатор неподвижного слоя. При введении тел катализатора в реактор практически никакое истирание или образование пыли не является допустимых [1-5].

### **Результаты и их обсуждение**

В результате образования пыли происходит значительное падение давления над слоем катализатора, а мелкие частицы, возникшие при истирании, увлекаются потоком взаимодействующего вещества, проходящим через реактор. Образование мелких частиц при истирании также делает нестабильной эффективность катализатора во времени. Очень часто снижается избирательность. Оба эффекта нежелательны, так как с точки зрения управления и безопасности от катализатора требуются стабильные функциональные характеристики. В уровне техники в качестве углеродного носителя обычно используют активированный уголь. Активированный уголь изготавливают из природных материалов, таких как древесина или торф. Это является недостатком, поскольку обычно характеристики активированного угля, получаемого из таких материалов, с трудом поддаются контролю. По этой причине получение тел, содержащих активированный уголь с постоянными легко регулируемыми характеристиками, представляет собой известную проблему, которая до настоящего времени не получила удовлетворительного решения. Еще одной проблемой является тот факт, что в присутствии в жидкости, в которой должны быть диспергированы частицы катализатора, небольших количеств поверхностно-активных веществ, таких как детергенты, тела катализатора, изготовленные из активированного угля, могут быстро разрушаться. Если речь идет о телах, предназначенных для катализатора неподвижного слоя, в котором не допускается истирание, самая очевидная возможность заключается в применении угля, полученного термической обработкой скорлупы кокосовых орехов. Это позволяет получить очень плотные и механически прочные тела. Однако их недостатком является малая доступная поверхность углерода, произведенного термическим разложением скорлупы кокосовых орехов. В результате, получаемая каталитически активная поверхность на единицу объема относительно не велика. И последний недостаток материалов-носителей, произведенных из естественных исходных материалов, заключается в их химическом составе. Природные материалы зачастую содержат такие элементы, как калий, магний, кальций и сера, которые могут вызвать проблемы при использовании или повторном использовании благородных металлов в качестве катализатора. В связи с этим существует большая технологическая потребность в носителях на углеродной основе с высокой механической прочностью и хорошо регулируемым химическим составом, которые можно было бы получать из источника, свойствами которого можно управлять в большей степени, нежели это возможно в случае торфа и древесины. Было предложено изготавливать такие носители катализаторов из

углеродных нановолокон или нанотрубок. В WO 93/24214 (Hyperion) предлагается применять в качестве носителей катализатора углеродные нановолокна или нанотрубки, в которых слои графита ориентированы главным образом параллельно оси волокна. Использование таких относительно длинных и прямых углеродных волокон в качестве тел с контролируемыми размерами затруднено. Минимальный размер тел катализаторов, предназначенных для применения как катализаторы неподвижного слоя, должен быть около 1 мм. Падение давления при использовании частиц меньшего размера слишком велико для применения. Оказалось, что механически прочные тела этого размера из углеродных нановолокон или нанотрубок, описанных выше, изготовить очень сложно. Действительно, для катализаторов большое значение имеют размеры и пористость. У катализаторов неподвижного слоя размеры тел носителя определяют падение давления и перенос веществ, участвующих в реакции, и продуктов реакции через тела катализатора. В случае катализаторов, взвешенных в жидкости, перенос веществ, участвующих в реакции, и продуктов реакции играет большую роль. Как указано выше, размеры тел катализатора имеют большое значение для этого переноса, а также для отделения тел, например, фильтрацией или центрифугированием. Еще один недостаток заключается в том, что углеродные нановолокна или нанотрубки должны быть выращены на частицах металла, нанесенных на подложку, такую как диоксид кремния или оксид алюминия. Эти подложки зачастую могут мешать применению полученных углеродных носителей в реакциях, проходящих в жидкой фазе. Было предложено изготавливать тела носителей на основе углерода термическим разложением шариков микрокристаллической целлюлозы WO 2007/131795 (Glatt). Такие шарики известны в уровне техники как обеспечивающие контролируемое высвобождение лекарственных соединений («медленное высвобождение»). Было обнаружено, что этим способом можно изготовить шарики углерода с очень высокой механической прочностью. Принимая во внимание тот факт, что шарики микрокристаллической целлюлозы размером от около 0,1 до 0,7 мм производят промышленным способом, можно изготавливать упомянутые выше шарики углерода однородного качества. Недостатком микрокристаллической целлюлозы является ее высокая цена. Во время термической обработки шариков микрокристаллической целлюлозы их вес уменьшается на 80%. Это означает, что стоимость на единицу веса носителя становится очень высокой по сравнению с углеродными шариками, полученными по способу предшествующего уровня техники. Настоящая разработка направлена на производство тел на основе металла и углерода которые, могут быть легко изготовлены, и которые обладают предпочтительными свойствами, особенно при применении в каталитических процессах. Настоящее техническое решение основано на том, что была обнаружена возможность изготавливать различные типы металл-углеродных тел, в зависимости от природы металла или металлов, которые были использованы. В самой общей форме технология относится к способу производства металл-углерод содержащих тел, который включает пропитывание целлюлозных, целлюлозоподобных или углеводных тел водным

раствором по меньшей мере одного соединения металла и последующее нагревание пропитанных тел в инертной и практически лишенной кислорода атмосфере с восстановлением по меньшей мере части по меньшей мере одного соединения металла до соответствующего металла или металлического сплава.

#### **Заключение.**

Способ производства металл-углерод содержащих тел, включающих ферромагнитные металлические частицы, капсулированные слоями графитового углерода, который включает пропитывание целлюлозных, целлюлозоподобных или углеводных тел или тел, полученных из них путем гидротермальной обработки, водным раствором по меньшей мере одного соединения металла, где металл или металлы выбраны из ферромагнитных металлов или сплавов, и последующую термическую карбонизацию пропитанных тел путем нагревания в инертной и практически лишенной кислорода атмосфере при температуре выше примерно 700°C с восстановлением по меньшей мере части по меньшей мере одного соединения металла до соответствующего металла или металлического сплава.

#### **Литература**

1. Bo Hu, Shu-Hong Yu, Kan Wang, Lei Liu и Xue-Wei Xu Dalton Trans. 2008, 5414-5423.
2. Патент на изобретение WO 2007/131795 (Glatt)
3. Патент на изобретение WO 99/46782
4. Способ изготовления металл-углерод содержащих тел// Еннескенс Л.В. (nl)Хукстра Й. (nl)Рёс Йохн Вилхелм (nl)Ван де Клейт д. (nl)Влиетстра Э. Дж. (nl)//патент на изобретение патента RU 2520874:
5. Патент на изобретение WO 93/24214 (Hyperion).

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В АППАРАТЕ С ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ СОЗДАНИЯ ПУЛЬСАЦИИ**

Бадриева Алина Рамилевна<sup>1</sup>,  
Снигирева Юлия Вячеславовна<sup>2</sup>, Моряшов Александр Андреевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АО "ЕПТС", 423600, г.Елабуга, ул.Интернациональная, 9а  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,  
420066, Казань, Красносельская, 51

**Аннотация.** В работе исследовалось влияние низкочастотных механических колебаний на процесс теплообмена в теплообменном аппарате.

Приводятся результаты экспериментальных исследований. Установлено, что пульсационное воздействие эффективно при движении теплоносителя в ламинарной и переходной областях, при развитом турбулентном режиме данные носят противоречивый характер.

**Abstract.** The authors investigated the effect of low frequency mechanical vibrations on the heat transfer process in the heat exchanger. The results of experimental studies. It is established that the pulsatile exposure effectively when driving the coolant in the laminar and transitional regions, in the developed turbulent regime, the data are contradictory.

**Ключевые слова:** теплообмен, пульсация, интенсификация, амплитуда, частота, колебания

Решение актуальной проблемы энергосбережения и поиск новых энергетических резервов связано с разработкой и внедрением современных и эффективных технологий в наиболее энергоемкие производства.

Применение нетрадиционных методов интенсификации технологических процессов с использованием мощных физических воздействий позволяет при сравнимых затратах энергии получать результаты, недостижимые для традиционных технологий. Многие из этих физических эффектов (кавитация, гидравлический удар, быстрое вскипание в высокотемпературных потоках) изучались преимущественно в связи с необходимостью предотвращения или ослабления их разрушительного действия. Отличительным признаком этих явлений является пространственно – временная локализация энергии, что дает возможность при сравнительно низком уровне энергии создавать направленные импульсы большой мощности. Пульсационный метод интенсификации тепломассообменных процессов предполагает полезное использование упомянутых выше физических эффектов.

Недостатком систем создания пульсации (ССП), которые используются в настоящее время в интенсифицированных теплообменниках, является зависимость частоты и амплитуды пульсации от скорости движения теплоносителя. Поэтому для создания пульсационных режимов наиболее перспективными являются ССП массообменных аппаратов. Такие системы позволяют изменять параметры пульсационного импульса независимо от скоростей взаимодействующих потоков.

Задачей экспериментальных исследований ставилось выявление характера воздействия низко-частотной пульсации на процесс теплообмена.

На лабораторной модели погружного теплообменника исследовалось влияние параметров пульсации (амплитуды  $A$  и частоты  $f$ ), на интенсивность теплообмена.

Температура теплоносителей на входе в теплообменник и в околотрубном пространстве поддерживалась постоянной во всем исследованном диапазоне параметров. Поэтому эффективность теплообмена определялась по температуре пульсирующего потока на выходе из теплообменника,  $t_k$ .

Экспериментальные исследования проводились при нагревании пульсирующего потока воды в стальной трубке внутренним диаметром 5 мм при толщине стенки 1 мм и длине 1700 мм в теплообменнике погружного типа. Вторым теплоносителем являлась вода, температура, которой в процессе исследования была постоянной и составляла 50°C. Температура

пульсирующего потока воды на входе в теплообменник составляла  $24^{\circ}\text{C}$ . Расход теплоносителя ( $G$ ) составлял  $1,972 \cdot 10^{-5}$ ,  $2,417 \cdot 10^{-5}$ ,  $2,847 \cdot 10^{-5}$ ,  $3,292 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ . Размах колебаний ( $A$ ) и частота пульсации ( $f$ ) изменялись в диапазоне 7 - 25 мм и 14 - 41 кол/мин ( $0,23 - 0,68 \text{ Гц}$ ). Исследовалось влияние интенсивности пульсации ( $I = f \cdot A$ ) на процесс теплообмена в диапазоне частот ранее не исследованном. Результаты эксперимента представлены на рис.1, 2, 3, 4.

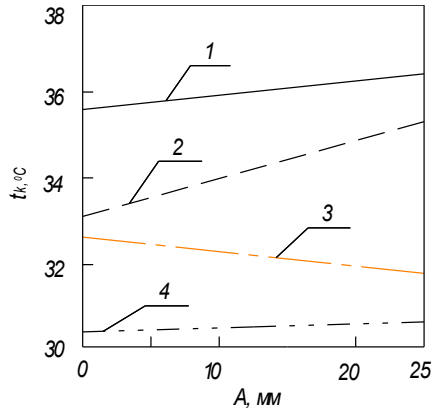


Рис. 1. Зависимость  $t_k = f(A)$  при  $f = 14 \text{ кол/мин}$ :

- 1 -  $G = 1,972 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Re = 6203$ ); 2 -  $G = 2,417 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Re = 7601$ );  
3 -  $G = 2,847 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Re = 8956$ ); 4 -  $G = 3,292 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Re = 10350$ ).

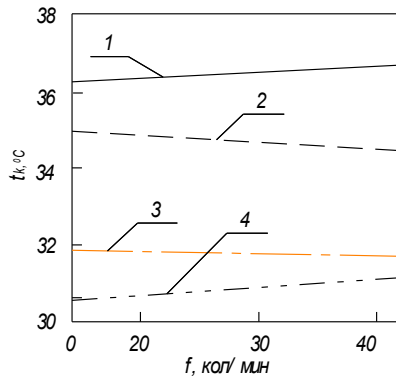


Рис. 2. Зависимость  $t_k = g(f)$  при  $A = 7 \text{ мм}$ :

- 1 -  $G = 1,972 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Re = 6203$ ); 2 -  $G = 2,417 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Re = 7601$ );  
3 -  $G = 2,847 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Re = 8956$ ); 4 -  $G = 3,292 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Re = 10350$ ).

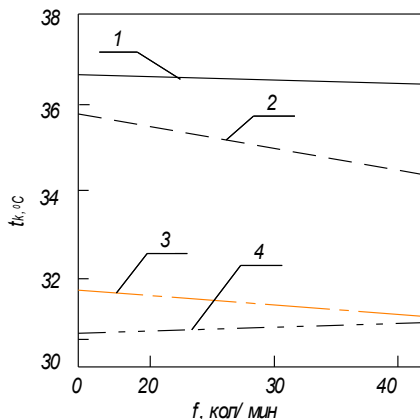


Рис. 3. Зависимость  $t_k = g(f)$  при  $A = 14$  мм:  
 1 -  $G = 1,972 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Re = 6203$ ); 2 -  $G = 2,417 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Re = 7601$ );  
 3 -  $G = 2,847 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Re = 8956$ ); 4 -  $G = 3,292 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Re = 10350$ ).

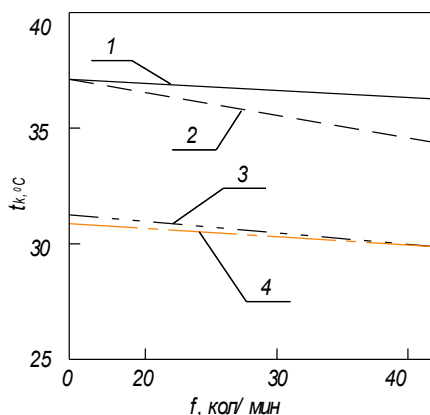


Рис. 4. Зависимость  $t_k = g(f)$  при  $A = 25$  мм:  
 1 -  $G = 1,972 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Re = 6203$ ); 2 -  $G = 2,417 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Re = 7601$ );  
 3 -  $G = 2,847 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Re = 8956$ ); 4 -  $G = 3,292 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Re = 10350$ ).

Как видно из полученных экспериментальных данных с ростом амплитуды колебаний возрастает интенсивность теплообмена в диапазоне частот 13,6 – 33,38 кол/мин при  $Re = 6203$ , рассчитанный по объемному расходу теплоносителя ( $G = 1,972 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ ). Для  $Re = 7601$  ( $G = 2,417 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ ) этот диапазон возрастает и составляет 13,6 – 38,7 кол/мин.. Для  $Re = 10350$  ( $G = 3,292 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ ) эта зависимость меняется, то есть, интенсивность теплообмена

снижается с ростом амплитуды во всем исследованном интервале частот: 13,6 – 49,45 кол/мин;

Пульсационное воздействие эффективно при движении теплоносителя в ламинарной и переходной областях, при развитом турбулентном режиме ( $Re=10350$ ) данные носят противоречивый характер: при  $f < 19,6$  кол/мин эффективность теплообмена повышается с ростом амплитуды, а при  $f > 19,6$  кол/мин снижается.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МОРОЗОСТОЙКОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Байрашева Диляра Амировна  
(руководитель - Муратаев Фарид Исхакович)

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н.Туполева, 420111, г. Казань, К. Маркса, 10

**Аннотация** - Определено влияние состава и термической обработки перлитных легированных конструкционных сталей на хладноломкость в диапазоне температур 20... минус 60<sup>0</sup>С. Механические свойства существенно зависят от температуры испытаний и структурного состояния стали.

The influence of the composition and heat treatment of pearlitic alloyed structural steels on the cold brittleness in the temperature range 20 minus 60 ° C is determined. The mechanical properties essentially depend on the test temperature and the structural state of the steel.

**Ключевые слова:** стали, структурное состояние, свойства, хладноломкость.

На основе комплексного определения механических свойств определены уровни хладноломкости легированных конструкционных сталей 12ХН3А, 40Х и 09Г2С в диапазоне температур +20...минус 60<sup>0</sup>С в типовых состояниях поставки и термического улучшения. Горячекатаная сталь в виде круга подвергалась испытаниям образцов «менаже» на ударный изгиб при температурах +20<sup>0</sup>С и минус 10 и – 60<sup>0</sup>С. Результаты испытаний приведены в табл.1. Там же приведены механические свойства по сертификату и ограничения ударной вязкости образцов «менаже», указанные в нормативном документе (НД).

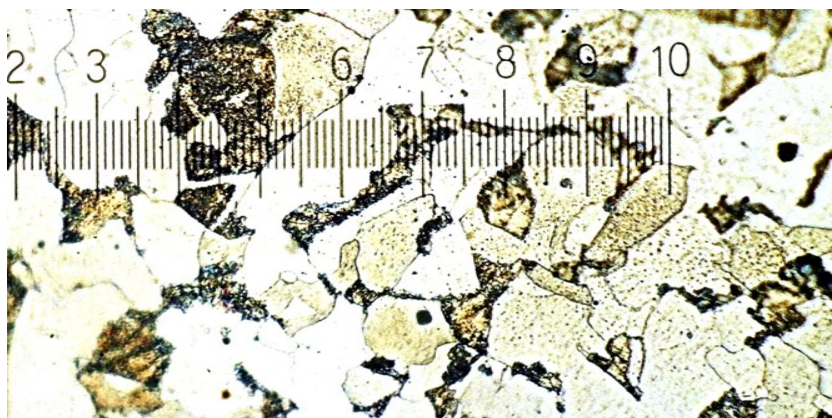
Результаты испытаний образцов стали 12ХН3А при – 60<sup>0</sup>С на ударный изгиб



Таблица 1

П/п	Характеристика образца	t <sub>исп.</sub> , °С	σ <sub>B</sub>	σ <sub>0,2</sub>	δ	ψ	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
			МПа		%				
1	В состоянии поставки	+20	520				254	153	
		-10					247		
2	---и---	-60					187		
3	---и---	-60					197		
4	По сертификату (термоулучшение)	+20	1270	928	15	58	158		-
5	Термоулучшение	+20	1015				156		295
6	---и---	-10					147		
7	---и---	-60					133		
По требованиям СТО Газпром 2 - 2.1 – 607 - 2011							≥ 30,0	-	

Снижение температуры привело к уменьшению ударной вязкости КСУ. Более низкие абсолютные значения ударной вязкости стали 12ХН3А получены в термически улучшенном состоянии (образцы №№ 5-7) в сравнении с аналогичными данными металла в состоянии поставки (образцы №№ 1-3). Вместе с тем относительная доля снижения КСУ при отрицательной температуре меньше в упрочненной стали, чем в металле состояния поставки. Анализ микроструктуры двух рассмотренных состояний металла приведен на рис.1. Структура верхнего фото отожженная, состоит из феррита и перлита. Микроструктура упрочненной стали представлена ориентированным по мартенситу троосто - бейнитом с относительно ограниченной пластичностью и ударной вязкостью [1-4] в сравнении с типовым состоянием сталей после полной закалки и высокого отпуска [4, 5].



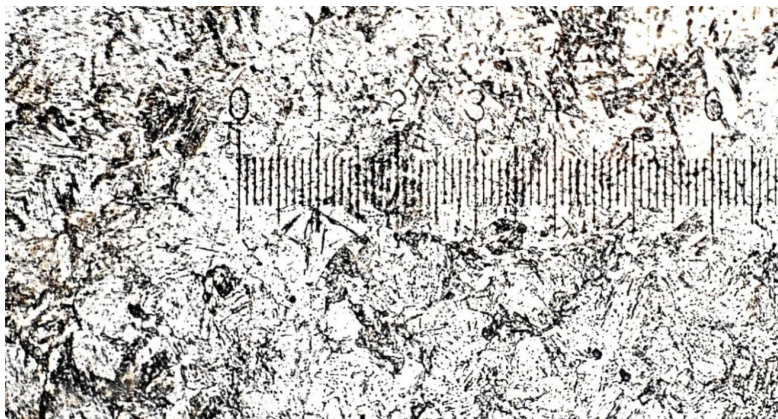


Рис.1 Микроструктура стали 12ХН3А по варианту поставки (сверху) и термического упрочнения

Значения KCV и твердости образцов шпилек стали 40Х, полученные на образцах «тип 11» (шарпи) при температуре минус 60°С приведены в табл.2. Из таблицы видно, значения ударной вязкости не согласуются с данными паспортов на шпильки и с требованиями НД (выделены жирным шрифтом). Кроме того не соответствуют НД многие измеренные значения твердости (НВ) и данные, приведенные в паспорте. Для выявления причины несоответствия проведены металлографические исследования по рис.2. Микроструктура шпилек стали 40Х М24 и М36 представляет, ориентированный по перегретому мартенситу сорбит, который обладает ограниченной пластичностью и ударной вязкостью [2, 4].

Результаты испытаний образцов шпилек стали 40Х на ударный изгиб при температуре – 60°С

Таблица 2

Шпильки	М24						М36		
KCV, Дж /см <sup>2</sup>	<b>13,5</b>	<b>13,5</b>	<b>12,3</b>	<b>15,9</b>	<b>17,2</b>	<b>16,6</b>	<b>22,1</b>	<b>23,9</b>	<b>22,7</b>
паспорт				KCV=88Дж/ см <sup>2</sup>					
По требованиям СТП 26.260.2043-2004 KCV ≥ 30,0 Дж/ см <sup>2</sup>									
НВ	<b>218</b>	<b>214</b>	240	<b>228</b>	<b>205</b>	239	<b>301</b>	<b>286</b>	<b>286</b>
паспорт	НВ 196, σ <sub>B</sub> =1060 МПа, σ <sub>0,2</sub> = 912МПа, δ=13%						σ <sub>B</sub> =1080МПа, σ <sub>0,2</sub> = 932МПа, δ =13%		
По требованиям СТП 26.260.2043-2004 НВ <b>235-277</b>									

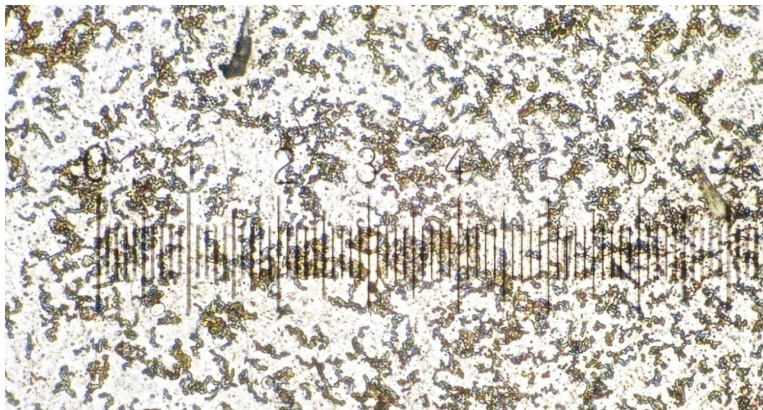


Рис.2 Микроструктура стали 40Х ориентированный по мартенситу сорбит

Горячекатаная сталь 09Г2С в виде круга подвергалась испытаниям образцов «менаже» на ударный изгиб при температуре минус 60<sup>0</sup>С. Результаты испытаний приведены в табл.3. Там же приведены ограничения ударной вязкости образцов «менаже» по ГОСТ 19281. Результаты соответствуют требованиям НД, однако в прутках Ø60 и Ø260мм наблюдается существенный разброс значений. Металлографический анализ выявил полосчатость структуры, что может послужить причиной последнего.

Результаты испытаний образцов проката стали 09Г2С при – 60<sup>0</sup>С на ударный изгиб

Таблица 3

Размер проката, мм	Ø20	Ø40	Ø60	Ø260	Ø320
Ударная вязкость КСУ, Дж /см <sup>2</sup>	85, 87, 88,	107, 112, 118	191, 194, 242	40, 83, 109	90, 92, 97
ГОСТ 19281 КСУ≥34Дж/см <sup>2</sup> (при - 70 <sup>0</sup> С).					

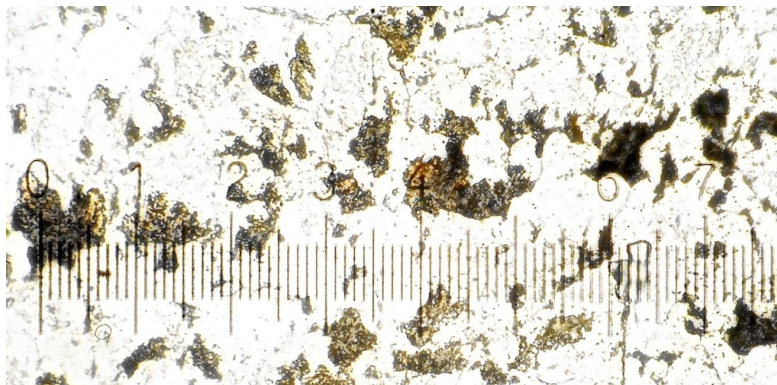


Рис.3 Микроструктура стали 09Г2С полосчатый перлит +феррит

Рекомендуется строго контролировать и не допускать отклонения режимов термической обработки от регламентированных, что служит основной причиной выявленных в работе несоответствий о морозостойкости сталей.

### Список литературы

1. Горицкий В.М. Диагностика металлов. - М.: «Металлургиздат», 2004.- 408с.
2. Муратаев Ф.И., Муратаев А.Ф. Исследование повреждаемости металла дисков компрессора ГТУ // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева, 2016. № 4. С. 31-35.
3. Шканов И.Н., Брауде Н.З., Муратаев Ф.И. Модель оптимизации исходных механических свойств по критериям статической и усталостной прочности при сложном напряженном состоянии // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 1982. № 1. С. 107-111.
4. Ф.И. Муратаев Адаптация методики преподавания к требованиям ФГОС ВПО для повышения профессиональных компетенций студентов-материаловедов. // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2014. № 1. С.194-197.
5. Муратаев Ф.И., Муратаев А.Ф. Определение причин разрушения планетарного редуктора экскаватора “HYUNDAI-R170”// Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева 2016. №3. С.87-90.

## ЛАЗЕРНО-ПОЛЕВАЯ ЗАКАЛКА МЕТАЛЛОВ

Башмаков Д.А.

Набережночелнинский институт (филиал) К(П)ФУ,  
423810, г. Набережные Челны, пр. Мира 68/19

**Аннотация.** Рассмотрена технология лазерно-полевой закалки металлов. Разработана принципиальная схема лазерно-полевого технологического комплекса. Проведены исследования по наложению электростатического поля на зону термического воздействия лазерного излучения.

**Abstract.** The technology of laser-field hardening of metals is considered. A schematic diagram of the laser-field technological complex has been developed. Investigations have been carried out on the imposition of an electrostatic field on the zone of thermal action of laser radiation.

**Ключевые слова:** лазер, закалка, электростатическое поле, гибридная технология.

В автомобилестроении лазерное упрочнение применяется для повышения износостойкости распределительных валов, коленчатых валов, шестерен, рабочих поверхностей клапанов, коромысла клапана, клапанных седел и др. Качество термоупрочнённого слоя имеет сложную зависимость от параметров



лазерного технологического комплекса (энергия импульса излучения, фокусное расстояние, длительность импульса, газовая среда, внешние поля и т.д.). Исследования, проведённые по лазерной закалке металлов, в т.ч. и других авторов, показывают нестабильность показателей качества технологического процесса [1]. К этим показателям качества относятся шероховатость обработанной поверхности, глубина зоны термического влияния, микротвёрдость, химический состав и однородность микроструктуры.

Анализ взаимосвязи параметров лазерно-полевого технологического комплекса (ЛПТК), параметров закалки и показателей качества зоны термического влияния (ЗТВ) показал, что первые большее влияние оказывают на температуру, а от нее зависят все показатели качества процесса закалки [2]. Упрочнение рабочей поверхности металлического изделия лазерным излучением (ЛИ) при критической плотности энергии в луче, не даёт стабильных показателей качества поверхности. Существенное значение в этом играют как параметры ЛПТК, которые необходимо рассматривать как совокупность взаимодействующих между собой звеньев сложной системы, влияние внешних электрических полей на физический процесс взаимодействия ЛИ с металлом, так и электропроводность металла, от которой напрямую зависит коэффициент поглощения [3].

На основе теоретических и экспериментальных данных, проведенных в лабораториях НЧИ КФУ [4], разработана экспериментальная импульсная установка ЛПТК (рис.1).

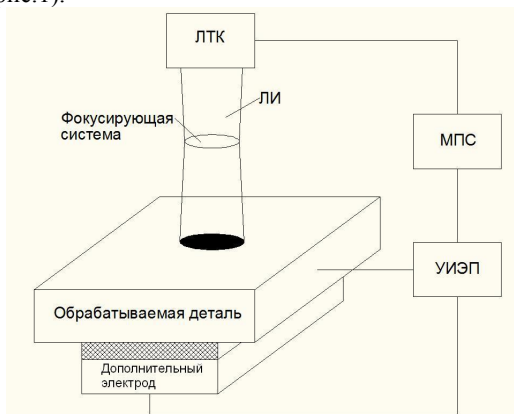


Рис.1. Схема лазерно-полевого технологического установки

Лазерно-полевого комплекс состоит из следующих элементов: лазерный технологический комплекс на базе импульсного лазера LRS-150A (ЛТК), фокусирующей системы; микропроцессорной системы (МПС); управляемый источник электростатического поля (УИЭП); дополнительный электрод.

Регулируя мощность накачки активного элемента, фокусное расстояние и напряженность электростатического поля устанавливаются необходимые параметры ЛПТК для обработки поверхности деталей с требуемыми

показателями качества технологического процесса. Максимальная мощность излучения ЛПТК регулируется в пределах до 6 кВт, а напряженность однородного электростатического поля от 300 кВ/м до 4650 кВ/м.

Микроструктурный анализ сталей при обработке излучением в режимах близких к критическим без наложения дополнительных полей показал значительное увеличение микротвердости и глубины упрочненной зоны, однако при этом увеличивается вероятность оплавления поверхности и увеличение шероховатости на 3 - 5 классов.

В работах учёных показана зависимость микротвердости от глубины упрочненной зоны для стали (Сталь 45), наиболее характеризующая разброс этих значений. Из работ видно, что изменение, как микротвердости, так и глубины упрочненной зоны в среднем составляют 20÷30%.

Дополнительное наложение на зону закалки электростатического поля прямой полярности приводит к ещё большему увеличению микротвёрдости и глубины упрочнённой зоны совместно с уменьшением вероятности, а при предельных значениях напряжённости, равных 5 кВ/м, практически полному отсутствию оплавления поверхности при тех-же режимах обработки.

Ещё одним эффектом от наложения внешнего поля стало увеличение твёрдости закалённого слоя от 100 HV<sub>0,05</sub> для Стали 65Г и до 240 HV<sub>0,05</sub> для Стали 10.

Анализ зоны импульсной лазерной закалки с наложением электростатического поля показал, что происходит увеличение важного технологического параметра закалки – глубины, при всех режимах обработки металлов, одновременно с этим происходит увеличение твёрдости закалённого слоя, в ряде случаев более чем на 50% от обычного технологического процесса; при этом ширина закалённого слоя остаётся неизменной при всех режимах обработки на всех образцах. Микроструктура закалённого слоя во всех случаях представляет собой мартенсит структуру.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке и создании энергоэффективных гибридных технологических комплексов, а также при разработке технологических процессов лазерной обработки, в частности закалки, металлических образцов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Казанского (Приволжского) федерального университета.

### Литература

1. Звездин В.В., Башмаков Д.А., Нугуманова А.И., Кузнецов И.Н., Шангараев И.Р. Системный подход к разработке модели формирования микроструктур в металлах при лазерной закалке. Проектирование и исследование технических систем межвузовский научный сборник. Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО "Камская государственная инженерно-экономическая академия". Набережные Челны, 2008. С. 86-94.

2. Ибрафилов И.Х., Башмаков Д.А., Галиакбаров А.Т., Мандрик П.А., Ганиев М.М. Аналитическое описание температурного поля в материале под

воздействием комбинированного источника теплоты. Известия высших учебных заведений. Физика. 2014. Т. 57. № 3-3. С. 148-151.

3. Ибрафиллов И.Х., Песошин В.А., Звездин В.В., Башмаков Д.А. Управление электростатическим полем глубиной лазерной закалки в металлах. Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2010. № 2. С. 47-49.

4. Башмаков Д.А. Модель расчёта параметров лазерного термоупрочнения, учитывающая влияние электростатического поля. Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. 2010. № 2. С. 10-14.

УДК 620.1-535

## ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ТОЛЩИНЫ ПАНЕЛИ

Бердиев Олег Шамильевич – советник управляющего директора ПАО ААК «ПРОГРЕСС», e-mail: berdiev553@mail.ru пл. Ленина, 5, г. Арсеньев, Приморский край, 692335

Федорович Денис Сергеевич – начальник КБ службы ОГТ ПАО ААК «ПРОГРЕСС», старший преподаватель филиала ДВФУ в г. Арсеньеве, пл. Ленина, 5, Арсеньев, Приморский край, 692335

Научный руководитель: Ю.П. Денисенко - управляющий директор ПАО ААК «ПРОГРЕСС»

**Аннотация.** В сотовых панелях превышение предельной высоты конструкции (толщины панели) ведет к снижению несущей способности изделия, обусловленной ограничением механических характеристик вертикальной стенки ячейки. Основная причина этого в том, что при достижении предельной высоты возможно потеря устойчивости вертикальной стенки и её «складывание» с развитием катастрофического процесса разрушения конструкции по типу эффекта «домино».

Поэтому необходимы надежные расчетные методы и методики определения несущей способности трехслойных конструкций с помощью моделирования избирательного нагружения в конечно-элементной модели.

**Annotation:** In the honeycomb panels, exceeding the maximum height of the structure (panel thickness) leads to a decrease in the bearing capacity of the product due to the limitation of the mechanical characteristics of the vertical wall of the cell. The main reason for this is that when the maximum height is reached, the vertical wall may lose its stability and its "folding" with the development of a catastrophic process of destruction of the structure by the type of the domino effect.

Therefore, reliable computational methods and techniques for determining the load-carrying capacity of three-layer structures are necessary by modeling the selective loading in the finite element model.

**Ключевые слова:** давление воздуха, метод конечных элементов, моделирование нагрузки.

### Предложенное техническое решение

Предлагается увеличить высоту вертикальной стенки ячейки сотоблока и тем самым увеличить его толщину - заполнением полостей сотоблока газа под давлением превышающим атмосферное [1].

### Моделирование предложения

Рассматривается применение CAE анализа поведения авиапанели.

В настоящем проекте в процессе оформления сотовой ячейки, под внутренним давлением газа, используются анализ CAE системы, что позволяет заменить долговременный дорогостоящий натурный эксперимент более дешевым вычислительным методом [2].

КЭ-моделирование позволило оценить поведение сотовой панели под воздействием различных внешних факторов: внешнее атмосферное давление, внутреннее давления газа на стенки соты, внешние нагрузки, прилагаемые к сотовой панели, в зависимости от условий ее работы.

При проведении подобного расчета с использованием систем численного анализа появляется возможность моделирования конструкции сотовой панели любой сложности и степени детализации, анализ реального распределения напряжений и деформаций в конструкции.

Применяемое программное обеспечение COMSOL Multiphysics интегрируется с различными САПР-приложениями и позволяет импортировать файлы в формате DXF и IGES, обеспечивает эффективный обмен данными с популярными продуктами геометрического моделирования (Autodesk, Inventor, SolidWorks, CATIA, Pro/E, NX, SolidEdge и т.д.). COMSOL Multiphysics реализована для операционных систем (ОС) Windows, Mac, Linux, UNIX. [3, 5]. Благодаря этому имеется возможность работать с разными программами моделирования и различных ОС и сводить расчеты в единую систему конечно-элементного анализа.

Сначала сотовая ячейка сведена к расчету балки круглого сечения.

Прогиб стенки ячейки определяется по формулам:

$$X = \frac{1}{12} \cdot \frac{P \cdot l^3}{\pi \cdot E \cdot r^4} \quad (1)$$

где P – сила воздействия,

l – длина приведённого стержня (высота ячейки),

E – модуль упругости материала,

r – радиус «виртуального приведённого стержня».

$$X \cdot 12 \cdot \pi \cdot E \cdot r^4 = P \cdot l^3 \quad (2)$$

Следующим этапом моделирования расчетов был вебинар с владельцем программы COMSOL по теме «Совокупное воздействие давления газа и нагрузки на сотовую ячейку».

В ходе работ выполнено моделирование нагружения сотовой ячейки пакете системы COMSOL Multiphysics, которая решает системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов в одном, двух и трех измерениях.



Область, в которой проводилось решение дифференциальных уравнений, разбивалась на конечное количество подобластей (элементов) (Рис.1) в каждом из которых произвольно выбирался вид аппроксимирующей функции. Здесь в качестве конечных элементов используются свободные треугольники размеры и расположения которых, автоматически определялись программой.

Максимальный размер элемента 0,0024 м;

Минимальный размер элемента 0,0003 м.

Структурный анализ сотовой ячейки проводился на данном этапе с параметрам  $h/\delta = 5/0,03$  и высотой 15-50 мм.

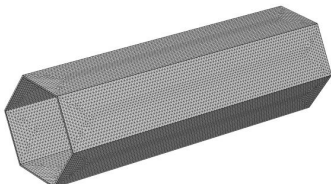


Рис. 1. Исходный контур сотовой ячейки, разбитый на конечные элементы

При решении задачи в САЕ системе были получены значения силы и деформации. (Рис. 2)

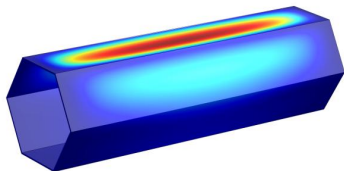


Рис. 2. Смоделированная деформация сотовой ячейки

Исходя из предположения на начальном этапе, что при деформации стенки ячейки высотой 15 мм на  $X=0,5$  мм, происходит потеря устойчивости вертикальной стенки и разрушение панели - получили зависимость деформации от высоты полета и внутреннего давления ( $P_0$ ) в ячейке.

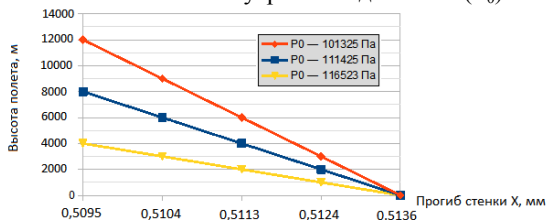


Рис. 3. Сравнение прогиба стенки ячейки под давлением при нагрузке от высоты полета

Применение поочередного анализа ячейки разной (на разных высотах) позволяет получить независимые расчетные данные о том, как развивается деформация от нагрузки поэлементно до целой ячейки.

#### Сопоставимость результатов

По проведенному ряду экспериментов определено повышение жесткости сотовой ячейки, при увеличении давления внутри сотовой ячейки.

Решая настоящую задачу, исходили из предположения, что расхождение результатов компьютерного моделирования и полученных после натурного эксперимента не превышает 10 - 15%. А также, что проведение компьютерного

моделирования позволяет несколько ускорить разработку конструкторской и технологической документации, не менее чем на 1,5 года.

### **Выводы и рекомендации**

Применение компьютерного моделирования позволило значительно сократить расходы на проведение экспериментов и повысить «скорость» реализации предложения. Разумеется, тут становятся востребованными обученные и опытные специалисты, обладающие определённым навыком исследовательской работы и умеющие бегло пользоваться справочной литературой.

### **Литература:**

1. Бердиев О.Ш., Федорович Д.С. Зависимость устойчивости вертикальной стенки ячейки от давления газа в сотоблоке авиапанели // Вестник Инженерной школы Дальневост. федеральн. ун-та. 2017. № 2(31). с. 64 – 71. URL: <https://www.dvfu.ru/vestnikis/archive-editions/2-31/6/> (дата обращения: 21.06.2017).

2. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб.: Питер, 2004. – 560с.: ил.

3. РУКОВОДСТВО COMSOL «Основы постобработки и визуализации в COMSOL Multiphysics®» - COMSOL, 40с.: ил

4. Сотовые наполнители и панельные конструкции космического назначения: моногр. В 2 т. Т. 1. Технологические несовершенства сотовых наполнителей и конструкций / А.В. Гайдачук, О.А. Карпикова, А.В. Кондратьев, М.В. Сливинский; под. ред. А.В. Гайдачука – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2012. – 279 с.

5. Introduction to COMSOL Multiphysics © 1998–2017 COMSOL, 198.

УДК 621.7.044

## **КОМБИНИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКЕ**

Бердиев Олег Шамильевич – советник управляющего директора Арсеньевской авиационной компании «ПРОГРЕСС» им. Н.И. Сазыкина, e-mail:

berdiev553@mail.ru площадь Ленина, 5, г. Арсеньев, Приморский край, 692335

Федорович Денис Сергеевич – старший преподаватель филиала ДВФУ в

г. Арсеньеве, площадь Ленина, 5, Арсеньев, Приморский край, 692335,

Дальневосточный федеральный университет

Научный руководитель: Денисенко Юрий Петрович – управляющий директор  
ПАО ААК «ПРОГРЕСС»

**Аннотация:** Импульсное формообразование широко применяется в авиапроизводстве и судостроении при изготовлении крупногабаритных металлических панелей из-за применения высокоэнергетического воздействия

на обрабатываемую заготовку и больших скоростей деформирования. Обслуживание крупноразмерной технологической оснастки всегда весьма затратно и поэтому желательно максимальное совмещение количества операций, чтобы в одной оснастке производилось формообразование детали с вырубкой проёмов или перфорированием. Причём с получением кромок с минимальным припуском на обработку.

**Abstract:** Impulse shaping is widely used in aircraft manufacturing and shipbuilding in the manufacture of large-sized metal panels due to the use of high-energy impact on the workpiece and high deformation rates. Maintenance of large-scale tooling is always very costly and, therefore, it is desirable to maximally combine the number of operations so that in one tooling the workpiece can be formed with cutting holes or perforating. And with the reception of the edges with a minimum allowance for processing.

*Ключевые слова:* панель, импульсное воздействие, перфорирование, моделирование.

### **Введение**

Методы импульсного формообразования, как электрогидравлическая и штамповка взрывом заряда БВВ, широко применяются во многих отраслях промышленности из-за мобильности развертывания производства, относительной простоты оснастки и дешевизны оборудования.

Цель настоящей статьи – предложение полученных результатов для применения и рекомендаций в реальном секторе серийного производства.

### **Постановка и решение задачи**

Обработана технология и исследован процесс изготовления с использованием энергии взрыва перегородки из сплава АМг3 сложной пространственной формы с фигурными отверстиями и вырезом.

### **Варианты решения**

Деталь изготавливают в одной матрице из листовой заготовки за два перехода: сначала взрывом комбинированного заряда (центрального — из аммонита №6 ЖВ и кольцевого — из ДШ-А) формируют заготовку по контуру матрицы, затем заменяют стальные вкладыши на полиуретановые в полостях и подрывом кольцевого фигурного заряда из ДШ-А пробивают отверстия [2].

При моделировании процесса, одновременно исследовали воздуховыводящий узел, причем удалось разработать принципиально новую конструкцию. Воздуховыводящий узел имеет вставку с продольными пазами на верхнем, венце, которые при укреплении вставки в корпусе образуют серию каналов малого сечения. Через них, и паз, воздух из полости матрицы выводятся в вакуумную магистраль. Опробование матрицы показало, что такой воздуховыводящий узел можно успешно применять при изготовлении штамповой оснастки для импульсного формообразования деталей [2].

Штамповка взрывом с совмещением формообразующих и разделительных операций позволяет изготавливать детали сложной формы, широкой номенклатуры из плоских и трубчатых заготовок в сравнительно простой штамповой оснастке. Таким способом можно получать тройники,

гофрированные обечайки, кожухи и другие детали, применяемые в машиностроении.

Рассмотрим расчет параметров технологического процесса взрывной штамповки обечайки, где на одном участке совмещаются раздача и формовка гофров, а на втором - раздача, формовка пуклёвка и отбортовка отверстий.

Для определения веса заряда пользовались законом сохранения энергии

$$\int_s EdS = \sum A_i f_i(R_{\delta}, r_n), \quad (1)$$

Где:  $E$  — удельная энергия взрыва, поглощенная заготовкой за время деформирования;

$S$  — площадь смачиваемой поверхности заготовки;

$A_i$  — работа пластической деформации на  $i$ -й совмещаемой операции;

$f_i(R_{\delta}, r_n)$  - функция, учитывающая последовательность и вид совмещаемых операций.

Величина удельной энергии определяется так:

$$E = \frac{p_m^2 \theta}{2\rho_0 c_0} \left(1 + \frac{c_0 \theta}{R}\right), \quad (2)$$

где  $p_m$ ,  $\theta$  — максимальное давление ударной волны и характеристическое время, с;

$\rho_0$  — плотность передающей среды,  $\text{нс}^2/\text{м}^4$ ;

$c_0$  — скорость звука в передающей среде, м/с;

$R$  — дистанция взрыва, м.

Работу пластической деформации для формовки, раздачи и отбортовки можно определить по известным зависимостям [5].

Так как процесс пробивки отверстий при совмещении операций менее изучен и существенно отличается от пробивки жестким и эластичным пуансонами был проведен теоретический анализ на основе разработанного метода [3]. При анализе пластического течения в очаге деформации для относительно тонких пробиваемых отверстий ( $\delta/d_n < 0,1$ ) пренебрегаем окружающими деформациями и деформированное состояние считаем плоским.

Поле скоростей (рисунок 6) представлено в виде:

$$v_x = \frac{2}{3} v_0 \frac{x^3 z}{l^2 \delta^2}; \quad v_z = -v_0 \frac{x^3 z^2}{l^2 \delta^2}, \quad (3)$$

где  $v_0$  — скорость характерной точки очага;

$l$  — глубина очага деформации при пробивке;

$\delta$  — толщина заготовки.

Из анализа основных уравнений механики сплошных сред найдена зависимость для расчета работы деформации пробивки:

$$A_{np} = 2\pi d_n l \delta_1 \frac{B}{1+\alpha} \left[ \frac{h_c}{\delta} \left( \frac{2}{3\sqrt{3}} + \frac{7l}{50\sqrt{3}\delta} \right) \right]^{1+\alpha}, \quad (4)$$

где  $B, \alpha$  — константы степенного закона кривой упрочнения материала заготовки;

$d_n$  — диаметр пуансона

$h_c / \delta$  - относительная утяжка материала в очаге деформации при пробивке.

Для процессов с совмещением операций при штамповке взрывом гофрированных обечаек уравнения баланса энергии соответственно для I и II участков (см. рисунок 4) заготовки имеют вид:

$$\int_{S_1} EdS = A_p + A_z; \quad (5)$$

$$\int_{S_2} EdS = A_p + (A_{отб} + \frac{1}{2} A_{пр}) \frac{d_n^2}{D_б^2 - d_n^2}, \quad (6)$$

где  $A_p$ ,  $A_r$ ,  $A_{отб}$  — работа деформации раздачи, гофрирования, отбортовки соответственно;

$D_б$  — диаметр борта отверстия.

Уравнение (6) позволяет учитывать потери энергии гидротока жидкости после пробивки отверстия, как в зоне отверстия, так и на остальном участке заготовки.

Сравнение расчетной величины заряда с экспериментальной подтверждает возможность использования зависимостей теоретического анализа (4), (5), (6) для процессов с совмещением операций взрывной штамповки. Погрешность расчетов не превышает 20% [1].

Важным параметром технологического процесса совмещения операций является величина предельного коэффициента отбортовки  $k_{отб}$ , которая определяется состоянием кромки пробитого отверстия, схемой отбортовки, геометрическими размерами заготовки, механическими свойствами материала. Поэтому для определения этой величины были проведены экспериментальные исследования.

Опытные работы по взрывной штамповке обечаек проводили на штампе с вертикальной плоскостью разреза, состоящем из двух половинок стянутых бандажными кольцами.

Геометрия режущей кромки пуансона существенно влияет на процесс пробивки отверстия. Опытным путем установлено, что угол при вершине кромки должен составлять  $45^\circ$  для алюминиевых сплавов и  $55\text{—}60^\circ$  для сталей. Такая геометрия инструмента позволила значительно улучшить качество кромки пробитого отверстия, увеличить предельные деформации последующей отбортовки, снизить энергозатраты на перфорирование [6].

С целью повышения стойкости и улучшения условия резки пуансоны могут быть выполнены комбинированными. Режущую кромку изготавливали из легированных сталей ХВГ, Х12М, ШХ15, которые после термообработки должны иметь твердость  $HRC\ 52\text{—}56$ . Корпус ножа выполняли из стали [6].

### **Заключение**

Дальнейшее улучшение условий резки может быть достигнуто за счет профилирования поверхности корпуса. Геометрия профиля определяется толщиной пробиваемого материала. Рекомендуемые значения размеров:  $r_в = (3\text{—}5)\delta$ ;  $h_в = (3\text{—}5)\delta$ ;  $l_в = (5\text{—}10)\delta$ . Углы режущей кромки при таком корпусе выбираются в пределах:  $\alpha = 15\text{—}20^\circ$ ,  $\gamma = 45^\circ$  для алюминиевых сплавов и  $\alpha = 20\text{—}25^\circ$ ,  $\gamma = 55\text{—}60^\circ$  для сталей.

### Список литературы

1. Абдулин Ф.З., Бердиев О.Ш., Губский А.А., Ерёменко В.Г., Зорик В.Я. Совмещение операций при взрывной штамповке оболочек, «Авиационная промышленность», 1976, №11, с.45.
2. Бердиев О.Ш. Совмещение операций при формовке из плоских и замкнутых заготовок. «Качество, надёжность и эффективность процессов машиностроительного производства»: Межвузовский сб. научн. тр. (вып. 4-й) / под. общ. ред. Огнева Ю.Ф., Арсеньев: изд-во ДВГТУ АрТИ, 2007, с.86
3. Высокоскоростное деформирование металлов. Под ред. Ф.У. Уилсона, М., «Машиностроение», 1966, с.175
4. Огнев Ю.Ф., Бердиев О.Ш., Денисенко Ю.П. Интенсифицированные схемы процессов штамповки // Актуальные вопросы современной техники и технологии [Текст]: Сборник докладов V-й Международной научной конференции (Липецк, 29 октября 2011 г.). / Отв. ред. А.В. Горбенко. – Липецк: Издательский центр «Гравис». 2011. – 184с. с.66.
5. Пихтовников Р.В. и Завьялова В.И. Штамповка листового материала взрывом. М., «Машиностроение», 1964, с.175
6. Развитие высокоскоростных методов штамповки / Ю.Ф. Огнев, О.Ш. Бердиев, Ю.П. Денисенко // Вестник инженерной школы Дальневосточного федерального университета [Электронный ресурс] / гл. ред. А.Т. Беккер, д.т.н., проф.; отв. за номер В.П. Рева. – Электрон. научн. журн. – Владивосток, 2012. – № 4 (13).

### РАЗРАБОТКА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СВМПЭ И КЕРАМИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ

Борисова Р.В., Охлопкова Т.А., Голиков А.Н.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», институт естественных наук, химическое отделение, 677700, г. Якутск, ул. Кулаковского 48

**Аннотация.** Разработана технология поверхностного модифицирования порошка сверхвысокомолекулярного полиэтилена, путем реакции бромирования в среде четыреххлористого углерода. Представлены результаты структурных и механических исследований полимерных композиционных материалов на основе СВМПЭ и неорганических наночастиц нитридов, карбидов алюминия и кремния.

**Abstract.** The technology for surface modification of ultra-high molecular weight polyethylene powder by a bromination reaction in a carbon tetrachloride medium has been developed. The results of structural and mechanical studies of

polymer composite materials based on UHMWPE and inorganic nanoparticles of nitrides, aluminum carbides and silicon are presented.

**Ключевые слова:** полимер, наночастицы, адгезия, коэффициент трения, прочность

В настоящее время ключевой проблемой создания полимерных нанокомпозитов с заданными свойствами является недостаточное адгезионное взаимодействие между наноразмерными наполнителями и полимерной матрицей. Данная проблема наиболее актуальна при использовании гидрофобных термопластов и неорганических (гидрофильных) наполнителей.

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) благодаря своим уникальным свойствам - высокой прочности, износостойкости, морозостойкости и низкой газопроницаемости, в последнее время широко используется в качестве матрицы при создании нанокомпозитов. Поверхность СВМПЭ характеризуется как неполярная, поэтому при введении в него в качестве наполнителей неорганических наночастиц межмолекулярное взаимодействие между компонентами оказывается весьма слабым, что отрицательно сказывается на свойствах получаемого материала. Среди существующих методов усиления межфазных взаимодействий в системе СВМПЭ-наполнитель, наиболее эффективным считается дополнительное введение связующих агентов с функциональными группами. Их применение позволяет получать полимерные нанокомпозиты с улучшенными эксплуатационными характеристиками [1-2].

Ранее проведенные исследования в данной области [3-4] показывают, что наиболее эффективными способами, влияющими на межфазные взаимодействия компонентов, является применение химически модифицированных полимерных матриц, например, с привитыми функциональными группами или веществ со схожей химической природой и структурой. В связи с этим было выдвинуто предположение о том, что химическое модифицирование СВМПЭ будет способствовать усилению межфазного взаимодействия на границе раздела фаз СВМПЭ-наполнитель.

Наиболее эффективным методом химического модифицирования полиэтиленов (ПЭ) является галогенирование, в частности, процесс бромирования, отличающийся более простой и доступной технологией. Существующие в настоящее время способы галогенирования ПЭ не подходят для СВМПЭ из-за высокого значения его молекулярной массы и, следовательно, невозможностью перехода в расплав и трудностями в подборе растворителя, так большинство предлагаемых способов галогенирования ПЭ требуют перевода полимера в раствор. Также в литературе встречаются единичные публикации по бромированию уже готовых изделий – волокон из СВМПЭ. В связи с этим была поставлена цель создания технологии химического модифицирования поверхности порошка СВМПЭ для использования его в качестве компатибилизатора (полимерной добавки) на границе раздела фаз СВМПЭ-наполнитель в ПКМ.

В исследованиях использовали СВМПЭ марки Celanese GUR 4022 (КНР) с молекулярной массой  $5.0 \times 10^6$ , насыпной плотностью  $0.4 \text{ г/см}^3$  и средним размером частиц 150-200 мкм в качестве полимерной матрицы. В качестве наполнителей применяли неорганические наноразмерные порошки нитридов алюминия AlN и кремния  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , карбид кремния SiC (Emfutur Technologies, Германия). В качестве бронирующей среды был использован раствор брома  $\text{Br}_2$  в четыреххлористом углероде  $\text{CCl}_4$ . Выбор растворителя обусловлен его низкой температурой кипения ( $77^\circ\text{C}$ ), химической инертностью к полимеру, хорошей смачиваемостью полимера в нем.

Физико-механические свойства ПКМ были исследованы на разрывной машине “Shimadzu AGS-J” по ГОСТ 11262-80 при скорости движения подвижных захватов 50 мм/мин. Адгезию наночастиц к поверхности полимера оценивали на атомно-силовом микроскопе (АСМ) Integra Prima (NT-NTD, Россия). Триботехнические характеристики (коэффициент трения, скорость линейного и массового изнашивания ПКМ) определяли на трибометре UMT-2 фирмы SETR (США) согласно ГОСТ 11629-75 по схеме трения «палец-диск» (образец – столбик с диаметром 10 мм, высотой 20 мм, контртело – стальной вал из стали 45 с твердостью 45-50 HRC и шероховатостью  $Ra = 0,06 - 0,07 \text{ мкм}$ , при нагрузке 150 Н и скорости скольжения 1 м/с).

Бромирование СВМПЭ проводят в реакторе фирмы Radleys с прозрачными стенками из боросиликатного стекла, снабженном механической мешалкой и обратным холодильником, охлаждающимся потоком холодной воды, при непрерывном перемешивании под постоянным воздействием УФ - излучения. Далее процесс сопровождается фильтрованием бромированного СВМПЭ (Б-СВМПЭ) под вакуумом, с последующей промывкой в ЧХУ и высушиванием в вакуумном сушильном шкафу.

СВМПЭ перерабатывали методом горячего прессования при удельном давлении прессования 10 МПа и температуре  $175^\circ\text{C}$ , с подпрессовкой для удаления остаточного воздуха при 2 МПа. Приготовление концентрата, состоящего из Б-СВМПЭ и неорганических НЧ, проводили в УЗ-ванне Laborette – 17 фирмы Fritsch (Германия), с частотой УЗ колебаний 35 кГц в течение 1,5 ч в среде этанола. Далее удаляли этиловый спирт из концентрата в ротационном испарителе и просеивали полученную порошковую смесь через сито для гомогенизации смеси. Полученный концентрат совмещали с СВМПЭ разными способами, добиваясь необходимой концентрации НЧ. В данной работе рассмотрено смешение компонентов под воздействием УЗ в среде этанола по ранее предложенной нами методике[5].

Результаты, полученные методом ИК-спектроскопии представлены на рис.1. Зарегистрированы новые пики в области  $617$  и  $550 \text{ см}^{-1}$ , свидетельствующие о наличии связи С-Вг.



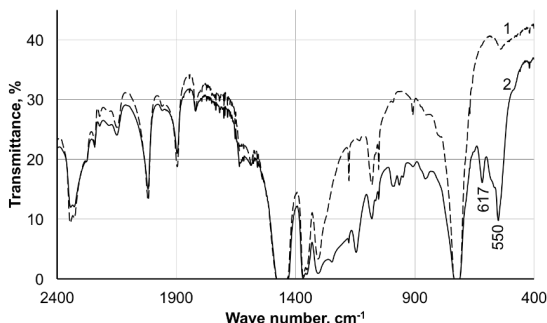


Рис.1. ИК-спектры исходного (1) и бромированного (2) СВМПЭ.

Наблюдается существенный прирост прочности при растяжении при добавлении Б-СВМПЭ, что связано с улучшением межфазных взаимодействий (рис. 2). Зарегистрированы улучшения в механических характеристиках при небольшом содержании Б-СВМПЭ, до 2 мас. %.

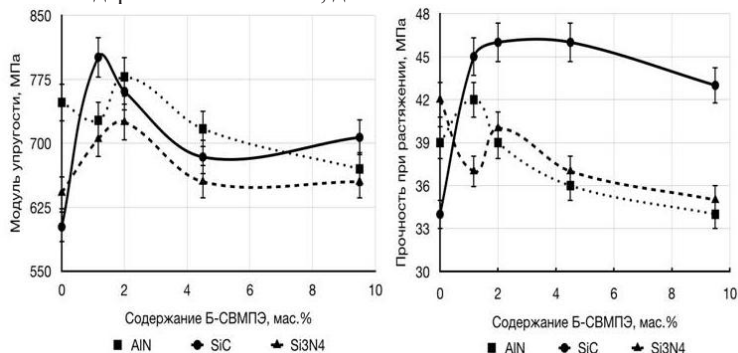


Рис.2. Результаты физико-механических испытаний ПКМ

Действие Б-СВМПЭ является неоднозначным при его высоком содержании в ПНК. Очевидно, что участки макромолекулы Б-СВМПЭ не укладываются в кристаллическую структуру СВМПЭ, образуя области с искаженной кристаллической структурой и снижая механические характеристик ПНК. Из рис. 2 видно, что при содержании Б-СВМПЭ выше определенного значения происходит снижение модуля упругости. Это может быть связано с тем, что существует оптимальное соотношение между НЧ и Б-СВМПЭ, при котором повышается адгезия между полимерной матрицей и НЧ и увеличивается жесткость ПНК. При превышении содержания Б-СВМПЭ выше оптимума проявляются свойства Б-СВМПЭ как концентраторов напряжения и причины искажения кристаллической структуры СВМПЭ.

По результатам триботехнических испытаний зарегистрировано снижение линейного износа в 2 раза при сохранении коэффициента трения на уровне исходного полимера.

Методом АСМ установлено, что сила адгезии частицы АlN к поверхности Б-СВМПЭ больше, чем к поверхности исходного (ненаполненного) СВМПЭ в 3,6 раз. Среднее значение силы адгезии АlN к поверхности чистого СВМПЭ и Б-СВМПЭ составило 1,26 и 4,56  $\mu\text{N}$  соответственно. Таким образом, можно утверждать о том, что в результате бромирования поверхности частиц СВМПЭ увеличилась адгезия наночастиц к полимеру, что может приводить к значительному улучшению эксплуатационных свойств полимерных композитов на их основе.

Работа выполнена при финансовой поддержке Госзадания МОН РФ 11.1557.2017/ 4.6.

### Литература

1. H.I. Vasafi, A. Babaei, M.H. Abdolrasouli. Effect of high-density polyethylene nanocomposite compatibilizer type on the interfacial adhesion and mechanical properties of polyethylene nanocomposites. *Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics*, 2015, 54(1), pp. 81-90.

2. H. Yuan, P. Hu. Study of a compatibilized ultra-high-molecular-weight polyethylene and polyurethane blend. *Journal of Applied Polymer Science*, 2001, 81(13), pp. 3290-3295.

3. H.-S.Kim, B-H. Lee, S.-W. Choi, S. Kim, H.-J. Kim. The effect of types of maleic anhydride-grafted polypropylene (MAPP) on the interfacial adhesion properties of bio-flour-filled polypropylene composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2007, 38 (6), pp. 1473-1482.

4. N. Hasegawa, M. Kawasumi, M. Kato et al. Preparation and mechanical properties of polypropylene-clay hybrids using a maleic anhydride-modified polypropylene oligomer. *Journal of Applied Polymer Science*, 1998, 67, pp. 87–92.

5. T.A. Okhlopkova, R.V. Borisova, L.A. Nikiforov et al. Technology of liquid-phase compounding of ultra-high-molecular-weight polyethylene with nanoparticles of inorganic compounds under the action of ultrasonic vibrations. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2016, 89 (9), pp. 1469-1476.

## ПРИМЕНЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО НАГРЕВА ПРИ ШТАМПОВКЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Бякров Ф.К., Маслов А.А

АО «КНИАТ», 420036, г. Казань ул. Дементьева, 2в

**Аннотация.** В связи, с увеличением номенклатуры деталей из титановых материалов в изделиях авиационной промышленности, специалистами АО «КНИАТ» проводятся экспериментальные работы по штамповке деталей с радиационным нагревом титановых заготовок. Объектом исследования является поиск новых схем и решений задач по созданию рабочей установки радиационного нагрева (УРН), разработка технологии данного метода.

**Annotation.** In connection with the increase in the nomenclature of details of titanium materials in the products of the aviation industry, specialists of JSC "KNIAT" are conducting experimental work on stamping parts with radiation heating of titanium blanks. The object of the research is the search for new schemes and solutions to the problems of creating a working radiation heating unit (URN), the development of the technology of this method.

Установка радиационного нагрева (УРН), разработанная АО КНИАТ, представляет собой подъемную тележку с выдвижным нагревательным экраном (фото 1). ШВП привод позволяет быстро и без толчков перемещать нагревательный экран в рабочую зону прессы и обратно.

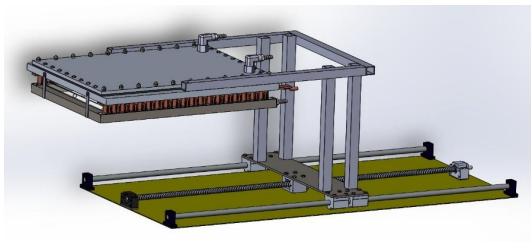


Фото 1. Нагревательная установка УРН

Нагревательный экран (фото 2) состоит из набора кварцевых излучателей – ламп КГТ

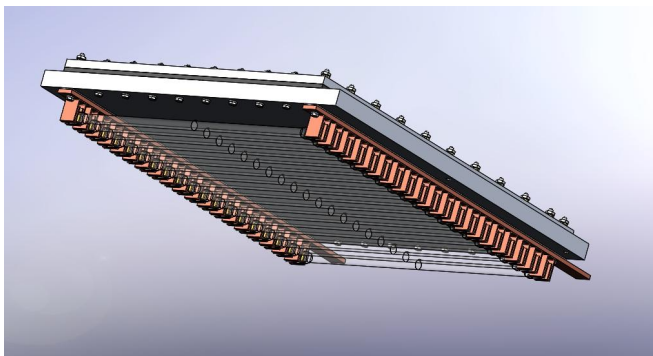


Фото 2. Нагревательный экран.

Параметры установки УРН 701.33.082:

- Габариты установки -800 мм. х 1500 мм. х 870 мм. (1370 мм.)
- Вертикальный ход – 500 мм.
- Горизонтальный ход – 760 мм.

- Температурный интервал нагрева заготовок – 550-600<sup>0</sup>С
- Время нагрева заготовок – 7-8 мин.
- Скорость горизонтального перемещения нагревательного экрана – 150мм./сек

Определение температуры и времени нагрева заготовок производилось на пробном образце из стального листа толщиной 1,0 мм. при различном расстоянии от плоскости заготовки до плоскости отражателя нагревательного экрана.

Схема экспериментальной установки представлена на рис.1

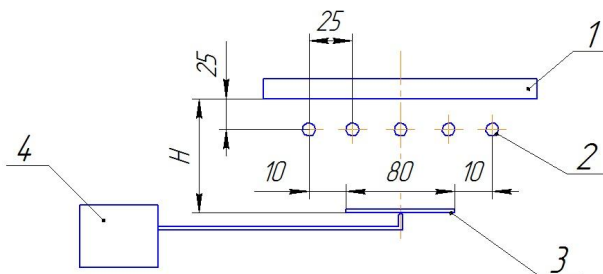


Рис.1 Схема экспериментальной установки:

- 1 – отражатель нагревательного экрана; 2 – лампы КГТ; 3 – заготовка; 4 – измерительный прибор с термопарой

Эксперименты проводились на образце из стального листа толщиной 1,0 мм. и размерами 80 мм. х 300мм. Температуру нагрева образца определяли с помощью термопары ТХА (К), закрепленной в центре образца и измерительного прибора testo 176 T2. При нагреве данной заготовки использовали 5 ламп КГТ, что обеспечило превышение площади нагревательного экрана габаритных размеров заготовки. Производили нагрев заготовки при различных величинах Н с фиксацией изменения температуры через каждые 10 секунд.

По результатам экспериментов на установке УРН определены: оптимальное расстояние от плоскости заготовки до плоскости отражателя для обеспечения максимальной температуры нагрева заготовки – 45 – 50 мм.;

- максимальный интервал возможного нагрева заготовок – 550-600<sup>0</sup>С;
- время нагрева заготовок до температуры 550-600<sup>0</sup>С – 7-8 минут.

На рис.2 представлен график зависимости времени нагрева заготовки от величины Н - расстояния между заготовкой и поверхностью отражателя, из которого, оптимальное расстояние Н для достижения диапазона температур

550-600<sup>0</sup>С равно 45 мм. Время остывания заготовки после отключения нагревательного экрана до температуры 500<sup>0</sup>С составляет 6-7сек. Отвод нагревательного экрана из рабочей зоны прессы и процесс деформирования заготовки необходимо осуществить за это время.

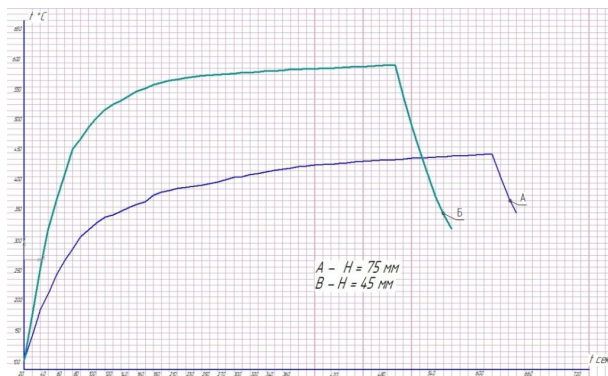


Рис.2 Графики зависимости температуры нагрева заготовки от времени нагрева и расстояния от заготовки до отражателя нагревательного экрана.

Штамповка на прессе с радиационным нагревом заготовки осуществлялась следующим образом. Нагревательная установка УРН устанавливается сбоку прессы. После того как заготовка уложена на матрицу штампа, нагревательный экран выдвигают над заготовкой. Включают кварцевые термоизлучатели на время достижения заданной температуры нагрева заготовки (время нагрева заготовки определяется опытным путем). Затем, после отключения кварцевых излучателей, отводят нагревательный экран из рабочей зоны прессы и производят штамповку.

Схема рабочей зоны прессы при штамповке на пресс ПБ показана на рис.3

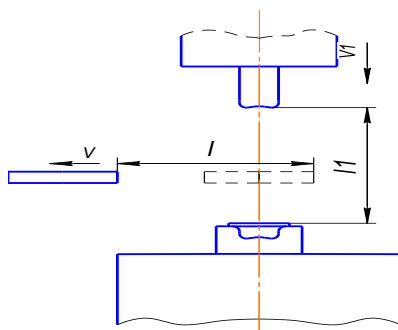


Рис.3 Схема рабочей зоны прессы при штамповке с радиальным нагревом.

$V=125$  мм/сек – скорость отвода нагревательного экрана из рабочей зоны прессы;

$V_1=35$  мм/сек – скорость рабочего хода ползуна прессы ПБ-6334-02;

$l=720$  мм. – расстояние отвода нагревательного экрана из рабочей зоны прессы;

$l_1=250$  мм. – рабочий ход пуансона до касания заготовки;

$t=v/l=720\text{мм.}:125\text{мм./сек.}=5,7\text{сек.}$  – время отвода нагревательного экрана;

$t_1=v_1/l_1=250\text{мм.}:35\text{мм./сек.}=7,1\text{сек.}$  – время подхода пуансона к заготовке;

$T=t+t_1=5,7\text{сек.}+7,1\text{сек.}=12,8\text{сек.}$  – время остывания заготовки перед штамповкой

На прессе были отштампованы детали из титанового сплава ОТЧ-1 толщиной 1 мм. при комнатной температуре и с радиационным нагревом заготовки до интервала температур 550 -600<sup>0</sup>С (фото 4).

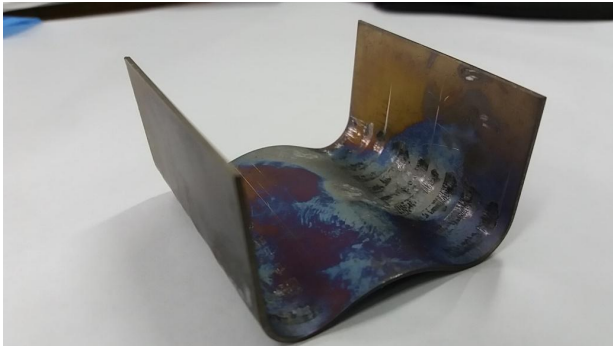


Фото 4 Деталь из титанового сплава ОТЧ-1.

Замеры отклонений (Рис. 4) отштампованных деталей приведены в таб.1

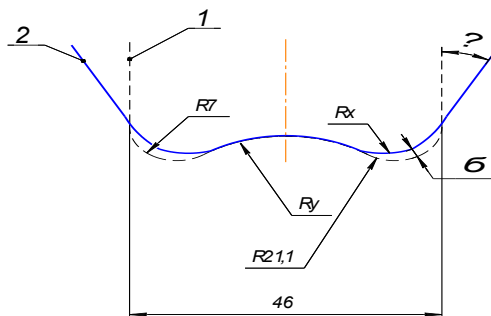


Рис.4 Отклонения контура полученной детали.

1 – контур детали по чертежу; 2 – контур отштампованной детали;  $R_x$ ,  $R_y$  – радиусы отштампованной детали; - неприлегание на сбегах; - неприлегание в центре.

Таб.1

		Температура заготовки	
По чертежу		20 – 25 <sup>0</sup> С	550 – 600 <sup>0</sup> С
Rx	7 мм.	8 мм.	7 мм.
Ry	21,1 мм.	28 мм.	23,5 мм.
Δ	-	7,5 - 9 <sup>0</sup>	3,5-4 <sup>0</sup>
	-	1,4 мм.	0,8 мм.

Анализ проведенных экспериментов показывает, что на отклонения точности размеров контура полученной детали от контура по чертежу влияет температура нагрева, время процесса формообразования.

Для получения точного профиля детали необходимо:

- увеличение нагрева заготовки до интервала более высоких температур 700-800<sup>0</sup>С;
- уменьшение интервала времени от момента выключения и отвода нагревательного экрана до процесса формообразования (штамповки).

**Выводы:** Полученные результаты могут быть использованы при изготовлении промышленной установки радиационного нагрева, а также при отработке и внедрении технологии с использованием данного метода.

#### Литература

1. Листовая штамповка с радиационным нагревом НИАТ 1968 г.
2. Радиационный нагрев титановых заготовок с применением «холодных ламп» со специальным покрытием. Н.В Кабанов, А.А Лапышев, Е.А Таирова, А.А Федоров. Ульяновский Государственный Технический Университет 2014 г.

## СВЕТОВОЗВРАЩАЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Вагизов Тагир Наилевич  
Казанский государственный аграрный университет  
420015, г.Казань, ул. К.Маркса, 65

Галимов Энгель Рафикович, Тукбаев Эрнст Ерусланович,  
Федяев Владимир Леонидович, Галимова Назиря Яхиевна,  
Адыева Назия Абдулхамитовна, Аблясова Алсу Галиевна,  
Ильина Ольга Владимировна  
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева  
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10

**Аннотация.** Рассматриваются световозвращающие покрытия на основе полимерных порошковых композиций. Показана схема световозвращателя с микросферическими линзами. Предложены различные варианты размещения микросфер, определяющие оптические свойства покрытий.

**Annotation.** Reflective coatings based on polymer powder compositions are considered. The scheme of the retroreflector with microspherical lenses is shown. Various variants of placing microspheres that determine the optical properties of coatings are proposed.

**Ключевые слова:** покрытия, полимеры, композиции, пленки, отражение.

Световозвращающие покрытия характеризуются способностью возвращать поток света, падающий на них, обратно в направлении источника света. Они применяются при изготовлении информационных знаков на элементах барьерных отражений и разделительных полос автомагистралей, автодромов, аэродромов, а также в военной и космической технике в качестве элементов измерительных систем [1-3].

Эффективность световозвращения поверхности, в основном, определяется ее конструктивными и оптическими характеристиками, а также характеристиками самого источника излучения. При производстве световозвращающих покрытий, в том числе, в виде плёнок, в качестве световозвращающих элементов используются стеклянные микросферы и уголковые световозвращатели, получаемые в результате реализации сложной технологии нарезки дифракционных решеток.

Световозвращающие элементы (СВЭ) – это устройства, позволяющие получать поток излучения в обратном направлении по отношению к излучению, падающему на них. Часто их изготавливают в виде многослойных световозвращающих пленочных покрытий (СВП) [2]. Наиболее широкое распространение получили СВЭ в виде трипель-призм (катафоты, уголковые призмы, уголковые отражатели) и микросфер, изготавливаемые из полимеров или неорганических стекол.

Трипель-призмы – это призмы, изготовленные так, что их грани располагаются друг к другу под углом  $90^\circ$ . Свет трижды отражаясь от граней, возвращается обратно по отношению к падающему лучу. Взаимно перпендикулярные грани трипель-призмы могут быть изготовлены без покрытия, и тогда свет отражается от этих граней за счет полного внутреннего отражения (ПВО). Чаще всего световозвращающие оптические элементы применяются в составе многослойных световозвращающих пленочных покрытий (СВП). В ряде стран проведены эксперименты с использованием световозвращающей ленты-пленки путем нанесения ее на кузова большегрузных автомобилей в качестве маркировки, а также с применением акриловых композиций, дозированных световозвращающими элементами, для обозначения дорожной разметки [3].

В настоящее время в мировой практике наиболее широко используются световозвращающие покрытия в виде фольгированных пленок, которые обладают высокими световозвращающими и эксплуатационными свойствами. Однако следует отметить, что технология получения таких пленок довольно сложная и дорогая, что сказывается на себестоимости готовой продукции. Поэтому важной задачей является разработка технологии получения новых видов световозвращающих покрытий, среди которых наибольший интерес



представляют покрытия на основе различных типов полимерных порошковых композиций (ППК), содержащих стеклянные микросферы. На рисунке 1 показана схема световозвращателя, основными элементами которого являются микросферические линзы.

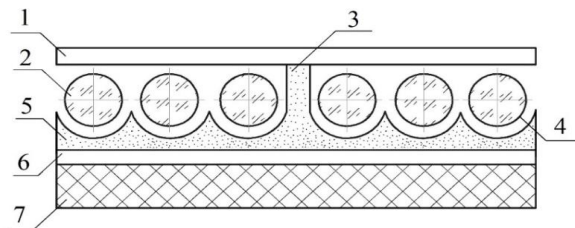


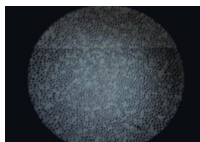
Рисунок 1 – Структура световозвращающего покрытия:

- 1 – защитный слой, 2 – микросферик, 3 – разделитель, 4 – отражающий слой, 5 – клеевой слой, 6 – адгезионный слой, 7 – подложка

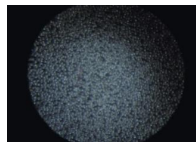
Основным показателем СВП является коэффициент световозвращения, который измеряют согласно известной методике и при заданных условиях наблюдения [2]. Микросферические световозвращающие элементы, применяемые для производства световозвращающих плёнок, представляют собой стеклянные шарики из натриевоборосиликатного стекла с показателем преломления  $n = 1,47-1,51$ .

При проведении исследований использовались различные технологические приемы упаковки микросфер для оценки степени влияния расположения микросфер на оптические показатели покрытий. Закапсулированная упаковка микросфер с различной дисперсностью и при разных формах ячеек разделительного слоя показана на рисунке 2.

Для оптических измерений выбраны световозвращающие образцы №1, №2 и №3. Образец №1 изготовлен из алюминиевой фольги с подслоем клея, нанесённого производителем. На клеевой слой в электростатическом поле напылялись микросферы. Образец №2 состоит из отражающего слоя на основе фольгированного лавсана, на которой закапсулированы микросферы дисперсностью 70 мкм. Для образца №3 в качестве отражающего слоя использовалась лавсановая фольгированная пленка, на которой располагались стеклянные микросферы размером 50 мкм. Для сравнения измерялись также оптические характеристики плёнки фирмы «3М».



а)



б)



Рисунок 2 – Варианты размещения микросфер: *a* – в плёнке фирмы «ЗМ»;  
*b* – на поверхности образца №3; *в* и *г* – закапсулированная упаковка  
 микросфер в ячейках различной формы

Для оценки стабильности технологии изготовления покрытий с использованием микросфер дисперсностью 42-70 мкм проводились контрольные измерения характеристик покрытий. Измерялись оптические свойства образцов, содержащих опорный светоотражающий слой с клеевым покрытием и нанесенным на него в один слой микросферами. Сверху этот слой покрывался защитной полимерной пленкой. В качестве опорного слоя использовались алюминированная фольга и фольгированный лавсан. Клеевое покрытие толщиной 45-50 мкм наносилось на них валковым способом. Микросферы предварительно калибровались по дисперсности в следующий ряд – 45, 50, 70 и 100 мкм. Показатель преломления защитной пленки и стеклянных микросфер  $n = 1,51$ . Экспериментальные значения индикатрисы рассеяния (ИР) образцов представлены на рисунке 3.

Здесь кривая 1 – индикатриса рассеяния световозвращающей пленки фирмы ЗМ алмазного типа. Этот тип световозвращающих пленок основан на использовании в качестве СВЭ реплик скрещенных рельефных нарезных дифракционных решеток. Максимальное значение ИО - 241 отн. единиц. Кривая 2 – ИР световозвращающей пленки фирмы «ЗМ», (белая, инженерного типа), максимум ИО 210 отн. единиц. Кривая 3 соответствует ИР покрытия, разработанного в КНИТУ-КАИ.

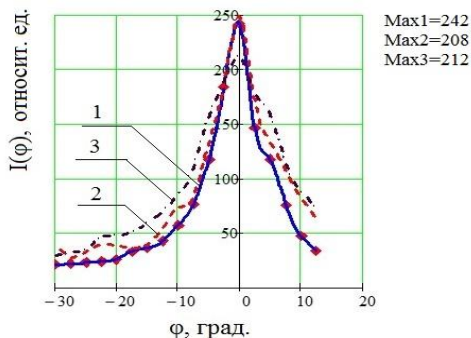


Рисунок 3 – Индикатрисы рассеяния образцов

Видно, что максимум отражения разработанных покрытий близок к максимуму отражения пленки фирмы «ЗМ» при приблизительно таких же допустимых углах наблюдения, характеризующихся полушириной индикатрисы рассеяния.

### Литература

1. Галимов Э.Р., Тукбаев Э.Е., Федяев В.Л., Пряхин Ю.А., Галимова Н.Я., Шарафутдинов Р.Ф., Гимранов И.Р., Тахавиев М.С., Фазлыев Л.Р. Высокоэффективные технологии и оборудование для нанесения полимерных порошковых покрытий. Монография. АН РТ. – Казань: – 2016. – 250 с.

2. Галимов Э.Р., Тукбаев Э.Е., Пряхин Ю.А., Галимова Н.Я. Разработка технологии нанесения световозвращающих покрытий с заданными свойствами. Материалы международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование, материалы-2015», - Казань: Фолиант, Ч.1, 2015. - С. 61-65.

3. Галимов Э.Р., Лейченко Ю.А., Пряхин Ю.А., Тукбаев Э.Е. Поиск способов изготовления и исследование характеристик световозвращающих покрытий с микросферами. Материалы международной конференции «Прикладная оптика-2016». - СПб.: 2016. – С. 67-70.

## СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СБОРКИ НЕРАЗЪЕМНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

старший преподаватель Валиев А.М., д.т.н., проф. Панкратов Д.Л.

Набережночелнинский институт (филиал) К(П)ФУ  
Адрес: 423810, РТ, г. Набережные Челны, проспект Мира, д. 68/19 (1/18)

Аннотация: Рассмотрен способ достижения заданных показателей качества сборки неразъемных изделий, таких как точность геометрических размеров изделия и прочность неразъемного соединения на этапах технологической подготовки и управления технологическим процессом с применением искусственного интеллекта.

The summary: The way of achievement of the given indicators of quality of assemblage of all-in-one products, such as accuracy of geometrical sizes of a product and durability of an all-in-one connection at stages of technological preparation and management of technological process with application of an artificial intellect is considered.

Ключевые слова: неразъемное изделие, прочность соединения, точность изделия, управление, пластическая деформация, нечеткая логика.

Композиционные металлические изделия, получаемые сборкой в неразъёмные соединения пластической деформацией, широко внедряются в машиностроение. Основным преимуществом их применения является возможность сочетания в одном цельном изделии технических свойств различных марок сталей. Например, с помощью применения таких изделий можно решить задачу экономии дорогостоящих легированных сталей при сохранении эксплуатационных свойств штампового инструмента [1, 2].

Среди известных способов сборки неразъёмных соединений особое место занимают способы посредством пластической деформации, когда неразъёмное соединение получается при температуре ниже температуры плавления соединяемых металлов. При этом в области соединения практически отсутствуют зоны структурной и химической неоднородности, присущие способам получения композитных деталей с помощью сварки плавлением.

Достижение заданных показателей качества сборки неразъёмных изделий, таких как точность геометрических размеров изделия, прочность неразъёмного соединения зависит от принимаемых решений, как на этапах технологической подготовки, так и на этапе управления самим технологическим процессом. Система технологической подготовки и управления должна обеспечивать научно-обоснованный выбор технологических режимов сборки, точный расчет параметров соединяемых элементов изделия, что позволяет учесть их формоизменение в процессе сборки путем поэтапной локализации деформации в соединяемых элементах изделия в реальном масштабе времени.

Решение поставленной задачи по повышению эффективности сборки неразъёмных изделий пластической деформацией возможно только при использовании автоматизированной системы моделирования и управления технологическим процессом сборки с использованием элементов искусственного интеллекта.

На рисунке 1 представлена структурная модель многоуровневой автоматизированной системы моделирования и управления технологическим процессом сборки неразъёмных изделий пластической деформацией, обеспечивающей как автоматизированную подготовку технологического процесса, так и управление самим процессом сборки изделия в режиме реального времени.

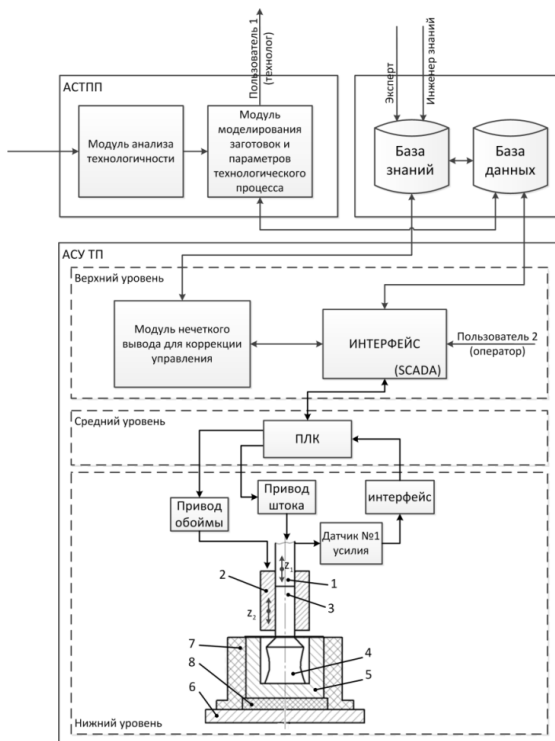


Рисунок 1 - Структурная модель автоматизированной системы моделирования и управления технологическим процессом сборки неразъемных изделий пластической деформацией

Исходными данными разработанной системы является CAD-модель готового неразъемного изделия, а также сведения о материалах соединяемых элементов.

По исходным данным в информационной системе осуществляется поиск похожего прецедента в базе данных. В базе данных хранятся готовые решения в виде: CAD-моделей фасонной заготовки и стержня, принятых решений по выбору оборудования и проектирования оснастки, сформированных управляющих команд. При отсутствии полностью совпадающего прецедента производится либо создание нового прецедента, либо выбирается наиболее близкий, который в дальнейшем адаптируется. При разработке нового прецедента в модуле анализа технологичности изделия производится анализ: на применимость технологии по размерам; на совместимость прочностных свойств; на совместимость металлов по термообработке. Далее пользователю предлагается альтернатива по выбору материала корпусной заготовки.

Необходимая для анализа информация по реологии и теплофизическим свойствам материалов, ограничениям технологии по размерам, а также параметры гидравлических прессов хранится в базе данных.

В модуле моделирования заготовок и параметров технологического процесса производится расчет геометрических параметров фасонной заготовки и стержня, назначаются параметры технологического процесса, даются рекомендации по выбору оборудования и инструмента, формируется информация для заготовительного цеха (участка) в виде САД-моделей фасонной заготовки и стержня, а также формируются входные данные для работы АСУ ТП. Модуль моделирования заготовок и параметров технологического процесса основан на методике выбора геометрических параметров фасонной заготовки

АСУ ТП состоит из верхнего, среднего и нижнего уровней. На нижнем уровне происходит согласование сигналов датчиков с входами устройства управления, а вырабатываемых команд с исполнительными устройствами с помощью устройств связи с объектами. На среднем уровне ПЛК (PLC, Programable Logic Controller) получает информацию с датчиков о состоянии технологического процесса и выдает сигналы управления на исполнительные устройства. Верхний уровень представляет собой интеллектуальную надстройку, производящую анализ и обработку информации поступающих с нижних уровней и уровня АСТПП, а также осуществляющую управление технологическим процессом. Интеллектуальная надстройка представляет собой модуль нечеткого вывода для коррекции управления на основе данных получаемых с датчика усилия с помощью нечетких правил.

Входные переменные, характеризующие реальное состояние объекта управления, подвергаются фаззификации и используются непосредственно при формировании управления на нижнем уровне, а также в системе нечеткого вывода верхнего уровня. В системе нечеткого вывода верхнего уровня содержится база нечетких продукционных правил вида ЕСЛИ «реальное состояние объекта», ТО «корректировка управления нижнего уровня», в которой в нечеткой форме представлены знания экспертов по корректировке параметров управления нижнего уровня с целью обеспечения поэтапной локализации деформации в соединяемых элементах изделия в реальном масштабе времени.

Была произведена апробация разработанной системы для технологии изготовления составного инструмента для пробивки отверстий, представляющего собой неразъемное изделие из сталей X12M (стержень) и У10А (фасонная заготовка) с  $d = 12$  мм;  $D = 31$  мм;  $H = 21$  мм;  $l_{ce} = 15$  мм. При изготовлении пуансона из стали У10А стойкость его составляет 40-80 тыс. ударов, а из X12M – 150-200 тыс. ударов.

Обоснованием для использования составного инструмента взамен цельного из X12M является сохранение показателей его эксплуатационной стойкости при меньших в 3-4 раза затратах на дорогостоящую инструментальную сталь X12M.

По результатам механических испытаний образцов предел прочности неразъемного соединения на разрыв составил 241-265 МПа на единицу площади контактной поверхности соединяемых элементов изделия. Проведен анализ геометрической точности полученного неразъемного изделия, в результате которого получено значение отклонения по массе изделия равное 7,57%. Таким образом, получено неразъемное изделие с отклонением геометрических параметров в пределах диапазона точной горячей объемной штамповки, который равен 5-25% по массе (объему) поковки.

### **Список литературы:**

1. Valiev, A.M., Shibakov, V.G., Pankratov, D.L. Design and Manufacture of a Composite Punching Tool // Russian Engineering Research. - 2016. - 36 (2). - P. 146-148.
2. Automated Control System for the Assembly of a Composite Punching Tool / Valiev A.M., Shibakov V.G., Pankratov D.L. // Russian Engineering Research, - 2016. - v/36 - № 2. - p. 142-145.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ**

Галимова Назира Яхиевна, Тахавиев Марат Сафаутдинович,  
Гимранов Ильдар Рашадович, Галимов Энгель Рафикович,  
Тукбаев Эрнст Ерусланович, Федяев Владимир Леонидович,  
Адыева Назия Абдулхамитовна  
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева  
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Вагизов Тагир Наилевич  
Казанский государственный аграрный университет  
420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 65

Аннотация. Показаны преимущества применения порошковой технологии нанесения покрытий. Рассмотрены вопросы совершенствования технологий получения полимерных порошковых покрытий различного функционального назначения. Установлены важнейшие условия получения высококачественных покрытий различного функционального назначения.

Annotation. Advantages of using powder coating technology are shown. The issues of perfecting the technologies of reception of polymeric powder coatings of various functional purpose are considered. The most important conditions for obtaining high-quality coatings of various functional purposes were established.

Ключевые слова: технологии, полимеры, покрытия, нанесение, качество.

В последние десятилетия наблюдается неуклонный рост применения полимерных порошковых покрытий [1-3]. Преимуществами применения

порошковой технологии нанесения покрытий являются: высокий коэффициент использования исходных ППК (до 98%), резкое сокращение технологического цикла формирования покрытий, что позволяет повысить производительность труда; получение однослойных покрытий различной цветовой гаммы с повышенными физико-механическими, защитно-декоративными, адгезионными и другими специальными свойствами; широкий диапазон толщины покрытий (от 40 до 500 мкм); резкое сокращение материальных и энергетических затрат (на 20-40%), а также производственных площадей (в 2-3 раза); отсутствие в составе порошковых композиций растворителей, приводящее к улучшению экологической ситуации и снижению пожаро- и взрывоопасности окрасочных производств; длительное хранение и удобная транспортировка.

Условия эксплуатации современной техники и возрастающие требования к качеству покрытий вызывают необходимость разработки новых технологических процессов и совершенствование существующих с целью обеспечения возможности нанесения порошковых покрытий на изделия и конструкции, в том числе крупногабаритные со сложной геометрией поверхности из различных по природе материалов в стационарных и нестационарных условиях [4].

Следует подчеркнуть, что порошковые технологии имеют определенные недостатки. В частности, предъявляются жесткие требования к качеству подготовки обрабатываемых поверхностей, кроме того, приходится применять дополнительно оборудование, зачастую достаточно энергоемкое. Полученные покрытия, особенно из термопластических материалов, обладают недостаточной адгезионной прочностью. Отсюда следует необходимость разработки новых высокоэффективных технологий и способов нанесения полимерных порошковых покрытий различного функционально назначения, совершенствования существующих технологий с целью снижения затрат энергии и повышения качества покрытий. Особенно актуальными эти проблемы являются при нанесении полимерных порошковых покрытий в нестационарных (полевых) условиях.

Основным показателем надежности и долговечности покрытий является научно обоснованный и оптимизированный производственный процесс, состоящий из большого количества промежуточных, основных и вспомогательных операций. Для проведения стабильного технологического процесса необходимо устанавливать и строго соблюдать программу управления качеством. При этом необходимо контролировать всю цепочку технологического процесса получения покрытий, начиная от исходного сырья до получения готовых изделий. Как правило, в технологической практике качество покрытий оценивают по внешнему виду поверхности, комплексу физико-механических, оптических и других эксплуатационных свойств [1-4]. Поэтому исследования, направленные на совершенствование технологических процессов являются актуальными.

Целью работы является совершенствование технологий получения полимерных порошковых покрытий различного функционального назначения



(защитно-декоративных, световозвращающих и др.). На основании проведенных экспериментально-теоретических исследований получены следующие результаты:

1. Разработан технологический процесс нанесения защитно-декоративных покрытий электротермовакuumным способом, предусматривающий нанесение опорного порошкового покрытия в электростатическом поле с последующим переносом изображения с трансферной пленки на изделия, в том числе крупногабаритные со сложной геометрией, путем вакуумирования при 150-170°C в течение 5-10 минут [5].

2. Разработана технология нанесения полимерных порошковых покрытий комбинированной термообработкой путем воздействия ИК излучения для интенсификации процесса формирования и повышения качества покрытий на изделиях сложной геометрии. Способ предусматривает на стадии расплавления частиц ППК подвод лучистой энергии с помощью панели со встроенными ИК нагревателями и параболическими отражателями, обеспечивающими воздействие на слой напыленного порошка ИК излучения длиной волны 1,2-2,0 мкм и удельной мощностью 8,0 кВт/м<sup>2</sup> [6].

3. Разработана технология и установка для нанесения покрытий комбинированным электрогазопламенным способом, состоящая из распылителя и блоков, обеспечивающих подачу ППК, потока горючего газа и сжатого воздуха, беспламенное горение, тепловой и инфракрасный нагрев, а также зарядку потока воздушно-порошковой смеси для напыления ППК и формирования покрытий. Основными узлами распылительного устройства являются: вихревая камера с центральной трубкой для подачи ВПС и вихревая камера с кольцевой трубкой, для подачи нагретого газа, теплоизоляционная трубка, зарядный узел, сопло и ИК излучатель [7].

4. Проведены исследования влияния ИК излучения на отверждение порошковых композиций при различных режимных параметрах, установлены интервалы изменения адгезионной прочности покрытий, Установлено, что ИК излучение способствует сокращению времени отверждения покрытий в 1,5-2 раза по сравнению с конвективным подводом.

5. Разработаны технологические процессы нанесения световозвращающих покрытий на основе полимерных порошковых композиций с использованием микросферических отражателей [4]. Определено влияние состава и соотношения компонентов, технологий получения на оптические и другие эксплуатационные свойства покрытий.

Таким образом, важнейшими условиями получения высококачественных покрытий различного функционального назначения являются: точное соблюдение технологического регламента, совершенствование технологического процесса, устранение производственных потерь, контроль качества готовой продукции.

## Литература

1. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий. – СПб.: Химиздат, – 2008. – 448 с.
2. Порошковые краски. Технология покрытий. Пер. с англ. под ред. А.Д. Яковлева. – СПб.: Химиздат, – 2001. – 253 с.
3. Галимов Э.Р., Галимов Э.Р., Зверев Э.В., Тукбаев Э.Е., Галимова Н.Я., Курьинцев С.В., Мухин А.М. Полимерные порошковые покрытия специального назначения. – Казань: Офсет Сервис, – 2012. – 164 с.
4. Галимов Э.Р. Тукбаев Э.Е., Федяев В.Л., Пряхин Ю.А., Галимова Н.Я., Шарафутдинов Р.Ф., Гимранов И.Р., Тахавиев М.С., Фазлыев Л.Р. Высокоэффективные технологии и оборудование для нанесения полимерных порошковых покрытий. Монография. АН РТ. – Казань: – 2016. – 250 с.
5. Патент на изобретение №2595537 от 03.08.2016 г. Способ переноса изображений с трансферной пленки на металлоизделия объемной конструкции электротермовacuумной обработкой / Тукбаев Э.Е., Галимов Э.Р., Федяев В.Л., Тахавиев М.С. и др.
6. Патент на изобретение №2603153 от 31.10.2016 г. Способ получения полимерных порошковых покрытий на изделиях сложной геометрической формы / Тукбаев Э.Е., Галимов Э.Р., Галимова Н.Я., Федяев В.Л., Тахавиев М.С. и др.
7. Патент на изобретение №2600643 от 03.10.2016 г. Устройство для нанесения покрытий из полимерных порошковых композиций электрогазопламенным способом / Тукбаев Э.Е., Галимов Э.Р., Федяев В.Л., Галимова Н.Я., Гимранов И.Р., Тахавиев М.С. и др.

## ОБРАБОТКА НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОДОМ-ЩЕТКОЙ

Гришина Екатерина Николаевна – ВГТУ, магистрант,  
e-mail: ekaterina.grishina95@mail.ru

Кириллов Олег Николаевич – ВГТУ, доктор технических наук, доцент,  
e-mail: kirillov.olli@yandex.ru

В статье рассмотрена обработка нежестких деталей непрофилированным электродом-щеткой. Приведены варианты базирования детали в зоне обработки. Рассмотрена особенность применения инструмента при чистовой обработке деталей с ограниченной жесткостью

The article discusses the treatment of non-rigid parts non-profiled electrode - brush. Given the options, based on the details in the treatment area. Reviewed feature use of the tool during fine machining of parts with reduced stiffness

Ключевые слова: электрод-щетка, чистовая обработка, непрофилированный электрод-инструмент, нежесткая деталь.

Гибкоструктурное производство требует использование нетрадиционных электрофизических и электрохимических технологий, где в качестве универсального инструмента используется непрофилируемый электрод-инструмент, который может быть выполнен в виде жесткого стержня, натянутой проволоки, а также электрода-щеткой с рабочей частью из консольно закрепленной проволоки. Вид обработки непрофилируемым инструментом, в качестве которого используется электрод-щетка, начал изучаться с семидесятых годов XX века в Воронеже и Казани.

Металлическая электрод-щетка позволяет выполнять чистовую обработку нежестких деталей со сложным профилем. Поддержание требуемого прижима пучков проволоки в электроде-щетке и совмещение электрических режимов процесса с параметрами инструмента расширяют область использования технологии и инструмента на размерную, чистовую обработку труднообрабатываемых сплавов, применяемых для сложноконтурных деталей малой жесткости. К нежестким относятся такие детали, у которых имеются проблемные для чистовой обработки участки, где имеет место отклонение профиля под действием сил от электрода-щеткой на величину, превышающую допустимые значения на размер детали. Обработка непрофилируемым электродом - щеткой формирует поверхностные слои с однородными физико - химическими свойствами, что позволяет продлить ресурс работы изделий.

Комбинированная обработка непрофилируемым электродом-щеткой включает несколько видов воздействий на обрабатываемую поверхность заготовки:

1. Силу от импульса разряда в момент подхода пучка к зоне обработки. Ограничением этого этапа является размер пучка и шаг между пучками, где необходимо, чтобы первый пучок полностью вышел из зоны обработки до того, как возникает касание заготовки следующим пучком. При этом размер сечения пучка должен быть минимальным.

2. Очистку зоны обработки концами проволоки, где касание обеспечивается сближением концов проволоки с заготовкой на величину не менее гарантированного прижима, но не более касания боковой поверхностью изогнутой проволоки обрабатываемой поверхности. Этот этап позволяет подготовить поверхность к анодному удалению припуска после выхода пучка из зоны обработки. На этом этапе возможно разовое кратковременное механическое соприкосновение проволок рабочей части инструмента с поверхностью заготовки, которые кроме удаления оксидных пленок, вызывают локальный нагрев места обработки, что повышает общую производительность комбинированного процесса. Как правило, для рассчитанного инструмента прижим, то есть разовое кратковременное соприкосновение, обеспечиваемое положением концов нежесткого непрофилируемого электрода-инструмента со стороны заготовки,  $P_p = 0,2 \div 0,6$  мм. Кроме того, для обеспечения требуемой для анодного процесса скорости прокатки рабочей среды необходимо, чтобы концы пучков механически прокатывали и ускоряли течение рабочей среды, поэтому вращение электрода-щеткой следует назначать по направлению, обратному подаче инструмента.

### 3. Съём припуска за счет анодного растворения материала.

Нежесткая заготовка под действием силы прижима электрода-щеткой с обрабатываемой поверхностью вызывает изгиб проволоки и всего пучка, что может превысить заданную величину прижима, вызвать автоколебания и нарушить процесс обработки электродом - щеткой.

Величина изгиба проволоки зависит от величины прижима, жесткости участка детали, параметров ЭЩ и схемы установки участка заготовки: при наличии опор на концах проблемного участка наибольший прогиб зоны обработки будет при расположении инструмента на середине участка.

При расчете прижима может учитываться несколько вариантов базирования детали в зоне обработки:

1. За счет замены в электроде - щетке пучков проволоки на более мягкие и смягчения режимов. Благодаря этому можно уменьшить силу прижима инструмента к зоне обработки заготовки до величины, при которой деталь не изгибается и, в силу этого, прижим остается стабильным в течение всего срока обработки.

2. Введением дополнительных опор.

3. Поворотом детали под углом, при котором стрела прогиба становится нормальной к обрабатываемой поверхности, а ее величина не превышает размера прижима.

В производстве чаще применяют базирование заготовок, при котором возможно удалить припуск без изменения положения зоны обработки. Но для этого необходимо, чтобы инструмент был рассчитан под определенный вид изделий, а окончательные условия обработки обеспечиваются путем выбора технологических режимов (электрических, механических, гидравлических параметров процесса).

Электрод-щетка является инструментом с непрофилированной рабочей поверхностью, которая в определенных пределах повторяет форму обрабатываемого участка. Однако размерная чистовая обработка таким инструментом требует создания его рабочей части с учетом геометрии заготовки под чистовую обработку и возможностей оборудования (например, по угловой частоте вращения шпинделя и наличию узлов автоматического поддержания величины прижима).

Жесткость электрода-щеткой при больших окружных скоростях должна быть близкой к жесткости наиболее проблемных участков обрабатываемых деталей. В ЭЩ определяющим параметром является материал и диаметр проволоки, объединенной в пучки. Для чистовой обработки следует применять латунь, а диаметр проволоки, используемой при высокоскоростной обработке, составляет от 0,1 до 0,3 мм. При меньшем диаметре проволоки снижаются прочность пучка, величина подводимого технологического тока, падает производительность и стабильность процесса, что неприемлемо для чистовой обработки.

К типовым нежестким деталям, для обработки которых целесообразно использовать чистовую комбинированную обработку непрофилированным инструментом электродом – щёткой, относятся тонкостенные пластины,

заусенцы в тройниках, обечайки, сифоны (рисунок) и т.д., используемые, в частности, при изготовлении жидкостных ракетных двигателей.



Рисунок. Сифон с обечайкой из листа латуни толщиной 0,1 мм

Управление процессом обработки непрофилированным электродом-щеткой возможно за счет использования в качестве режимных параметров окружной скорости инструмента. Увеличение этого параметра до значения достаточного для выпрямления проволоки и получения истинной величины точечного касания, позволило перейти от дугового процесса в импульсный и обеспечить в едином технологическом процессе обработки универсальным проволоочным инструментом технологических параметров чистовой обработки.

Создание технологии изготовления изделий современной техники сложной формы из токопроводящих материалов универсальным непрофилированным электродом-инструментом (электродом-щеткой) способно заменить значительную часть применяемого сложного дорогостоящего оборудования на универсальное, более простое, ускорить технологическую подготовку производства, сократить сроки запуска и освоения новых изделий, усилить позиции страны на мировом рынке промышленной продукции.

### Литература

1. Кириллов, О.Н. Механизм контактной комбинированной размерной высокоскоростной обработки непрофилированным электродом [Текст]/ О.Н. Кириллов // Вестник Воронежского государственного университета. – 2010. – Т.6. – №9. – С.91 – 94.
2. Рязанцев, А.Ю. Механизм чистовой обработки электродом - щеткой [Текст] / А.Ю. Рязанцев, О.Н. Кириллов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2015. – Т.11. – №5. – С. 8 – 13.

## ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМЕСЕЙ ПОЛИПРОПИЛЕНА И ПОЛИЭТИЛЕНА (ПП/ПЭВД)

Гумеров Ирек Флорович (доцент), Шафигуллин Ленар Нургалеевич (доцент),  
Романова Наталья Владимировна (доцент),  
Габрахманов Азат Талгатович (доцент), Саримова Дамир Рамилевич (магистр)

ФГАОУ ВО «Набережночелнинский институт (филиал) Казанского  
(Приволжского) Федерального Университета»  
misharin\_82@mail.ru

Аннотация. Работа посвящена исследованию термических свойств полимерных смесей полипропилена и полиэтилена высокого давления.

Annotation. Thermal properties for propylene blended with low density polyethylene at different ratios were studied.

Ключевые слова: полимерные смеси, полипропилен, полиэтилен, термические свойства, термоокислительная деструкция.

Исследования термических свойств полипропилена имеют важное значение с научной точки зрения. Поскольку объясняют поведение полимеров при нагревании и определяют выбор подходящего материала для конкретного применения, а также позволяют прогнозировать структуру и пути получения новых материалов с заданными свойствами [1, 2].

Известно, что свойства смесей на основе полипропилена (ПП) и полиэтилена (ПЭ) отличаются от свойств исходных полимеров, однако данные системы несовместимы между собой. ПЭ кристаллизуется в более стабильную орторомбическую решетку, а ПП- в моноклинную форму, но каждый компонент в свою очередь оказывает значительное влияние на структуру и свойства готовых полимерных смесей [1, 3-6].

Одним из фундаментальных вопросов в области смесей взаиморастворимых полимеров является вопрос об определении интенсивности межмолекулярных взаимодействий между полимерными компонентами. Для взаиморастворимых смесей, содержащих частично кристаллические полимеры, широко применяется анализ депрессии точки плавления. Метод включает сравнение равновесной точки плавления чистого частично кристаллического полимера с таковой для того же полимера в смесях различных составов [2].

Экспериментальные точки плавления определяли с помощью ДСК. ДСК анализ фиксировали с помощью дифференциального сканирующего калориметра теплового потока «Netzsch DSK 204 F1 Phoenix». Исследования проводили в динамическом режиме нагревания/охлаждения со скоростью 10 °С/мин в токе аргона со скоростью 50 см<sup>3</sup>/мин.

Данные ДСК, полученные из эндотерм плавления и экзотерм кристаллизации ПП и ПЭ, представлены в таблице 1. При расчете степени кристалличности удельная теплота плавления для 100% кристаллического ПП 198 Дж/г [7].

Таблица 1. Теплофизические параметры смесей ПП и ПЕ

№ образца ПЕ/ПП	$T_{\max\text{пл}}$ ПЕ, °С	$T_{\text{кр}}$ ПЕ, °С	$T_{\max\text{пл}}$ ПП, °С	$\Delta H_{\text{пл}}$ ПП, Дж/г	$T_{\text{кр}}$ ПП, °С	Степ. крист. ПП, %
0/100	-	-	161,8	72,0	108,1	36,3
10/90	107,3	91,4	162,9	43,5	107,3	22,0
20/80	106,9	92,4	161,8	48,5	108,0	24,2
30/70	106,9	92,5	160,8	44,5	107,6	22,4
40/60	107,2	92,6	161,5	35,9	108,6	19,6
50/50	107,1	92,6	160,3	35,5	107,9	17,9

Анализ табл. 1 показал, что величина  $T_{\text{пл}}$  ПЕ в полимерных смесях с ПП изменяется в диапазоне  $107,1 \pm 0,2$  °С, а  $T_{\text{пл}}$  ПП –  $160,3$ - $162,9$  °С. Для состава ПЕ/ПП-10/90 наблюдается несколько выше величина  $T_{\text{пл}}$  ПП равная  $162,9$  °С по сравнению с  $T_{\text{пл}}$  исходного ПП –  $161,8$  °С. Степень кристалличности ПП в смесях с ПЕ снижается с увеличением содержания ПЕ с  $36,3\%$  до  $17,9\%$ : с максимумом для состава ПЕ/ПП-20/80 ( $24,2\%$ ) и минимум ПЕ/ПП-50/50 ( $17,9\%$ ). Следует отметить, что для данных смесевых полимеров наблюдается присутствие двух пиков плавления ПП, причем первый пик небольшой и смещен в сторону низких температур от основного пика на  $18,5$  °С. Такое поведение при плавлении образцов смесей ПП с  $10\%$ ,  $20\%$  и  $40\%$  ПЕ можно предположить связано с рекристаллизацией.

Для состава ПЕ/ПП-10/90 образовалась наиболее совершенная, плавящаяся при большей  $T_{\text{пл}}$ , кристаллическая структура ПП, содержащая меньшее количество дефектов, поскольку при кристаллизации они были вытеснены в аморфную фазу.

Таким образом, на основе данных ДСК можно сделать вывод о том, что при введении в ПП полиэтилена происходит небольшое смещение температуры плавления ПП в область более низких температур, что свидетельствует об изменении структуры и появлении низкоплавких кристаллитов. Кроме того, с увеличением содержания полиэтилена понижаются энтальпии плавления полипропилена и, следовательно, и степень его кристалличности, что свидетельствует о частичной аморфизации полипропилена. Наименьшей степенью кристалличности исследуемых смесей характеризуется состав ПЕ/ПП-50/50.

Для правильного применения смесевых полимеров ПП в различных областях первостепенную роль играют процессы деструкции. При термической деструкции полимеров в инертной атмосфере снижается молекулярная масса и образуются легколетучие компоненты [1].

Исследование температурной стабильности и деструкции смесей ПП и ПЕ проводили с помощью термогравиметрического анализатора «Netzsch TG 209 F1 Iris». Нагрев до  $550^\circ\text{C}$  осуществляли со скоростью  $10$  К/мин в условиях постоянной продувки аргоном.

В таблице 2 представлены результаты обработки данных ТГА. При введении до  $30\%$  ПЕ происходит рост температур потери  $5$ ,  $10$  и  $20\%$  ПП, а при

содержании 40% и 50% ПЕ значительно увеличиваются температуры максимальной скорости разложения ( $T_{\max}$ ) и конечной потери массы ( $T_{\text{кон}}$ ). Полученные данные свидетельствуют о термостабилизирующем эффекте полиэтилена.

Таблица 2. Результаты обработки данных ТГА

Состав ПЕ/ПП	$T_{\max}$	$T_5$	$T_{10}$	$T_{20}$	$T_{\text{кон}}$
10/90	452	394	419	436	493
20/80	456	414	428	439	493
30/70	449	405	423	438	494
40/60	453	419	431	442	504
50/50	466	374	407	431	504

Таким образом, в сочетании ПП с ПЕ термическая деструкция происходит медленнее, чем чистого ПП, за счет влияния термически стабильного ПЕ.

Известно, что ПП более подвержен деструкции, чем ПЕ. Это связано с тем, что половина углеродов ПП связана с метильными группами, которые оказывают активирующее действие на атом водорода при третичном атоме углерода, вследствие чего он оказывается более реакционноспособен, чем водород метиленовой или метильной группы. Увеличение содержания ПЕ в смеси приводит к повышению конечной температуры разложения.

Одним из основных недостатков ПП является его низкая стойкость к термоокислительной деструкции, в результате которого наблюдается нарушение стабильности параметров процесса переработки, ухудшение физико-механических и электрических свойств полимеров в изделиях, а также изменение цвета. В связи с этим важным параметром, характеризующим материал в процессе его эксплуатации, является стойкость изделий к термоокислительной деструкции.

Термоокислительную стойкость оценивали по величине времени окислительной индукции [8] - это время начала реакции окисления, которое проявляется экзотермическим эффектом на кривой ДСК (таблица 3).

Таблица 3. Время окислительной индукции ПП и полимерных смесей ПП и ПЕ

Состав ПЕ/ПП	ВОИ, мин
0/100	1,00
20/80	1,17
40/60	1,31
50/50	1,63

Анализ таблицы 3 показал, что введение ПЕ в ПП приводит к увеличению времени окислительной индукции по сравнению с ПП. Увеличение содержания



до 50% ПЕ приводит к росту времени окислительной индукции с 1 мин до 1,63 мин.

Полученные данные свидетельствуют о термостабилизирующем эффекте полиэтилена, который может быть обусловлен затруднением диффузии кислорода к цепям ПП вследствие формирования межфазного слоя.

Следовательно, улучшить показатель термоокислительной деструкции ПП можно введением 20 %, 40% ПЕ.

Таким образом, введение полиэтилена в полипропилен приводит к незначительному смещению температуры плавления полипропилена в область более низких температур, что свидетельствует об изменении структуры и появлении низкоплавких кристаллитов, при этом термическая деструкция происходит медленнее, чем чистого полипропилена, за счет влияния термически более стабильного полиэтилена. На основании термоокислительной стойкости выявлен термостабилизирующий эффект полиэтилена в полимерных смесях полипропилена, который обусловлен затруднением диффузии кислорода к цепям полипропилена вследствие формирования межфазного слоя.

### Список литературы

1. Кучменова Л.Х. Термические свойства полимер-полимерных композитов на основе полипропилена/ диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Нальчик-2014, 125 с.
2. Полимерные смеси. Том I: Систематика/ под ред. Д.Р. Пола и К.Б. Бакнелла/ пер. с англ. Под ред. В.Н. Кулезнева. – СПб.: Научные основы и технологии, 2009.- 618 с.
3. L. Utraki Commercial Polymer Blends, Springer- Verlag, USA 1998
4. Noel O.F., Primary spherulite nucleation / O.F. Noel, J.F. Carley// Polymer Engineering and Science- 1975. -V.15.- № 1.-P.117.
5. Robertson R.E., Raoul D.R.// J. Appl. Polymer Sci. -1973. V. 17. №8.- P.2579.
6. Ten J.W.// J. Appl. PolymerSci.-1983. V. 28 № 2.-P.605.
7. Erwin Kaisersberger, HeinsMohler DSC on polymeric Materials NETZSCH Annual for Science and Industry Volume 1. 1991, p.27
8. ГОСТ Р 56756-2015 Пластмассы. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Часть 6. Определение времени окислительной индукции (изотермическое ВОИ) и температуры окислительной индукции (динамическая ТОИ). Введен 24 ноября 2015. М.: Стандартиформ, 2016.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ УСКОРЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Гумеров Ирек Флорович (доцент), Шафигуллин Ленар Нургалеевич (доцент),  
Шафигуллина Гульназ Робертовна (магистр),  
Романова Наталья Владимировна (доцент),  
Ибрагимов Айнар Равилевич (доцент), Низамова Алина Ильсуровна (магистр)

ФГАОУ ВО «Набережночелнинский институт (филиал) Казанского  
(Приволжского) Федерального Университета»  
misharin\_82@mail.ru

Аннотация. Исследованы особенности применения методов ускоренных климатических испытаний полимерных материалов. Выявлена необходимость обеспечения единства механизмов старения и разрушения полимерных материалов в натуральных и лабораторных условиях, а также применение оборудования, наиболее близко имитирующее реальные условия эксплуатации.

Annotation. The specific features of the application of methods for accelerated climatic testing of polymeric materials are investigated. The need to ensure the unity of mechanisms and solutions in the field of production and destruction of polymer materials in full-scale and laboratory conditions, as well as the use of equipment that most closely simulates the real operating conditions, is identified.

Ключевые слова: ускоренные климатические испытания, полимерные материалы

При применении различных полимерных материалов в машиностроении, строительстве, электро- и радиотехнике, сельском хозяйстве происходит изменение их свойств – материал стареет. Старение материала в условиях эксплуатации или хранения является результатом целого ряда химических и физических превращений, протекающих в сложных многокомпонентных системах [1].

Практически все полимерные материалы обладают низкой стабильностью свойств во времени. Под воздействием тепла, кислорода, воздуха, света, механических напряжений, ионизирующих излучений и других факторов полимерные материалы стареют – в них протекают процессы, сопровождающиеся изменением их химической и физической структур и ухудшением прочностных, диэлектрических и других свойств [2].

Факторы, приводящие к старению, могут быть поделены на две основные категории: внутренние (внутренние напряжения, фазовые переходы, микроструктурные трансформации, изменения химического состава); внешние (изменение температуры, влажности, концентрации кислорода, видимое, ультрафиолетовое (УФ) или ионизирующее излучение, химическое воздействие) [3].

Старение материала может проявляться в различных формах. Конкретная форма, в которой это происходит, зависит не только от свойств и состава

материала, но также от типа воздействия. Внешние факторы можно поделить на шесть типов старения, которые также могут проявляться в комбинации друг с другом: термическое старение; климатическое старение; коррозионное воздействие и химическое старение; механическое старение; электрическое старение; старение под воздействием УФ излучения [3].

На основе синтетических смол, каучуков и высокомолекулярных соединений созданы сотни марок полимерных материалов, которые используются во всех отраслях промышленности и строительства. На сегодняшний день проведено большое количество исследований по разработке новых составов полимеров, связанных со снижением их себестоимости, упрощением технологий, понижением токсичности в производстве, а также возможностью эксплуатации в широком температурном диапазоне. Благодаря большому количеству исходных компонентов можно в широком интервале варьировать свойствами полученных полимеров. Сфера использования полимеров в автомобилестроении широка: шумо- и теплоизоляция, детали экстерьера и интерьера, элементы топливных систем [4, 5].

На сегодняшний день остаются малоизученными вопросы долговечности и прогнозирования срока службы полимерных материалов. Срок службы изделий из полимеров в зависимости от назначения, условий эксплуатации, технических и экономических требований может составлять от 2-3 до 10 и более лет. В то же время технологи - разработчики полимерных материалов не имеют какого-либо единого инструментария для проектирования данных материалов с заданной долговечностью.

При разработке новой продукции и при научных исследованиях используют искусственное старение материалов - это процесс искусственного моделирования воздействий на материал с целью воспроизведения процесса старения материала. Для этого процесса могут использоваться климатические камеры, оборудование, моделирующее условия окружающей среды и системы испытаний на вибрационную стойкость. Важно во время разработки наблюдать и документировать изменения в свойствах материала. Все результаты должны быть воспроизводимы. Это позволяет инженерам изучать вероятность разрушения материала [3].

В основе методов ускоренных климатических испытаний (УКИ) лежит принцип трансформации энергетических значений эксплуатационных факторов, ответственных за старение и разрушение материалов и изделий, в адекватные лабораторные режимы ускоренных испытаний. Алгоритм разработки методов УКИ включает следующие этапы: разработка карты эксплуатации; трансформация энергетических значений эксплуатационных факторов в усиленные искусственные лабораторные факторы; разработка лабораторных режимов УКИ. Главными критериями УКИ являются: максимальное сокращение времени испытания; обеспечение единства механизма процессов старения в натуральных и ускоренных лабораторных условиях [2].

Рассмотрим особенности применения методов УКИ на практике. В процессе эксплуатации изделий из полипропилена, входящих в состав системы

охлаждения двигателя в период с 2013 по 2016 годы выявлены рекламации в различных климатических районах эксплуатации (рисунки 1, 2).



Рисунок 1. Распределение рекламаций изделий из полипропилена по климатическим районам: а) в единицах; б) в процентах

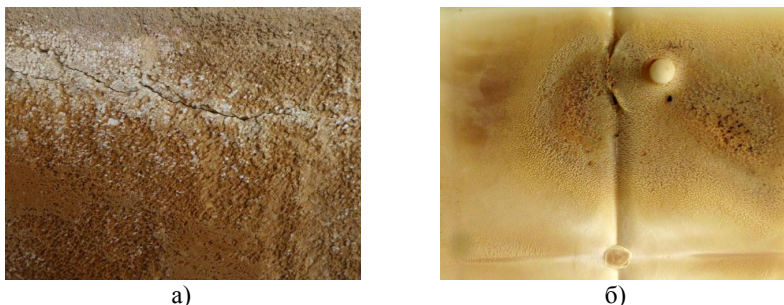


Рисунок 2. Внешний вид поврежденных изделий из полипропилена в результате воздействия: а) климатических факторов; б) УКИ

С целью выявления факторов, влияющих на старение, проведены УКИ на экспериментальной установке с источником ультрафиолетового излучения лампой ДРТ с мощностью 1000 Вт [6]. Разработку карты эксплуатации проводили в соответствии с ГОСТ 16350-80 «Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей» [7]. Так как основные рекламации изделий выявлены в южных регионах РФ, то в качестве климатического района выбран - Ш10 «Теплый влажный (Батуми)». Произвели расчет энергетических значений эксплуатационных факторов в усиленные искусственные лабораторные факторы и разработаны лабораторные режимы УКИ. Эквивалент 1 года реальных условий соответствует 29 часам УКИ. На рисунке 2 представлены результаты исследований.

Из рисунка 2 наблюдается значительное различие во внешнем виде повреждений. При трансформации энергетических значений эксплуатационных факторов в усиленные искусственные лабораторные режимы предположительно различались механизмы старения и разрушения полимерных материалов в натуральных и лабораторных условиях в результате:

различия скоростей релаксационных процессов; различия скоростей конкурирующих процессов; различия в синергизме воздействия факторов. Также спектр активации, инициируемый лампой ДРТ, не соответствует реальным спектрам. Для имитации УФ излучения необходимо применение ксеноновых ламп с пирексовым светофильтром. Жесткие режимы УКИ запустили механизм разрушения материалов от термодеструкции. В реальных условиях в процессе эксплуатации изделия испытывают одновременное воздействие различных видов старения: термостарение, воздействие УФ излучения, механическое и коррозионное воздействие [1, 2].

Таким образом, при проведении УКИ необходимо обеспечить единство механизмов старения и разрушения полимерных материалов в натуральных и лабораторных условиях, а также применение оборудования, наиболее близко имитирующее реальные условия эксплуатации.

### Список литературы

1. Павлов, Н.Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях [Текст]/ Н.Н. Павлов// М.:Химия, 1982, - 220 с.
2. Сулейманов, А.М. Экспериментально-теоретические основы прогнозирования и повышения долговечности материалов мягких оболочек строительного назначения [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. доктор техн. наук (05.23.05) / Сулейманов Альфред Мидхатович; Казанский государственный архитектурно-строительный университет. – Казань, 2006. – 32с.
3. Искусственное старение. Прогноз поведения материала [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.binder-world.com> (Дата обращения 22.10.2017)
4. Соколова, Ю.А. Разработка составов полимерных композиционных материалов специального назначения [Текст]/ Ю.А. Соколова, Д.Е. Жарин, Л.Н. Шафигуллин// Academia. Архитектура и строительство. - Москва. - 2009. - №2. - с. 104-107
5. Юрасов, С.Ю. Sound-Absorbing Polyurethane Foam for the Auto Industry [Текст]/ С.Ю. Юрасов, А.Н. Шафигуллина, Г.Р. Шаяхметова, Е.Д. Жарин //Russian Engineering Research.- N.Y. – 2017. - Volume 37, Issue 4. – p. 38-40
6. Шафигуллин, Л.Н. Investigation of UV resistance in polyurethane foam [Текст]/ Л.Н. Шафигуллин, Н.В. Романова, Г.Р. Шафигуллина// Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – India. -2017. - Volume 8, Number 4. – p. 373-378
7. ГОСТ 16350-80. Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей; Введен с 01.07.1981. М.: Изд-во стандартов, 1980.

## **ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕПЛАСТИКОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

Заббаров Айдар Актясович (бакалавр),  
Карельских Екатерина Алексеевна (бакалавр),  
Шафигуллин Ленар Нургалеевич (доцент)

ФГАОУ ВО «Набережночелнинский институт (филиал) Казанского  
(Приволжского) Федерального Университета»  
karelskih1996@mail.ru

Аннотация. Исследовано применение углепластиков в машиностроении.

Annotation. The use of carbon plastics in engineering

Ключевые слова: углепластик, машиностроение.

Углепластик (углеродопластик, карбон) - это композитный материал на основе углеродного волокна и эпоксидной смолы. Углепластик имеет широкую сферу применения. Углеродные материалы можно встретить в разнообразных отраслях промышленности: автомобилестроение, строительстве, авиа- и ракетостроении, атомной промышленности и т.д. [1-7].

Карбон одновременно очень легкий и чрезвычайно прочный материал, из него можно изготавливать детали любого размера и конфигурации. Углепластик обладает прекрасными аэродинамическими показателями, он способен выдерживать любые критические температуры. Нити углерода устойчивы к растяжению. Однако при сжатии или точечных ударах они могут поломаться, поэтому их переплетают под определенным углом и добавляют резиновые нити.

В строительстве углеродопластики используют в системах внешнего армирования при возведении или ремонте мостов, промышленных или складских зданий. Это позволяет проводить реконструкцию со значительно меньшими затратами в сравнении с традиционными способами и в более сжатые сроки. При этом срок службы несущей конструкции увеличивается в несколько раз.

В авиации из углепластиков создают цельные композитные детали. Алюминиевые сплавы проигрывают в сравнении с углепластиковыми по массе. Композитные детали имеют в 5 раз меньший вес и гораздо большую прочность и гибкость, а также устойчивость к давлению и коррозионную стойкость.

Высокие нагрузки космических полетов предъявляют соответствующие требования к материалам, используемым при производстве деталей ракетостроения. Углеродные материалы могут работать в условиях высоких и низких температур, при огромных вибрационных нагрузках, в вакууме и в условиях радиационного воздействия.

Атомная промышленность использует углепластики при создании энергетических реакторов, стойким к высоким температурам, радиации и большому давлению. Кроме этого, в этой отрасли особое внимание уделяется общей прочности внешних конструкций, и система внешнего армирования тоже имеет обширное применение.

В автомобилестроении из композитных материалов производят отдельные детали и узлы, а также целые корпуса автомобилей. Сочетание прочности и легкости позволяет создавать безопасные и экологичные автомобили. Из углепластика делают обвесы, капоты, спойлеры.

В судостроении высокая прочность, коррозионная стойкость, высокая ударостойкость и низкая теплопроводность делают углепластики лучшим материалом для изготовления конструкций корпусов подводных лодок.

Одна из самых значимых областей применения углепластиков - ветроэнергетика. Высокая прочность материалов позволяет создавать удлиненные лопасти, обладающие большей энергопроизводительностью.

Применение углепластиков в железнодорожной отрасли позволяет облегчить конструкцию вагонов, снизив этим общий вес составов, что позволяет увеличивать их длину и улучшать скоростные характеристики. Кроме того, углепластики могут использоваться при строительстве железнодорожного полотна.

Из углепластиков создаются многие товары народного потребления - детали бытовых приборов, спортивная экипировка и инвентарь, мебель, детали интерьера, музыкальные инструменты и многое другое.

Популярность углепластика объясняется его уникальными эксплуатационными характеристиками, которые получаются в результате сочетания в одном композите совершенно разных по своим свойствам материалов — углеродного полотна в качестве несущей основы и эпоксидных компаундов в качестве связующего.

Армирующий элемент, общий для всех видов углепластика — углеродные волокна толщиной 0,005-0,010 мм, которые прекрасно работают на растяжение, но имеют низкую прочность на изгиб, то есть они анизотропны, прочны только в одном направлении, поэтому их использование оправдано только в виде полотна. Дополнительно армирование может проводиться каучуком, придающим серый оттенок карбону.

Карбон характеризуется высокой прочностью, износостойкостью, жёсткостью и малой по сравнению со сталью, массой. Его плотность - от 1450 кг/м<sup>3</sup> до 2000 кг/м<sup>3</sup>.

Более высокая цена карбона по сравнению со стеклопластиком и стекловолокном объясняется более сложной, энергоёмкой многоэтапной технологией, дорогими смолами и более дорогостоящим оборудованием (автоклав). При этом прочность и эластичность получаются выше по сравнению со стеклопластиком.

Достоинствами углепластика являются:

- легче стали на 40 %, легче алюминия на 20 % (1,7 г/см<sup>3</sup> - 2,8 г/см<sup>3</sup> - 7,8 г/см<sup>3</sup>);

- карбон из углерода и кевлара немного тяжелее, чем из углерода и резины, но намного прочнее, а при ударах трескается, крошится, но не рассыпается на осколки;

высокая термостойкость: карбон сохраняет форму и свойства до температуры 2000 °С;

- обладает хорошими виброгасящими свойствами и теплоемкостью, коррозионной стойкостью, имеет высокий предел прочности на разрыв и предел упругости, эстетичность и декоративность.

Углепластики имеют недостатки:

- чувствительность к точечным ударам;
- сложность реставрации при сколах и царапинах;
- выцветание, выгорание под воздействием солнечных лучей, требующего применения защитных покрытий;
- длительный процесс изготовления,
- возможна локальная коррозия в местах контакта с металлом;
- сложность утилизации и повторного использования.

Углепластик прочен и легок, но технология производства деталей более дорогая по сравнению с аналогами. Сложность ремонта деталей из углепластика заключается в его хрупкости. Существует также проблема переработки и утилизации углепластика.

В настоящее время изделия из углепластика находят широкое применение при производстве деталей для суперкаров и гоночных автомобилей, спортивного инвентаря (кляшки, лыжные палки, сноуборды, лыжи и т.д.)

### Литература

1. Васильев В.В. Композиционные материалы. Справочник [текст] / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин // М.: Машиностроение, 1990.- 512с.
2. Kablov E.N., Kondrashov S.V., Yurkov G.Y. Prospects of using carbonaceous nanoparticles in binders for polymer composites// *Nanotechnologies in Russia*. 2013. Volume 8, Issue 3-4. Pages 163-185
3. Yue L., Pircheraghi G., Monemian S.A., Manas-Zloczower I. Epoxy composites with carbon nanotubes and graphene nanoplatelets - Dispersion and synergy effects// *Carbon*. 2014. Volume 78. Pages 268-278
4. Chae H.G., Newcomb B.A., Gulgunje P.V., Liu Y., Gupta K.K., Kamath M.G., Lyons K.M., Ghoshal S., Pramanik C., Giannuzzi L., Şahin K., Chasiotis I., Kumar S. High strength and high modulus carbon fibers// *Carbon*. 2015. Volume 93. Pages 81-87
5. Chen L., Yin X., Fan X., Chen M., Ma X., Cheng L., Zhang L. Mechanical and electromagnetic shielding properties of carbon fiber reinforced silicon carbide matrix composites// *Carbon*. 2015. Volume 95. Pages 10-19
6. Tallman T.N., Gungor S., Wang K.W., Bakis C.E. Tactile imaging and distributed strain sensing in highly flexible carbon nanofiber/polyurethane nanocomposites// *Carbon*. 2015. Volume 95. Pages 485-493
7. Li X., Du X., Ding Z. A new type of building material: A study of properties of carbon nanofiber concrete// *Revista Tecnica de la Facultad de Ingenieria Universidad del Zulia*. 2016. Volume 39. Issue 9. Pages 124-132



## ТЕХНОЛОГИЯ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОРОШКОВ НА РЕЖУЩУЮ КРОМКУ ФРЕЗЫ

Звездин Валерий Васильевич,  
Хисамутдинов Равиль Миргалимович,  
Исрафилов Ирек Хуснемарданович,  
Саубанов Рузиль Рашитович,  
Рахимов Радик Рафисович.

Набережночелнинский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
e-mail: rafisih88@mail.ru, irmaris@yandex.ru

***Аннотация.** Изложены особенности технологии лазерной наплавки износостойких порошков на режущую кромку фрезы с управлением позиционирования фокуса лазерного излучения (ЛИ). Показано, что качество технологического процесса наплавки зависит от режимов обработки, энергетических характеристик лазерного технологического комплекса (ЛТК), точности позиционирования фокуса ЛИ и его перпендикулярности относительно плоскости зуба фрезы. В данной работе рассматриваются вопросы стабилизации параметров ЛТК и позиционирования ЛИ.*

***Abstract.** Features of the technology of laser surfacing of wear-resistant powders on the cutting edge of the milling cutter with control of the positioning of the focus of laser radiation (LR) are described. It is shown that the quality of the surfacing process depends on the processing conditions, the energy characteristics of the laser technological complex (LTC), the accuracy of positioning the focus of the LR and its perpendicularity with respect to the plane of the cutter tooth. In this paper, questions of stabilizing the parameters of the LTC and the positioning of LR are considered.*

**Ключевые слова:** лазерная наплавка, энергетические потери, показатели качества, зона термического воздействия, точность позиционирования.

**1. Введение.** Качество инструмента определяет эффективность производства, конкурентоспособность его изделий.

Одним из методов повышения износостойкости инструмента, важнейшей его характеристикой, является использование высококонцентрированных источников энергии. Восстановление инструмента возможно за счет лазерной наплавки. Автоматизация процесса лазерной наплавки деталей в машиностроении позволяет повысить эффективность технологического процесса восстановления инструмента, с его заданными показателями качества [1,2].

Лазерная наплавка износостойких порошков позволяет восстанавливать режущую кромку инструмента с повышенной стойкостью. Износ кромки инструмента является следствием изменения условий эксплуатации, что

характеризуется возрастанием вырубных и режущих усилий при высокой температуре.

Целью проводимого исследования является проведение анализа методов и экспериментов по повышению качества ТП, используя полученные результаты опытных работ по восстановлению зуба фрезы инструментальной стали P18K5Ф2 с повышенной стойкостью.

В данной работе ставится задача проведения лазерной наплавки зуба фрезы и микроструктурные исследования.

**2. Экспериментальные исследования.** Влияние нестабильности параметров ЛТК, оптико-физических свойств поверхности и позиционирование фокуса лазерного излучения (ЛИ), относительно кромки фрезы, приводят к снижению показателей качества наплавки [2,4].

Для их стабилизации разработана САУ ЛТК с отрицательными обратными связями по параметрам ТП наплавки (плотность энергии ЛИ, температура и точность позиционирования фокуса) [5].

Процесс взаимодействия ЛИ с металлом при наплавке характеризуется образованием плазменного факела (рис. 1.), экранирующим зону взаимодействия, что не даёт возможности использовать оптико-физические методы исследования зоны термического влияния. Однако использование импульсного ЛИ расширяет эти возможности.

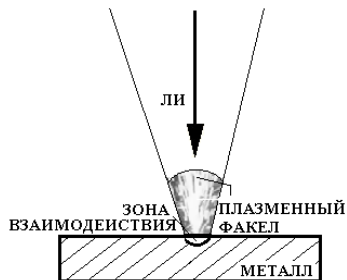


Рис. 1. Условное изображение процесса взаимодействия ЛИ с металлом.

В рамках исследования проводилась лазерная наплавка порошка марки VogoTec - Eutalloy® 10009 по стали P18K5Ф2 с использованием флюса марки АН-43. Был выявлен ряд изменений структуры металла и фазовых превращений происходящий в процессе нагрева и последующего охлаждения происходящий при термообработке, характеризуемый видом термического цикла. Первоначальный нагрев некоего элемента объема до температуры  $T_c$  с последующим быстрым охлаждением до температуры ниже  $T_a$  необходим для процесса наплавки стали (по диаграмме Чернова). Данный процесс проходит при достижении температуры плавления в зоне обработки температуры порошка и металла [3,6]. Восстановление зубьев фрезы и получение других структур проходит при одновременном ухудшении качества поверхности. На рисунке 2 показан фрагмент зуба червячной фрезы с дефектом передней кромки.

На рисунке 3. показан зуб червячной фрезы с контуром термического влияния ЛИ. Наплавленный слой имеет толщину менее 0,1 мм, при глубине термического влияния около 0,4 мм. Микротвердость у поверхности составляет HV0,05 885 и достигает величины HV0,05 769,на расстоянии 0,1 мм от поверхности.

Наплавленный слой состоящий из порошка BoroTec - Eutalloy® 10009 и флюса отчетливо различим. Оптимальное содержание легирующих элементов, кремния и марганца, а также ограничение содержания фосфора и серы в слое наплавленного металла обеспечивается применением флюса марки АН-43.



Рис.2 Фрагмент зуба червячной фрезы с дефектом передней кромки



Рис. 3 Фрагмент зуба червячной фрезы с наплавкой порошка Ni-Cr-B-Si-Fe, BoroTec - Eutalloy® 10009 -

Моделирование поверхности червячной фрезы необходимо для управления параметрами оптической системы ЛТК и величиной подрезания ножки зуба шестерни [2,6].

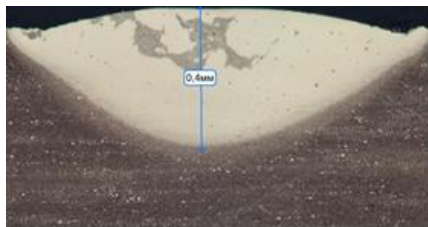


Рис. 4. Результаты проведенных замеров микротвёрдости и микроструктура зуба червячной фрезы полученная с увеличением  $\times 200$ .

Микроструктура детали (рис. 4) представляет собой скрытоигольчатый мартенсит и карбиды. Карбидная неоднородность в структуре фрезы соответствует 1А баллу по шкале 1, что удовлетворяет ГОСТ 19265-73 [1].

При микроструктурном исследовании на поверхности рабочей кромки зубьев фрезы выявлено наличие поверхностного упрочнённого слоя с нетравящейся структурой и карбидами. Высокая твердость упрочнённого слоя

(до HV<sub>0,1</sub> 970) оказывает положительное влияние на износостойкость фрезы, которое проявляется при высокой температуре кромки инструмента.

**Заключение.** Физико-химические свойства материалов инструмента, порошка, флюса и среды технологического процесса оказывают влияние на процесс лазерной наплавки высокопрочных покрытий имеющих повышенную износостойкость. Причиной этого являются различная химической активности и теплофизические свойства приводящие к различному распределению теплового поля. Удельный энерговклад источника энергии и все виды взаимодействия среды и металла характеризуют температурную зависимость для зоны напыления и наплавки. Оптимальные значения и стабильность показателей зависящих от физико-химических свойств и температуры среды оказывают влияние на качество процесса наплавки.

### Литература

1. Металлографические исследования лазерной наплавки износостойких порошков на инструмент / Чернова М.А., Хисамутдинов Р.М., Зvezdin В.В., Симонова Л.А., Спирин А.А // Фундаментальные исследования. 2015. № 11-4. С. 753-758.
2. Automatic control system of high-precision welding of preparations by the laser radiation at influence of the plasma torch // Zvezdin V.V., Israfilov D.I., Portnov S.M., Saubanov R.R., Rakhimov R.R., Zvezdina N.M. / Известия высших учебных заведений. Физика. 2015. Т. 58. № 9-3. С. 51-54.
3. Improvement of combined laser-plasma welding / Zvezdin V.V., Samorskiy V.V., Pesoshin V.A., Aleev R.M., Saubanov R.R. / Известия высших учебных заведений. Физика. 2015. Т. 58. № 9-2. С. 36-39.
4. A system for automatic control of precision laser welding in engineering Grigoryants A.G., Perestoronin A.V., Portnov S.M., Zvezdin V.V., Israfilov I. Welding International. 2015. Т. 29. № 10. С. 801-804.
5. Automatic control system of high-precision welding of preparations by the laser radiation at influence of the plasma torch // Zvezdin V.V., Israfilov D.I., Portnov S.M., Saubanov R.R., Rakhimov R.R., Zvezdina N.M. / Известия высших учебных заведений. Физика. 2015. Т. 58. № 9-3. С. 51-54.
6. Improvement of combined laser-plasma welding / Zvezdin V.V., Samorskiy V.V., Pesoshin V.A., Aleev R.M., Saubanov R.R. / Известия высших учебных заведений. Физика. 2015. Т. 58. № 9-2. С. 36-39.

## **РАЗРАБОТКА НИЗКОВЯЗКОГО СВЯЗУЮЩЕГО ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ RTM**

Зыков А.О., Магсумова А.Ф.

*Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н.Туполева - КАИ*

## **DEVELOPMENT OF LOW-VISCOSITY RESIN FOR MOULDING STRUCTURAL PART BY RTM TECHNOLOGY**

A.Zykov, A.Magsumova

*Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan*

В данной работе был предложен состав низковязкого связующего для формования ответственных деталей методом RTM, а также проведены физико-механические испытания отформованной пластины на основе низковязкой композиции. Проведенные исследования технологических и физико-механических свойств, позволили определить нужное процентное содержание компонентов связующего с необходимыми свойствами для пропитки конструкционных деталей.

This paper, a low-viscosity binder formulation for moulding structural parts by the RTM method has been proposed. Performed researches of technological and physical-mechanical properties, allowed to define the necessary percentage content of components of a binder with necessary properties for impregnation of structural parts.

Ключевые слова: низковязкое связующее, метод RTM.

В настоящее время применение технологии RTM, с помощью которой можно получить композиты с высоким уровнем упруго-прочностных свойств и детали со сложной геометрией, предполагает использование специальных связующих[1-3]. Для изготовления деталей методом RTM связующее должно обладать регулируемыми технологическими характеристиками, а именно достаточно низкой вязкостью при температурах пропитки, достаточным временем сохранения необходимого значения вязкости при температурах пропитки, другими словами, достаточной жизнеспособностью. Кроме того, для производства высококачественных деталей конструкционного назначения, связующее должно обладать повышенными прочностными свойствами, так как разрушение ответственной конструкции может привести к аварии.

Исходя из последних требований по физико-механическим характеристикам, в данной работе объектами исследования были выбраны следующие компоненты: в качестве основы композиции была выбрана новолачная эпоксидная смола D.E.N.438 компании Dow Chemical Company, активный разбавитель - диглицидиловый эфир 1,4-бутандиола (ДГЭБД) для достижения необходимой вязкости и отвердитель - триэтаноламинтитанат (ТЭАТ-1). Смола D.E.N.438 обеспечивает сохранение механических свойств и химической стойкости при высоких температурах. Реологические свойства были определены на ротационном реометре Rheostress 6000 производителя HAAKE. Определение температуры отверждения, полученных низковязких связующих, осуществлялось с использованием дифференциального

сканирующего калориметра DSC 204 F1 Phoenix («Netzsch»). По результатам изучения реологических свойств и процесса отверждения были подобраны температурные режимы формования армированного пластика на основе разрабатываемого состава.

Исследование теплофизических свойств проводились методом динамического механического анализа путем применения анализатора DMA Q800 (TA Instruments). Также, было проведено изучение жизнеспособности получаемой композиции на динамическом механическом анализаторе DMA 242 («Netzsch»), оснащенный в отличие от вышеописанного специальным зажимом для пенетрации. Перечисленные методы исследования позволили подобрать оптимальное соотношение компонентов и изучить необходимые технологические свойства связующего.

После получения связующего с необходимыми свойствами для формования методом RTM, был изготовлен образец для механических испытаний на сжатие и межслоевой прочности образцов на электромеханической универсальной машине Kinston 5882.

Исследование пористости отформованных армированных пластин было проведено на микроскопе Olympus GX51. Выявлено, что пористость полученных образцов составляет меньше 2%, а именно 0,36% и, следовательно, не влияет на физико-механические характеристики армированного пластика. Отформованные образцы помогли лучше изучить физико-механические характеристики и свойства связующего при помощи вышеперечисленных исследований.

#### Литература:

1. Душин М.И., Донецкий К.И., Караваев Р.Ю., Коротков И.А. Некоторые особенности жидкотекучего формования полимерных композиционных материалов (обзор) // Труды ВИАМ. 2017. № 2 (50). С.54-64.
2. Постнова М.В., Постнов В.И. Опыт развития безавтоклавных методов формования ПКМ // Труды ВИАМ. 2014. №4. С. 6
3. Коваленко А.В. Исследование свойств связующего для формования изделий методом пропитки под давлением // Труды ВИАМ. №1. 2015.с.1-6.

### **ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ РЕНОВАЦИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ГАЗОТУРБИНЫХ УСТАНОВОК (ГТУ) С КОНВЕРТИРОВАННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ.**

Кесель Б.А. Научно – производственное предприятие «Авиатехника», 420103, Россия, Татарстан, г. Казань, пр. Ф.Амирхана 37

Кесель Л.Г. Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ-КАИ)  
420111, Россия, Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса 10

**Аннотация:** В статье представлена методика разработки концептуальных проектов реновации вспомогательных систем ГТУ различного назначения на структурном уровне (предпроектная стадия).

**Ключевые слова:** Газотурбинная установка, вспомогательная система, адекватность

**Abstract.**The article presents the method of development of conceptual projects of renovation of auxiliary systems of gas turbines of various purposes at the structural level, (concept design stage).

**Key words:** Gas Turbine, auxiliary system, the adequacy

Актуальность разработки проектов реновации вспомогательных систем ГТУ обусловлена необходимостью восстановления потребительских свойств ГТУ, выраженных в конкретных параметрах эффективности, которые ухудшаются в процессе эксплуатации.

Цель разработки проектов реновации – улучшение технико-экономических показателей ГТУ, имеющих большую наработку в эксплуатации.

Технология реновации предполагает изменение структуры одной или нескольких вспомогательных технологических систем ГТУ без изменения структуры ГТУ в целом. Основное оборудование при реализации данной технологии остаётся без изменений.

Газотурбинные установки (ГТУ) в структурном плане представляют собой системотехнические комплексы, содержащие основное технологическое оборудование (газотурбинный двигатель (ГТД) и устройство, потребляющее механическую энергию, вырабатываемую ГТД), технологические вспомогательные системы и систему автоматического управления (САУ).

Реализация технологий реновации ГТУ выполняется в соответствие с разработанными специальными проектами, в связи с тем, что ГТУ является сложной технической системой. Разработка проекта реновации требует открытия финансирования, а распределение заказов на проекты реновации происходит на конкурсной основе. До разработки указанных проектов разработчик за счёт собственных средств выполняет концептуальные проекты. Особенность разработки концептуальных проектов реновацию ГТУ заключается в том, что конкурсная документация не содержит объективных данных о техническом состоянии ГТУ, и её систем.

Если по основному оборудованию ГТУ информация по техническому состоянию доступна разработчику с определённой степенью достоверности, то по остальному оборудованию, входящему в состав ГТУ, в момент подготовки концептуальных проектов такой информации нет. Таким образом, при подготовке концептуальных проектов все риски по реализации проекта по любой из указанных технологий разработчик берёт на себя.

С целью минимизации рисков разработчика при разработке концептуальных проектов восстановления параметров ГТУ по указанным технологиям, возникла серьёзная необходимость создания прогнозного метода экспресс - анализа технического состояния ГТУ и её технологических систем на момент вывода из эксплуатации для проведения указанных работ.

В состав концептуального проекта реновации отдельных вспомогательных технологических систем ГТУ должны входить решения ряда технических задач на структурном уровне, среди которых:

- задача по определению типов структурных схем вспомогательных технологических систем ГТУ;
- задача разработки комплексного критерия ухудшения параметров ГТУ на структурном уровне системы;
- задача взаимодействия структурных схем вспомогательных технологических систем ГТУ с внешними воздействующими факторами;

Кроме указанных технических задач в состав проекта должны входить решения задач технико-экономического характера:

- задача определения экономически целесообразной глубины реновации вспомогательной технологической системы ГТУ по техническому состоянию на структурном уровне;
- задача оценки эффективности реновации на структурном уровне;

По причине ограниченного объёма статьи предлагается рассмотреть методы решения первых трёх задач из указанного перечня. Решение этих задач выполнено на структурном уровне представления ГТУ и её вспомогательных технологических систем методом разработанного автором экспресс – анализа. Суть указанного метода заключается в том, что проводится анализ структуры ГТУ и её систем методом последовательной стратификации, выявляются структуры данных систем и непосредственно ГТУ. В соответствие с выявленными видами указанных структур производится их идентификация по типам и далее выявленные структуры представляются в виде графов. Анализ структурных схем ГТУ и вспомогательных технологических систем, входящих в их состав в зависимости от типа конструктивного исполнения выполнен в работе [1].

В качестве комплексного критерия ухудшения параметров ГТУ в процессе эксплуатации на структурном уровне предлагается использовать критерий адекватности, качественная характеристика которого представлена в работе [2]. Данный критерий при определённой его доработке позволяет комплексно на структурном уровне оценивать количественно величину ухудшения параметров.

Количественную оценку адекватности ГТУ в идеальных условиях предлагается определять по выражению (1). При этом под идеальными принимаются следующие условия:

- вся энергия, вырабатываемая ГТУ, используется без потерь;
- внешние воздействующие факторы не снижают эффективности работы ГТУ;
- в процессе эксплуатации ГТУ не происходит снижение показателей её долговечности и надёжности.

$$A_0 = E_0(\tau) \times T_0(\tau) \times P_0(\tau), \quad (1)$$

где  $A_0$  – идеальная адекватность ГТУ [кВт ч];  
 $E_0(\tau)$  – эффективность действия ГТУ [кВт];



$T_0(\tau)$  – долговечность ГТУ [ч];

$P_0(\tau)$  – надёжность (вероятность) эффективного действия

$\tau$  – время эксплуатации ГТУ [циклы или ч]

Величина  $A_0$  характеризует потенциально возможную суммарную выработку ГТУ при наработке один эксплуатационный цикл или за весь период установленной межремонтной наработки.

Для ГТУ, имеющей наработку в эксплуатации, количественную оценку нормированной адекватности можно выполнить по выражению (2)

$$A_\tau = E_\tau(\tau) \times T_\tau(\tau) \times P_\tau(\tau) \quad (2)$$

В выражении (2) все символы соответствуют символам выражения (1), а индекс  $\tau$  – указывает на наличие наработки. Особенность нормированной адекватности заключается в том, что все входящие в выражение (2) компоненты определяются по требованиям нормативно – технической документации [3], [4].

Согласно указанным документам [5], [6] межремонтный период эксплуатации ГТУ составляет 25 000 часов. За данный межремонтный период по нормативно – технической документации допускаемые величины снижения эффективности действия составляют соответственно по номинальной мощности - 4%, по КПД -2%.

Вероятность безотказной работы может быть определена по числу эксплуатационных циклов, с учётом того, что один эксплуатационный цикл для приводной газотурбинной установки равен 24 часам. Тогда число циклов за межремонтный период составит 1042 цикла. С учётом нормированной наработки на отказ равной 3500 часов [5], [6] определим допустимое число отказов при отработке межремонтной наработки, оно составит примерно 7 отказов. Тогда нормированная вероятность безотказной работы за наработку 1042 составит 0,93.

При определении нормированной адекватности ГТУ будем считать, что долговечность ГТУ (как материального комплекса) должна соответствовать указанному нормированному значению межремонтного периода – 25 000 ч.

Для примера установим, что мощность ГТУ на номинальном режиме составляет 10 МВт, тогда с учётом приведенных выше данных по нормативно – технической документации по нормированным уровням допустимых потерь эффективности, вероятности безотказной работы и долговечности за период установленной межремонтной наработки, нормированная адекватность, определённая по выражению (2) составит величину 223 200 МВт ч.

Идеальная адекватность ГТУ мощностью 10 МВт, определённая по выражению (1), составит величину 250 000 МВт ч.

Структурный аспект рассмотрения адекватности ГТУ не допускает применение показателей, измеряемых в реальных физических единицах, в связи, с чем введём коэффициент адекватности -  $\psi_A$ , определяемый по формуле (3)

$$\psi_A = \frac{A_\tau}{A_0} \times 100\% = \frac{E_\tau(\tau) \times T_\tau(\tau) \times P_\tau(\tau)}{E_0(\tau) \times T_0(\tau) \times P_0(\tau)} \times 100\%; \quad (3)$$

В итоге по уровню нормированной адекватности по отношению к идеальной адекватности значение коэффициента адекватности составит 89%.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Кесель Б.А. Концепция восстановления служебных характеристик газотурбинных установок, выполненных на базе конвертированных газотурбинных двигателей, модернизацией технологических систем в условиях эксплуатации. Монография. РИО КГЭУ, 411с. Казань 2015.
2. Дитрих Я. Проектирование и конструирование. Системный подход / Пер. с польск. Л.В. Левицкого, Ю.А. Чванова; Под. ред. В.М. Бродянского. – М.: Мир, 1981, – 456 с.
3. ГОСТ 29328-92. Установки газотурбинные для привода турбогенераторов. Общие технические условия. М. Госстандарт России. 1993 - 14с.
4. ГОСТ 28775-90. Агрегаты газоперекачивающие с газотурбинным приводом. Общие технические условия. М. Стандартиформ. 2005 – 11с.

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ РЕНОВАЦИИ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ЦИКЛОВОГО ВОЗДУХА ДЛЯ ГАЗОТУРБИНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ ЮГОРСК»**

Кесель Б.А. Научно – производственное предприятие «Авиатехника», 420103, Россия, Татарстан, г. Казань, пр. Ф.Амирхана 37

Кесель Л.Г. Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ-КАИ)  
420111, Россия, Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса 10

**Аннотация:** В статье представлены результаты концептуального проекта реновации системы очистки циклового воздуха ГТУ в составе действующей электростанции

**Ключевые слова:** Газотурбинная установка, система очистки циклового воздуха, газотурбинная электростанция.

**Abstract:** the article presents the results of the conceptual project of renovation of the system cleaning of cyclic air of gas turbines in the composition of the existing power plant.

**Key words:** gas Turbine installation, system cleaning of cyclic air of gas turbine power station

Газотурбинные установки для выработки электроэнергии находят все более широкое применение в локальных сетях электроснабжения промышленных предприятий удалённого расположения.

За последние 15 лет в развитии газотурбинной техники появилась устойчивая тенденция создания высокоэффективной техники с высокими параметрами (к.п.д. на клеммах генератора 40-45% при реализации простого

цикла) и т.п. Высокоэффективная газотурбинная техника находит достаточно широкое применение на вновь создаваемых объектах.

В России существует ряд предприятий, которые в течение последних десятилетий активно используют газотурбинную технику для выработки электроэнергии для собственных нужд. Эти предприятия используют для решения данной задачи газотурбинную технику с невысокими показателями эффективности (в том числе и топливной).

В качестве примера рассмотрим предприятие ООО «Газпром трансгаз Югорск» - самое крупное газотранспортное предприятие в составе ОАО «Газпром». На данном предприятии для выработки электрической энергии для собственных нужд используется следующая газотурбинная техника (см. табл.1).

**Таблица 1. Пример структурного состава газотурбинного оборудования для выработки электрической энергии для собственных нужд в ООО «Газпром трансгаз Югорск».**

п/п	Обозначение газотурбинной электростанции	Мощность номинальная, кВт	Коэффициент полезного действия,%	Количество, шт.
1	2	3	4	5
1	ПАЭС - 2500 на базе ГТД АИ-20. /ОАО «Мотор Сич»/	2500	19	48
2	ГТЭС - 2,5 на базе ГТД Д-30 /ОАО «Сатурн - газовые турбины»/	2500	28,5	58
3	ГТЭС «Урал-2500» на базе Д-30 /ЗАО «Искра-энергетика»/	2500	20,6	20

**Примечание.** Приведенные в таблице ГТЭС – газотурбинные электростанции работают на газовом топливе.

Значения коэффициента полезного действия данного оборудования показывают, что его трудно причислить к высокоэффективному современному электрогенерирующему оборудованию. Вместе с тем следует отметить, что при ведённый в табл.1 парк оборудования позволяет выработать 48% электроэнергии от всего объема электроэнергии, расходуемого на собственные нужды.

Ресурсные показатели и показатели топливной эффективности газотурбинных электростанций, приведённых в таблице 1, представлены в таблице 2.

**Таблица 2. Ресурсные показатели надёжности и расход топливного газа газотурбинных электростанций мощностью 2500 кВт.**

п/п	Обозначение газотурбинной электростанции	Ресурс до капитального ремонта (межремонтная наработка), ч.	Ресурс назначенный, ч.	Расход топливного газа на номинальном режиме кг/ч (при работе одной установки)
1	2	3	4	5
1	ПАЭС - 2500 на базе ГТД АИ-20. / ОАО «Мотор Сич»/	25 000	100 000	1602
2	ГТЭС - 2,5 на базе ГТД Д-30 /ОАО «Сатурн - газовые турбины»/	20 000	120 000	680
3	ГТЭС «Урал-2500» на базе Д-30/ЗАО «Искра-энергетика»/	35 000	100 000	875

Согласно требованиям ГОСТ 29328-92 «Установки газотурбинные для привода турбогенераторов», за межремонтный период эксплуатации допускается снижение фактической мощности ГТУ на 4% и снижение к.п.д. на 2%. На 10.08.2017г. ГОСТ 29328-92 имеет статус действующего.

В абсолютных величинах осреднённые потери мощности и к.п.д. газотурбинных электростанций, приведенных в таблице 2, будут иметь величины, представленные в таблице 4.

**Таблица 3. Осреднённые потери параметров за межремонтный период эксплуатации для ГТЭС (табл.1).**

п/п	Обозначение газотурбинной электростанции	Осреднённые потери мощности, кВт.	Осреднённые значения к.п.д.,%
1	2	3	4
1	ПАЭС - 2500	100	17
2	ГТЭС - 2,5	100	26,5
3	ГТЭС «Урал-2500	100	18,6

Соответствующие данным таблицы 2 осреднённые данные по увеличению расхода топлива за межремонтный период приведены в таблице 4.

**Таблица 4. Осреднённые данные по увеличению расхода топлива за межремонтный период для ГТЭС (табл.1).**

п/п	Обозначение газотурбинной электростанции	Межремонтный период	Увеличение расхода топлива за межремонтный период, кг., (м <sup>3</sup> ) на одну установку	Увеличение расхода топлива за межремонтный период, кг. (м <sup>3</sup> ) на парк ГТЭС табл.1
1	2	3	4	4
1	ПАЭС - 2500	25 000	810 000 (1 038 461)	38 880 000(49 846 153)
2	ГТЭС - 2,5	20 000	544 000 (697 453)	31 552 000 (40 451 282)
3	ГТЭС «Урал-2500	35 000	612 000 (784 615)	12 420 000 (15 923 076)

Суммарное увеличение расхода топливного газа для парка электрогенерирующего оборудования за межремонтный период составит 82 852 000 кг (106 220 512 м<sup>3</sup>). Эта значительная цифра в дальнейших комментариях не нуждается. Следует иметь в виду, что приведенные выше значения получены для осредненных параметров.

Данные цифры говорят о достаточно высоких издержках производства и в порядке постановки задачи о необходимости их снижения.

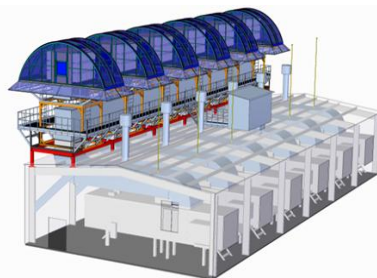
При разработке проекта реновации основной задачей была оценка возможностей восстановления параметров ГТЭС, утраченных с их эксплуатационной наработкой. В связи с тем, что замена всех приводных двигателей, входящих в состав ГТЭС (табл.1), не представляется возможной в короткое время, было принято решение о проведении реноваций вспомогательных систем ГТУ. Как показывает практика реализованных проектов наибольшее влияние на потери мощности и снижение к.п.д. оказывает уровень гидравлического сопротивления трактовых систем газотурбинной установки: входящая в группу обеспечивающих систем – система подготовки циклового воздуха. В результате внедрения конструктивных решений, представленных на рис.1 (модернизируется только КВОУ) планируется на 45-50% скомпенсировать потери топливного газа за межремонтный период эксплуатации. Расчётные ожидаемые результаты представлены в таблице 5.

**Таблица 5 Результаты (ожидаемые) повышения топливной эффективности ГТЭС ПАЭС-2500 (Узюм-Юган Газпром трансгаз Югорск).**

п.дв., шт.	6	5	4	3	2	1
$\Delta G_{ГТ\ ДВИГ}$ , кг/ч	0	0,58	1,16	1,52	1,92	2,1
$\Delta G_{ГТ\ ЦЕХ}$ , кг/ч	0	2,9	4,64	4,66	3,86	2,1



а) до модернизации



б) после модернизации

Рис.1. Проект модернизации ГТЭС ПАЭС-2500 «Узюм-Юган» ООО Газпром трансгаз Югорск».

Для электростанций собственных нужд (ЭСН) с ГТУ по номенклатуретабл.1, ожидаемый эффект от модернизации - замена ВОУ по парку ГТЭС-2,5 - 7%, (для 58 шт. - 2,43 млн. т газ.топлива.)

Соответственно для ГТЭС ПАЭС-2500 ожидаемый эффект от модернизации - замена ВОУ составит 6,5% от увеличения расхода топлива за м/р ресурс (для 48 шт.-2,5 млн. т. газ. топлива).

Таким образом, направление модернизации, связанное со снижением уровня гидравлических потерь в трактовых системах эксплуатирующихся ГТУ, может быть признано перспективным для установок с большой эксплуатационной наработкой.

## ИЗУЧЕНИЕ КОНВЕКТИВНЫХ И РАДИАЦИОННЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТЕПЛОПOTЕРЬ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Ключников Олег Романович<sup>1,2,3</sup>, д.х.н., профессор каф. ЭЭ КГЭУ и каф. ТПМ КНИТУ, генеральный директор ООО «Олепластика».

Астраханов Михаил Вениаминович<sup>1</sup>, магистрант КГЭУ.

<sup>1</sup>Казанский государственный энергетический университет  
420066, Респ. Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51

<sup>2</sup>Казанский национальный исследовательский  
технологический университет

420015, Респ. Татарстан, г. Казань, ул. Карла Маркса, 68

<sup>3</sup>ООО "Олепластика"

420124, Респ. Татарстан, г. Казань, ул. Чистопольская, 61б

**Аннотация.** Разработана лабораторная установка и методика измерения плотности тепловых потоков. Проведены измерения конвективных и радиационных тепловых потерь материалов. Установлены доли лучистых теплопотерь.

**Abstract.** Laboratory installation and the measuring technique of density of heat fluxes is developed. Measurements of convective and radiation thermal losses of materials are taken. Shares of radiation heatlosses are established.

**Ключевые слова:** измерения, исследуемые материалы, теплопроводность, радиационные теплопотери.

В настоящее время актуальной является тема уменьшения тепловых потерь. Важной задачей является снижение тепловых потерь через ограждающие конструкции зданий, в частности, оконных проемов. При эксплуатации систем теплоснабжения часть переданной от источника потребителю тепловой энергии теряется через тепловую изоляцию трубопроводов. Анализ тепловых потерь является важным аспектом при выборе теплоизоляционных материалов. На сегодняшний день ведутся много работ по уменьшению теплопотерь через теплопроводы.

Цель работы: определение тепловых потерь через образцы материалов с дальнейшим вычислением доли лучистых составляющих теплопотерь.

Как известно тепловые потери делятся на конвективные и радиационные составляющие. Необходимо установить доли лучистых составляющих теплопотерь образцов материалов. Измерения проводились на установке, показанной на рисунке 1. Источником теплового излучения является лампа накаливания мощностью 40 Вт, помещенный в металлическую коробку. Лучистые составляющие теплопотерь измеряются неселективным радиометром Аргус-03.

Методика проведения экспериментов заключается в следующем.

На образец материала крепятся датчики температуры и регистрации тепловых потоков прибора ИТП-МГ4.03/Х(П). Далее материал крепится на одной из сторон данной металлической коробки и включается источник теплоты. В течение 50 минут температура внутри коробки повышается до установления постоянного значения. Данные датчиков регистрируются в течение 60 минут. Для измерения лучистых составляющих теплопотерь включается радиометр «Аргус-03» и выдерживается в течение 3-5 минут до приобретения датчика температуры окружающей среды, измеряется фоновое излучение окружающей среды по показаниям «Аргус-03», далее убирается теплоизолирующая ширма и через 3 секунды записывается показание радиометра, измерения проводятся 5 раз. По окончании измерений ширма устанавливается перед датчиком радиометра.

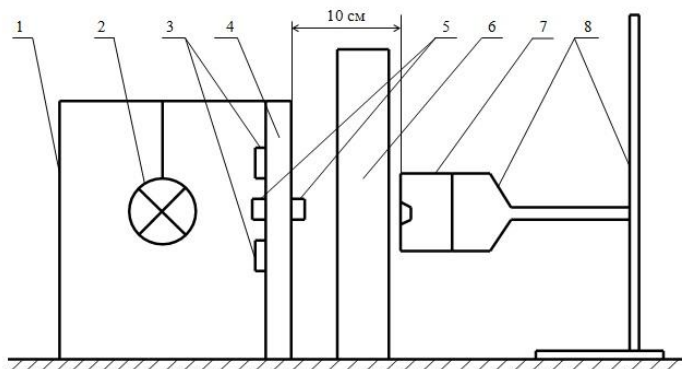


Рис. 1. Схема лабораторной установки для измерения плотности тепловых потоков.

где 1 - металлическая коробка, 2 - лампа накаливания, 3 - датчики плотности теплового потока прибора "ИТП - МГ4.03", 4 - исследуемый материал, 5 - датчики температуры, 6 - теплоизолирующая ширма, 7 - датчик радиометра "Аргус-03", 8 - штатив.

Результаты измерений представлены в таблице.

## Результаты экспериментальных исследований

Название образца материала	Конвективные теплопотери, Вт/м <sup>2</sup>	Радиационные теплопотери, Вт/м <sup>2</sup>	Доля лучистых теплопотерь, %
Металлический лист со СКЭПТ+AL	693,4	92,2	13,3
Лист гипсокартона с фольгой	456,2	78,6	17,2
Металлический лист с гипсом	560,3	88,0	15,7
1 камерный мультифункциональный стеклопакет с ИК-отражающим покрытием (2 стекла)	659,8	149,4	22,6
1 камерный стеклопакет (2 стекла)	685,6	427,0	62,3
Фольгоизол, производитель 1	353,4	132,2	37,4
Фольгоизол, производитель 2	512,6	70,0	13,6
2 камерный мультифункциональный стеклопакет с ИК-отражающим покрытием (3 стекла)	678,8	160,2	23,6
2 камерный стеклопакет (3 стекла)	664,7	369,1	55,5
Сотовый поликарбонат толщиной 8 мм	555,8	485,3	87,3
Сотовый поликарбонат толщиной 20 мм	433,4	326,7	75,4

Таким образом, по результатам измерений можно установить, что коэффициент лучистых теплопотерь в зависимости от испытуемых материалов колеблется от 13,3 до 87,3 %. Как показывают результаты, стеклопакеты с ИК-отражающим покрытием значительно энергоэффективнее стандартных. А сотовые поликарбонаты обладают сравнительно большими лучистыми составляющими теплопотерь, в отличие от других испытуемых материалов. Следовательно, для уменьшения тепловых потерь необходимо использовать в качестве одного из слоев утеплителя ИК-отражающий материал или покрытие.

## Литература

1. Хижняков С.В. Тепловая изоляция. М. 1985. С. 421.
2. Горлов Ю.П., Технология теплоизоляционных материалов. // М.: Стройиздат, 1989. С. 399.
3. Шойхет Б.М. Тепловая изоляция трубопроводов тепловых сетей. Современные материалы и технические решения / Б.М. Шойхет, Л.В. Ставрицкая, Я.А. Ковылянский // Энергосбережение. 2002. №5. С. 43 – 45.



4. Бобров Ю.Л. Теплоизоляционные материалы и конструкции /Ю.Л. Бобров, Е.Г.Овчаренко, Б.М.Шойхет, Е.Ю. Петухова, 2010. С. 154.
5. Арутюнян А.А. Основы энергосбережения. 2007 г., С. 600.

## АБРАЗИВНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ФИНИШНОГО ПОЛИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ НАНОШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Королева Л.Ф.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения Уральского отделения Российской академии наук, 620049, г. Екатеринбург, ул. Комсомольская, 34

**Аннотация.** Предложен абразивный материал на основе твердых растворов оксидов алюминия и железа для финишного полирования закаленных сталей, цветных металлов и сплавов с получением нанощероховатой поверхности  $R_a$  менее 5 нм. Применение данного абразивного материала обеспечивает сокращение доводочных операций до одной и увеличивает выход годных изделий в 9-10 раз.

**Abstract:** Abrasive material is offered on the basis of solid solutions of aluminum and iron oxides for finishing polishing of hardened steels, non-ferrous metals and alloys with obtaining nanoroughened surface  $R_a$  less than 5 nm. The application of the abrasive material reduces finishing operations to one and increases the yield of suitable products in 9-10 times.

**Ключевые слова:** оксиды, финишное полирование, нанощероховатая поверхность

Для развития прецизионного машиностроения требуется качественная обработка поверхности металлов с получением шероховатости  $R_a$  менее 5 нм. Это гарантирует высокие эксплуатационные характеристики, надежность приборов и аппаратов. Например, элементы качения в подшипниковых системах ракет должны иметь для высокой надежности нанощероховатую поверхность. В электронике получение нанощероховатой поверхности существенно определяет процессы эпитаксии и нанесения последующих слоев: диэлектрических, отражающих, пропускаящих, проводящих.

Отечественным производством не удовлетворяется потребность в абразивных порошковых материалах для доводочных операций полирования высокоточных металлоизделий. Так проблемной является задача получения шариков подшипников с шероховатостью поверхности  $R_a$  менее 0,005 мкм и степени точности 10G (ГОСТ 3722-81) (для размеров шариков 1/16 и 3/16 дюйма), используемых в системах ракет.

Применение данного материала сокращает количество доводочных операций полирования до минимума, т.е. до одной. Это достижимо в результате свойств материала, состоящего из твердых растворов оксидов алюминия и железа и модифицирующих оксидов. При этом процесс из механического переходит в механохимический[1].

Под воздействием трения в присутствии данного материала происходит быстрое окисление поверхностного слоя с образованием оксидного, который более легко разрушается и удаляется с образованием гладкой поверхности. Скорость и качество полирования зависят от процесса химической реакции взаимодействия абразивного материала с поверхностью. Применение твердых растворов оксидов переходных металлов дает эффект химического воздействия на поверхность, поскольку эта система является неравновесной и химически активной. Абразивный материал имеет среднюю твердость по шкале твердости, поэтому в процессе полирования не наблюдается деформация поверхности, оставляющей риски, вмятины и т.д.

Использование в полировании ультрадисперсных наноалмазов, корундов, нитридов бора, т.е. абразивов с высокой твердостью является механическим процессом микрорезания неровностей и сглаживания рельефа, поэтому требуется многостадийность доводочных операций с изменением дисперсности абразивных частиц.

В связи с этим разработка основ синтеза нанодисперсных механохимически активных абразивных материалов на основе твердых растворов оксидов переходных элементов для финишного полирования является перспективной.

Известно, что качество полирования определяется структурным состоянием и технологией подготовки поверхности обрабатываемого тела, условиями на границе твердых тел: величиной поверхностной энергии, адгезией и адсорбцией абразивного материала, процессами смачивания поверхности металла. Механическое полирование является комплексным взаимодействием обрабатываемого материала, полировальника и абразивных частиц. Процессы, происходящие при полировании следующие: адсорбция, смачивание, адгезия, образование новых фаз и поверхностей, пластическая деформация.

Определяющие факторы в механическом полировании будут такие: 1) средний размер основной фракции абразива; 2) концентрация абразива в жидкой фазе; 3) кристаллическая форма и микротвердость абразива и полируемого металла; 4) удельное давление, оказываемое на поверхность; 5) площадь контакта обрабатываемой поверхностью и рабочей поверхности полировальника; 6) скорость полирования.

К химическим факторам относится трибохимическая активность оксидов. Роль силового воздействия абразивных зерен может быть представлена как механохимическое активирование на контактных точках поверхности металла, приводящее к инициированию химических реакций. Для увеличения производительности процесса полирования цветных металлов и сплавов следует повысить окислительную способность абразива или абразивной пасты введением какого-либо окислителя. Другое решение может быть осуществлено за счет модифицирования абразивного материала оксидом переходного металла с переменной степенью окисления. Такой модифицирующей добавкой могут быть оксиды молибдена, марганца, обладающие способностью окислять и образовывать соединения с переменной валентностью.

В настоящей работе с позиций механохимии изложена концепция процесса финишного полирования закаленных сталей с аустенитно-мартенситной структурой и цветных металлов нанодисперсными трибохимически активными абразивами. Рассмотрены основы синтеза нанодисперсных абразивных материалов на основе модифицированных твердых растворов оксидов переходных элементов для финишного полирования и влияния модифицирования на получение наносероховатой поверхности металлов.

На основании проведенного исследования процесса полирования цветных металлов и сплавов было установлено, что модифицирование сложных оксидов алюминия и железа оксидами переходных элементов с переменной валентностью, таких как молибден, марганец ( $\text{MoO}_2$ ,  $\text{MnO}_2$ ) значительно повышает окислительную способность абразива и увеличивает производительность.

Твердые растворы оксидов алюминия и железа, получаемые из гидроксокарбонатных комплексов, обладают высокой полирующей способностью в процессе финишного полирования закаленных сталей. Они обеспечивают наносероховатость поверхности и увеличивают выход годных изделий в 9-10 раз, что объясняется повышенной трибохимической активностью абразивных частиц. На Рис. 1 приведены кинетические кривые полирования закаленной стали ШХ-15. Для сравнения приведена кривая полирования с карбидом бора, как видно производительность с ним почти в 2 раза меньше. Наиболее высокая полирующая способность отмечается при полировании закаленной стали с образцами абразивного материала, содержащего 0, 15-0,18 мол. %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , при мольном соотношении корунда и гематита как 4:1.

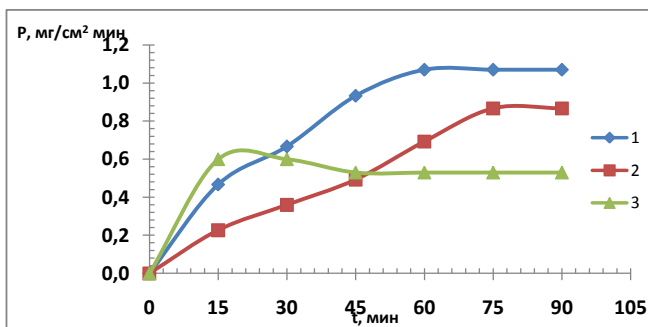


Рис. 1. Кинетические кривые полирования стали ШХ-15 ( $P$ , мг/см<sup>2</sup>·мин) с твердым раствором  $\text{Al}_{2-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ : 1) 0,175 мол.%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 2) с 0,014 мол.%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 3) с карбидом бора  $\text{B}_4\text{C}$ . Результаты эксперимента были обработаны методами математической статистики.

Для полирования цветных металлов и сплавов, как медь, латунь более эффективным является модифицированный оксид алюминия – железа, содержащий до 0,001- 0,005 мол.%  $\text{MoO}_2$  или  $\text{MnO}_2$ . На Рис. 2 приведены

кинетические кривые полирования цветных металлов: меди, латуни и титана. Модифицирование твердого раствора оксидов алюминия и железа диоксидом молибдена  $\text{MoO}_2$  в количестве 0,001- 0,005 мол.% увеличивает полирующую способность на порядок при полировании меди и латуни, что отражено на кривых.

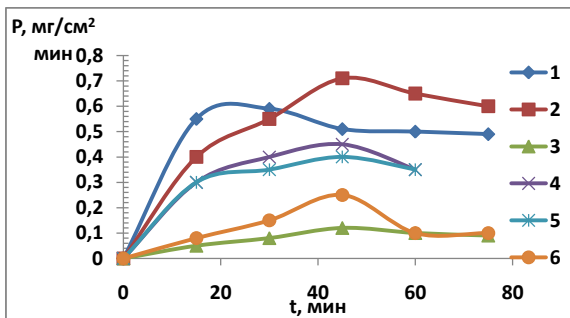


Рис. 2. Кинетические кривые полирования ( $P$ , мг/см<sup>2</sup>/мин): 1 – меди с твердым раствором оксидов алюминия и железа, модифицированным  $\text{MoO}_2$ ; 2 – латуни модифицированным  $\text{MnO}_2$ ; 3 – меди с немодифицированным твердым раствором оксидов алюминия и железа; 4, 5 – титана с твердым раствором оксидов алюминия и железа, модифицированным  $\text{ZrO}_2$  - 0.08 и 0.04 мол.% соответственно; 6 – алюминия с твердым раствором оксидов алюминия и железа, модифицированным  $\text{MnO}_2$

На Рис. 3 представлены кинетические кривые изменения шероховатости поверхности  $R_a$  при полировании образцов ШХ-15 абразивным материалом

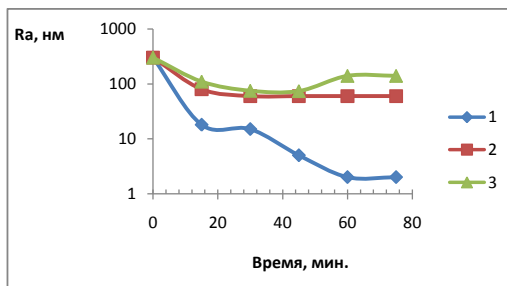


Рис. 3. Кинетические кривые изменения шероховатости поверхности  $R_a$  при полировании образцов ШХ-15 абразивным материалом на основе: 1 – твердых растворов оксидов алюминия и железа; 2 – модифицированного оксида хрома; 3 – карбида бора  $\text{B}_4\text{C}$

### Литература

1. Koroleva L.F. Final Polishing of Metals to Obtain Nanoroughened Surface. Nanotechnologies in Russia, 2012, V. 7, № 1–2, p.p.67-75.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ШЛИЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

Кулаков Александр Тихонович, Барыльникова Елена Петровна  
Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский  
(Приволжский) Федеральный университет»

г. Набережные Челны, пр. Сююмбике, д. 10А

Назаров Фёдор Леонидович

Завод Двигателей ПАО КАМАЗ

г. Набережные Челны, проспект Автозаводский, 2

Коваленко Сергей Юрьевич, Грибков Константин Владимирович

Оренбургский государственный университет

г. Оренбург, проспект Победы, д. 13

*В работе представлен анализ возможности применения электроэрозионного способа обработки при восстановлении шлицевых поверхностей на специализированном оборудовании.*

*The paper presents an analysis of the possibility of applying an electroerosive method of treatment when restoring slit surfaces on specialized equipment.*

*Ключевые слова: электроэрозионная обработка, шлицы, электрод*

Как известно, шлицевые соединения применяются для посадок на валу таких деталей, как зубчатые колёса, шкивы, втулки и др. и по сравнению со шпоночными, они имеют ряд преимуществ, в частности - меньше напряжения смятия на границах шлицов и выше прочность валов при динамических и переменных нагрузках. Вместе с тем, опыт эксплуатации автомобильного транспорта показывает, что износ шлицевых соединений является частым явлением.

Восстановление шлицевых поверхностей является сложным и трудоёмким процессом и включает, как правило, такие операции, как наплавку, нормализацию, токарную обработку (протяжку – в случае восстановления отверстия), фрезерование, термическую обработку и шлифование, что делает процесс восстановления экономически невыгодным, по причине чего детали отправляются в утиль, а вместо них при ремонте устанавливают новые [1,2,3]. Одними из таких деталей являются каретки синхронизаторов IV-V передачи коробки перемены передач КАМАЗ. Для данных кареток характерны износы внутренних шлицевых поверхностей в сопряжении с вторичным валом коробки, сопровождающиеся выдавливанием и срезанием части металла из боковой поверхности шлица (рис. 1).

При восстановлении такого рода износов шлицев существующие технологические процессы [4,5] подразумевают, как было описано выше, наплавку с дальнейшей механической обработкой и термоупрочнением, что является на фоне стоимости детали крайне невыгодным, а учитывая, что

отдельно каретки синхронизаторов не поставляются, это делает весь узел неремонтопригодным. При стоимости нового синхронизатора в сборе порядка 4500 рублей его замена ведёт к удорожанию ремонта и эксплуатации транспортного средства в целом.



Рис. 1. Износ внутренних шлицев каретки синхронизатора IV-V передач КПП КАМАЗ

Вместе с тем, из множества существующих способов обработки деталей по своему принципу выделяется электроэрозионный, заключающийся в вырывании частиц с поверхности металла импульсом электрического разряда. При копировании формы электрода или его сечения обрабатываемый элемент заготовки по форме является обратным отображением рабочей поверхности инструмента. Данную операцию называют прошиванием. Существуют методы прямого и обратного копирования. При прямом копировании инструмент находится над заготовкой, а при обратном – под ней. По мере электроэрозионной обработки электрод внедряется в деталь, обеспечивая копирование электрода [6,7]. Данный метод прост в исполнении и широко применяется в промышленности – получения отверстий различной формы, фасонных полостей, профильных канавок и пазов в деталях из твердых сплавов, для упрочнения инструмента, для электропечатания, шлифования, резки и др.

Применение электроэрозионного способа обработки связано с такими основными достоинствами как:

- высокая точность и качество обработки;
- для изготовления инструмента используются более дешёвые, легко обрабатываемые материалы;
- обработка очень твёрдых материалов;
- способность обрабатывать любые токопроводящие металлы и сплавы, независимо от их физических свойств.

В настоящий момент широко используются в промышленности различные электроэрозионные копировально-прошивочные станки как отечественного, так и зарубежного производства с ручным управлением или с ЧПУ. В зависимости от модели, производительности станков колеблется от 70 до 1100 мм<sup>3</sup>/мин, чистота поверхности составляет в среднем  $R_b = 80...320$  мкм при черновой и  $R_b = 20...40$  мкм при чистовой обработке, параметр шероховатости поверхности на чистовых режимах  $R_a = 0,08...3,2$  мкм при

точности обработки от 0,003 до 0,04 мм. Как видно из параметров получаемой поверхности в большинстве случаев деталям не потребуется дальнейшая обработка.

Учитывая особенности технологии электроэрозионной обработки её применение возможно при восстановлении шлицевых поверхностей кареток синхронизаторов.

Как при производстве, так и при применяемых способах восстановления, после механической обработки каретки проходят операцию термоупрочнения [4,5] для создания поверхности с высокой твёрдостью HRC 55, что невозможно изначально из-за усложнения механической обработки. Электроэрозионный способ позволяет обрабатывать металлы с любой твёрдостью поверхности, что упрощает технологию восстановления шлицевых соединений, сводящуюся к наплавке изношенных шлицев проволокой с высокой твёрдостью, например 51 ХФА (твёрдость составляет HRC 50-55), и дальнейшей электроэрозионной обработкой наплавленных поверхностей.

В Оренбургском государственном университете совместно с Набережночелнинским институтом (филиалом) КФУ разработан и запатентован способ восстановления поверхностей кареток синхронизаторов электроэрозионным способом обработки [8], схема которого приведена на рис.2.

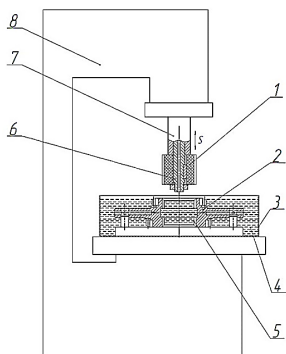


Рис.2 – Схема процесса восстановления электроэрозионным способом изношенных поверхностей кареток синхронизаторов:

- 1 – шаблонный графитовый электрод-инструмент; 2 – каретка синхронизатора; 3 – ванна; 4 – охлаждающая жидкость; 5 – наплавленный слой высокой твёрдости; 6 – электрододержатель; 7 – шпиндель станка, обеспечивающий поступательное движение шаблонного электрода-инструмента; 8 – электроэрозионный станок

Необходимо изготовить шаблонный графитовый электрод-инструмент 1, например из графита НК1, с поверхностью в виде копии поверхности сопряжения ответной детали (шлицевых поверхностей каретки), устанавливаемый в шпиндель 7 электроэрозионного копировально-прошивного станка, например 4А611С. На изношенной поверхности шлицев каретки

синхронизатора (дет. № 142.1701151) выполняется наплавка проволокой 51 ХФА или аналогичной в среде углекислого газа, после чего деталь погружают в ванну 3, заполненную охлаждающей жидкостью (низкомолекулярные углеводородные жидкости различной вязкости) 4. В соответствии с характеристиками наплавленного высокотвердого материала 5 производится настройка режимов работы станка (8) для обеспечения требуемых размеров, формы и чистоты поверхности. В процессе электроэрозионной обработки ток поступает на шаблонный электрод-инструмент через электрододержатель 6. Обработка наплавленного высокотвёрдого материала происходит при поступательном движении шаблонного электрода-инструмента, которое обеспечивает шпиндель станка. Таким образом, поверхность зубьев или шлицев каретки синхронизатора восстанавливается до номинального размера, требуемой формы и чистоты поверхности готовой детали.

Техническим результатом предлагаемых способов является обеспечение возможности многократного восстановления поверхности зубьев или шлицев каретки синхронизатора без механической обработки до номинального размера, требуемой формы и чистоты поверхности.

Предлагаемый способ восстановления кареток синхронизаторов коробок передач КАМАЗ с использованием электроэрозионной обработки является перспективным и менее ресурсоёмким способом по сравнению с существующими применяемыми методами восстановления. При незначительной доработке (подбор режимов работы установки и изготовление необходимых графитовых электродов) данный способ применим для восстановления любых деталей, имеющих шлицевые соединения.

### Литература

1. Кулаков А.Т. Особенности конструкции, эксплуатации, обслуживания и ремонта силовых агрегатов грузовых автомобилей : учеб. пособие / А.Т. Кулаков, А.С. Денисов, А.А. Макушин. – М.: Инфра-Инженерия, 2013. – 448 с.

2. Кулаков А.Т. Повышение надежности автотракторных дизелей путем совершенствования процесса смазки, очистки и технологии ремонта основных элементов : дисс. ... д-р техн. наук : 05.20.03 / А.Т. Кулаков. – Саратов, 2007. – 558с.

3. Кулаков А.Т., Денисов А.С. Обеспечение надежности автотракторных двигателей: монография / А.Т. Кулаков, А.С. Денисов. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2007. - 422 с.

4. Восстановление деталей автомобилей КамАЗ: учебное пособие / Азаматов Р.А., Дажин В.Г., Кулаков А.Т., Модин А.И. Набережные Челны: КАМАЗ, 2004 – 215 с.

5. Восстановление деталей силового агрегата КАМАЗ 740.11-240 (Euro-1): учебное пособие / Азаматов Р.А., Денисов А.С., Кулаков А.Т., Курдин П.Г. Под ред. д.т.н., проф. А.С. Денисова. – Набережные Челны: КамАЗ, 2007. – 306 с.

6. Восстановление шлицов в отверстиях [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.szkv.ru/vosstanovlenie-shlitsev-v-otverstiyah.html> - 04.07.2017



7. Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин. Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.

8. Пат. 2622551 Российская Федерация, МПК В 23 Р 6/00, В 23 Н 9/12. Способ восстановления изношенной поверхности шлицов каретки синхронизатора / Кулаков А.Т., Денисов А.С., Калимуллин Р.Ф., Коваленко С.Ю., Грибков К.В.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» – № 2015123004; заявл. 15.06.2015; опубл. 16.06.2017, Бюл. №17 – 3 с.

## **РАЗРАБОТКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕР-СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА**

Лазарева Надежда Николаевна, Слепцова Сардана Афанасьевна,  
Капитонова Юлия Валерьевна, Охлопкова Айталиа Алексеевна

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К.  
Аммосова», 677000, г. Якутск, ул. Кулаковского, 46

**Аннотация.** Рассмотрено применение слоистых силикатов в качестве наполнителей полимерной матрицы для повышения эксплуатационных свойств полимерных композиционных материалов. Приведены результаты физико-механических и триботехнических испытаний, а также исследование поверхности трения композитов на ИК-спектрометре.

**Abstract.** The application of layered silicates as fillers in a polymer matrix to enhance the performance properties of polymer composites. The results of physical-mechanical and tribological tests, as well as the investigation of the friction surface of composites on an IR spectrometer are presented.

**Ключевые слова:** полимерный композиционный материал (ПКМ), политетрафторэтилен (ПТФЭ), глина, износостойкость, СВЧ излучение.

Одним из главных проблем в машиностроении является низкая износостойкость полимерных уплотнителей. Из-за поломки уплотнителей, особенно в зимнее время техника вынуждена простаивать. Для решения данной проблемы необходимо разработать полимерный композиционный материал, обладающий высокой износостойкостью, прочностью к механическим деформациям, а также способным выдерживать рабочую температуру в узлах техники.

В данной работе в качестве полимерной матрицы выступает политетрафторэтилен марки ПН 90 (ООО «ГалоПолимер Кирово-Чепецк»). Политетрафторэтилен обладает высокой механической прочностью, химической стойкостью, низким коэффициентом трения и широким диапазоном рабочей температуры. Основным критерием выбора наполнителя является термическая и химическая стабильность при температуре обработки ПТФЭ (375 °С). К таким наполнителям можно отнести слоистые силикаты. Таким образом, в роли наполнителя выступает глина Намцырского

месторождения Республики Саха (Якутия), состоящая из минералов каолинита, монтмориллонита, кварца и смеси полевых шпатов. Кроме слоистого силиката используется функциональная добавка – шпинель магния, синтезированная плазмохимическим методом в Институте химии твёрдого тела и механохимии СО РАН. Особенностью шпинели магния являются высокая дисперсность (размер частиц порядка 70-80 нм), развитая удельная поверхность ( $170 \text{ м}^2/\text{г}$ ), плотность  $3580 \text{ кг}/\text{м}^3$  и высокая температура плавления ( $2135 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Кроме добавления функциональной добавки использовали дополнительный метод модификации – обработка композитов в поле СВЧ излучения. Известно, что применение электрофизических методов модификации основанных на колебаниях звукового и ультразвукового диапазона частот, токов высокой частоты и т.д. являются эффективной альтернативной технологией для изменения свойств полимеров.

Испытания композитов для исследования триботехнических характеристик проводили на универсальном высокотемпературном трибометре UMT-3 (SETR, США) по схеме «палец-диск» при нагрузке 2 МПа, скоростью вращения 0,2 м/с в течение 3 часов. Структурные исследования поверхности трения композитов проводили на инфракрасном спектрометре с Фурье-преобразованием 7000 FT-IR (Varian, США). ИК спектры получали с помощью приставки нарушенного полного внутреннего отражения в диапазоне  $550\text{-}4000 \text{ см}^{-1}$ .

В таблице приведены результаты триботехнических испытаний полимерных композитов на основе ПТФЭ и глины в зависимости от модификации – скорость массового изнашивания и коэффициент трения.

**Таблица 1. Результаты триботехнических испытаний полимер-силикатных композитов**

Композит		I, мг/ч	f
ПТФЭ		161,87	0,23
ПТФЭ+1 мас. % глины		<b>4,38</b>	<b>0,27</b>
ПТФЭ+1 мас. % глины с СВЧ		2,40	0,21
ПТФЭ+1мас. % глины	0,1мас. %НШ	2,72	0,29
	0,2мас. %НШ	1,80	0,30
	0,5мас. %НШ	1,36	0,29
ПТФЭ+2 мас. % глины		<b>2,42</b>	<b>0,31</b>
ПТФЭ+2 мас. % глины с СВЧ		1,60	0,20
ПТФЭ+2 мас. % глины	0,1мас. %НШ	0,82	0,31
	0,2мас. %НШ	0,69	0,31

	0,5мас. %НШ	0,84	0,31
<b>ПТФЭ+3 мас. % глины</b>		<b>4,32</b>	<b>0,28</b>
ПТФЭ+3 мас. % глины с СВЧ		0,90	0,20
<b>ПТФЭ+3 мас. % глины</b>	0,1мас. %НШ	0,88	0,32
	0,2мас. %НШ	0,72	0,32
	0,5мас. %НШ	0,51	0,32
<b>ПТФЭ+5 мас. % глины</b>		<b>0,61</b>	<b>0,25</b>
ПТФЭ+5 мас. % глины с СВЧ		0,70	0,21
<b>ПТФЭ+5 мас. % глины</b>	0,1мас. %НШ	0,82	0,36
	0,2мас. %НШ	0,70	0,34
	0,5мас. %НШ	0,65	0,34
<b>ПТФЭ+7 мас. % глины</b>		<b>0,42</b>	<b>0,31</b>
ПТФЭ+7 мас. % глины с СВЧ		0,16	0,21

Анализ результатов исследований показывает повышение триботехнических характеристик ПКМ с увеличением содержания глины. Из таблицы 1 видно, что композиты, обработанные в поле СВЧ излучения, характеризуются более высокими показателями износостойкости, чем ПКМ без обработки в поле СВЧ излучения. Сравнительный анализ показывает, что у композита, содержащего 7мас. % наполнителя, обработанного в поле СВЧ излучения износостойкость увеличилась в 1011 раз по сравнению с исходным ПТФЭ. Но при сравнении методов обработки видно, что композиты, наполненные 0,5 мас. % шпинели магния обладают более высокой износостойкостью, чем остальные композиты. Коэффициент трения композитов обработанных в поле СВЧ снижается по сравнению с исходным ПТФЭ.

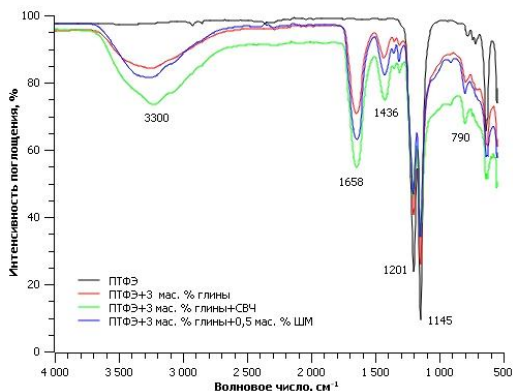


Рис. 1. ИК спектры композитов после трения, содержащих 3 мас. % глины в зависимости от метода модификации

ИК спектры поглощения полимерных композитов после триботехнических испытаний претерпевают значительные изменения по сравнению с исходным политетрафторэтиленом. Из спектров поглощения после трения видно, что при наполнении полимера глиной появляются полосы поглощения в следующих областях:

- в области  $3300\text{--}2500\text{ см}^{-1}$  выявлена широкая полоса, отвечающая за связанную группу –ОН;
- область  $1400\text{--}1300\text{ см}^{-1}$  отвечает за карбоксилат-анионы [1];
- пики сильной интенсивности в области  $1700\text{--}1400\text{ см}^{-1}$  отвечают за ассиметричные колебания ионизированных карбоксилатных групп  $\text{COO}^-$  [2].
- пики средней интенсивности в области  $975\text{--}780\text{ см}^{-1}$  в сочетании с полосой средней интенсивности в области  $2700\text{ см}^{-1}$  являются надежным указанием на альдегидную группу  $\text{C=O}$  [1].

Полученные данные доказывают, что при трении композитов на поверхности контакта протекают трибоокислительные реакции.

Разработанные композиты могут применяться в качестве уплотнительных частей в узлах трения техники.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Госзадания № 11.1557.2017/4.6.

### Литература

1. Б.Н. Тарасевич ИК спектры основных классов органических соединений, Изд-во МГУ, Москва, 2012. 55 с.
2. Казицына Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР спектроскопии в органической химии. Учеб.пособие для вузов. М., «Высшая школа», 1971. 264 с.

## ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ УСКОРЕННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

Е.Л.Матухин<sup>1</sup>, Э.Р.Галимов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФКП «Казанский государственный казенный пороховой завод»  
420032, Республика Татарстан, Россия, г. Казань, ул. 1 Мая, д.14.

E-mail:kazanpowder@KGTS.ru

<sup>2</sup>«Казанский национальный исследовательский технический университет»

Одним из эффективных методов управляемого снижения вязкости целлюлозосодержащих материалов для получения широкого класса химических продуктов является использование деструкции полимерной основы под действием ускоренных электронов.

Ключевые слова: целлюлоза, ускоренные электроны, вязкость, обработка полимерной основы.

One of the efficient methods of the operated reduction to viscosity material of cellulose for reception of the broad class of the chemical products is an use the processing the polymeric base under the action of speed electron.

The Keywords: cellulose, speed electrons, viscosity, processing the polymeric base.

Целлюлоза является ценнейшим возобновляемым природным полимером, ежегодный мировой производственный прирост которой составляет до  $10^4$ - $10^5$  т.

В процессе биосинтеза целлюлозы, используемой в качестве сырья при получении целлюлозосодержащих продуктов и различных производных целлюлозы [1], происходит образование высокомолекулярного соединения, средняя степень полимеризации которого с увеличением возраста волокна достигает несколько десятков тысяч.

На стадиях выделения и получения технической целлюлозы, предназначенной для химической переработки под воздействием разнообразных факторов (химические реагенты, температура, давление и др.) наблюдается процесс деструкции полимера с соответствующим снижением его молекулярной массы. Однако, в большинстве случаев для формирования заданных реологических параметров целлюлозы и композиций на ее основе, в том числе полимерных масс и составов, проводят специальную обработку, обеспечивающую получение низковязкого продукта.

По ряду технологических причин данную обработку, осуществляют как на стадии изготовления целлюлозы, так и на стадиях получения ее производных. В большинстве случаев данная обработка связана со значительными энерго- и ресурсозатратами.

В тоже время известно, что под воздействием потока ускоренных электронов многие полимеры подвержены деструкции, сопровождающейся снижением молекулярной массы, что может быть использовано в качестве одного из современных ресурсосберегающих технологических способов.

Основные направления работ по применению энергии ускоренных электронов в технологии изготовления целлюлозы и ее производных связаны с модифицированием древесины, термомеханической и ферментативной переработкой целлюлозосодержащих материалов, получением дрожжевых и кормовых продуктов, интенсификацией целлюлозно-бумажного производства, улучшением свойств бумаги, производством вискозы, нитратов целлюлозы, утилизацией целлюлозосодержащих отходов, очисткой газовых выбросов и т.д.

Рекомендуется для промышленных целей производить облучение листов целлюлозы на ускорителях электронов с энергией 0,5 МэВ, требующих незначительных капитальных вложений по сравнению с гаммой-установкой и ускорителем электронов с энергией 2 МэВ. Ускорители рекомендуемого типа с энергией около 0,5 МэВ могут быть выполнены с местной биологической защитой и установлены в производственных помещениях общего использования без наличия специальных конструкционных защитных элементов в помещениях размещения технологического оборудования.

С использованием ускорителя электронов удается получать целлюлозу с равномерной степенью полимеризации (450-460) при высокой коэффициенте использования энергии излучения (95 %) и производительности до нескольких сотен тонн в сутки при мощности ускорителя электронов до 100 кВт.

Установлен характер изменения степени полимеризации целлюлозы в виде листов бумаги при облучении на ускорителях с различными уровнями энергии электронов. Интервал изменения степени полимеризации целлюлозы для листов бумаги 450-460, что свидетельствует о достаточно высокой молекулярно-массовой однородности получаемых продуктов.

Для получения узкого спектра излучения, обеспечивающего однородность целлюлозы по молекулярно-массовому распределению (ММР), могут быть использованы электронные фильтры (*Al*, *Fe*, *Pb*). При этом регистрируемые гели-хроматограммы образцов характеризуются приближением ММР целлюлозы к статистически нормальному виду, что подтверждает гипотезу о статически случайном процессе деструкции целлюлозы при взаимодействии с потоком ускоренных электронов.

Заданная степень полимеризации целлюлозы после электронной обработки может быть достигнута путем регулирования дозы облучения за счет изменения электрофизических параметров работы ускорителя и скорости движения целлюлозного полотна.

Исследовалось влияние дозы облучения линта на качественные показатели деструктированной целлюлозы [2] для сокращения длительного и многостадийного процесса варки целлюлозного сырья. Технические показатели целлюлозы, полученной из линта, облученного дозой 10 кГр, и подвергнутой сокращенной щелочной варке при 145 °С в течение 2 ч, соответствовали требованиям ГОСТ 595-79.

Исключительная воспроизводимость получаемого продукта по вязкостным показателям при многократном изготовлении достигается в широкой области поглощенных доз излучения, что позволяет устранить

традиционно используемую в классических технологиях так называемую операцию как «мешка» частных партий с различными значениями вязкости, используемую обычно для получения продукта с необходимыми требованиями по вязкости целлюлозы и продуктов на ее основе, но с широким молекулярно-массовым распределением и повышенной молекулярно-массовой неоднородностью, что не всегда является полезным. Радиационная деструкция целлюлозы улучшает процесс управления вязкостью продукта, увеличивает производительность технологического процесса и снижает энергоемкость производства, водопотребления и нагрузку на водоочистные сооружения предприятия. При облучении целлюлозы с увеличением поглощенной дозы излучения снижение молекулярной массы продукта сопровождается улучшением и некоторым изменением его физико-химических характеристик и молекулярно-массового распределения.

Таким образом, одним из эффективных методов управляемого снижения вязкости целлюлозосодержащих материалов для получения широкого класса химических продуктов является использование радиационно-химической деструкции полимерной основы под действием ускоренных электронов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Г.Н. Марченко, О.К. Нугманов, Р.И. Шакиров, Р.Я. Дербердеев. Структурно-химические свойства целлюлозы и ее аналогов. Новые источники сырья, методы их переработки. Казань, «Печать-Сервис XXI век», 2017, 293 с.

2. Магухин Е.Л., Гарифзянов Г.Г., Нусинович Д.С., Храпковский Г.М. Радиационно-химическая деструкция линта. // Тез. докл. Всес. конф. «Химия, технология и применение целлюлозы и ее производных». 29-31 октября 1985г., Владимир – Черкасы, НИИТЭХИМ, 1985. – С.32.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ЗАДЕРЖКИ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ В ПУЛЬСАЦИОННОМ АППАРАТЕ

Моряшов Александр Андреевич<sup>1</sup>,  
Гилязов Марсель Маратович<sup>2</sup>, Галеев Виталий Климович<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,  
420066, Казань, Красносельская, 51

<sup>2</sup>АО"ПО ЕЛАЗ" 423600, РТ, г.Елабуга, пр-кт Нефтянников, 1

**Аннотация.** В работе исследовалось влияние несимметричных пульсационных режимов на предельную производительность и задержку дисперсной фазы в пульсационном аппарате. Приводятся результаты экспериментальных исследований. Установлено, что несимметричные пульсационные режимы приводят к росту задержки дисперсной фазы и предельной производительности аппарата.

**Abstract.** In this paper we investigated the influence of asymmetric pulsation

modes on marginal productivity and the delay of the dispersed phase in the pulsating apparatus. The results of experimental studies. It is established that asymmetric pulsation modes lead to the delay of the dispersed phase and ultimate performance of the device.

**Ключевые слова:** пульсация, несимметрия, импульс, экстракция, предельная производительность, задержка дисперсной фазы.

Задачей экспериментального исследования ставилось выявление характера воздействия параметров несимметричной пульсации на основные гидродинамические и массообменные характеристики процесса жидкостной экстракции. Функциональное разделение периода пульсационного импульса, используемого для интенсификации жидкофазных массообменных процессов, на диспергирующий и сепарационный полупериоды позволяет эффективно воздействовать на характер связей и взаимодействие определяющих процесс явлений.

Несимметричность оценивалась отношением полупериодов пульсационного импульса  $T_{сп}/T_{дп}$ , где  $T_{сп}$  - сепарационный полупериод,  $T_{дп}$  - диспергирующий полупериод направленный против движения дисперсной фазы. Значение  $T_{дп}$  составляло 1,35 с при исследовании задержки и 0,7 с при исследовании предельной производительности.

На лабораторной модели пульсационного экстрактора исследовалось влияние отношения полупериодов пульсационного импульса  $T_{сп}/T_{дп}$  на задержку дисперсной фазы ( $\Omega$ ), суммарную предельную нагрузку ( $W_3$ ).

Экстрактор представляет собой стеклянную колонну внутренним диаметром 0,080 м с верхней и нижней отстойными зонами диаметром 0,170 м и высотой 0,400 м. Насадочная часть колонны имела высоту 1,720 м, в которой размещались 33 ситчатых тарелки из нержавеющей стали IX18N9T с расстоянием между ними 0,052 м. Тарелка перфорировалась отверстиями диаметром 0,002 м, расположенных по углам равностороннего треугольника с шагом 0,006 м. Суммарная доля живого сечения отверстий составляла 8%.

Пульсации создавались пневмогидравлической системой создания пульсации (ССП). Экспериментальные исследования гидродинамики проводились на системе керосин-вода (дисперсная фаза-керосин) при объемном соотношении фаз равным 0,5.

Задержка дисперсной фазы ( $\Omega$ ) в аппарате определялась методом одновременной отсечки входных и выходных потоков для режимов с диспергирующим импульсом направленным против движения дисперсной фазы при отношении  $T_{сп}/T_{дп}$  равным 1 и 7. Расход дисперсной и сплошной фаз не изменялся и составлял, соответственно,  $9,44 \cdot 10^{-6}$  и  $18,88 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ . Каждая экспериментальная точка получена усреднением результатов трех параллельных опытов. Результаты эксперимента представлены на рис. 1.



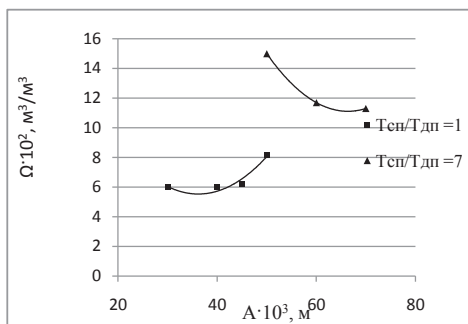


Рис. 1. Зависимость задержки дисперсной фазы  $\Omega$  от размаха колебаний  $A$ .

Функциональное разделение полупериодов пульсационного импульса на диспергирующий и сепарационный позволяет существенно изменить условия всплывания (осаждения) капель. При направлении диспергирующего импульса против движения капель дисперсной фазы удается повысить задержку примерно в 1,8 раза при более высоких диспергирующих скоростях по сравнению с симметричной пульсацией. Такое изменение характера зависимости задержки от интенсифицирующей скорости позволяет получать в аппарате большую удельную межфазную поверхность.

Значения предельной производительности аппарата определялись по появлению второй границы раздела фаз в нижней отстойной зоне и уносу дисперсной фазы более 5% от ее объемного расхода.

Исследовалось влияние  $T_{сп}/T_{дп}$  и размаха колебаний на предельную производительность экстрактора. Отношение полупериодов и размах пульсаций составляли:  $T_{сп}/T_{дп}=1$  и 3,  $A=15\div 90\cdot 10^{-3}$  м при  $T_{дп}=0,7$  с. Исследования проводились при направлении диспергирующего импульса против хода движения дисперсной фазы. Результаты эксперимента представлены на рис. 2.

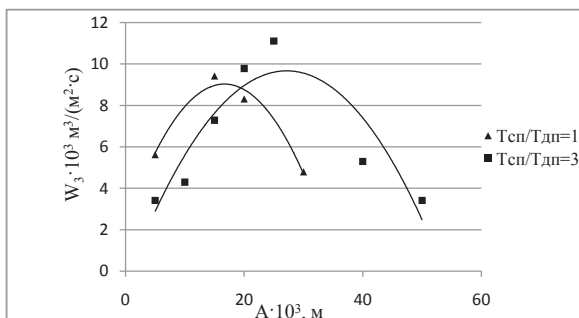


Рис. 2. Зависимость суммарной предельной нагрузки  $W_3$  от размаха пульсации  $A$ ,  $T_{дп} = 0,7$  с, диспергирующий импульс направлен против движения дисперсной фазы.

На рис. 2 видно, что зависимости  $W_3=f(A)$  при  $T_{сп}/T_{дп}=\text{const}$  имеют экстремальный характер. Увеличение отношения  $T_{сп}/T_{дп}$  в 3 раза приводит к росту  $W_3$ . Возрастание предельной производительности обусловлено режимом снижением скорости интенсифицирующего движения с ростом  $T_{сп}$ , то есть изменением условий всплытия капель дисперсной фазы.

Наложение на контактирующие жидкости несимметричной пульсации позволило изменить условия и механизм протекания явлений дробления и коалесценции капель.

При сохранении условий и механизма дробления капель в диспергирующем полупериоде, изменение условий седиментации фаз в сепарационном полупериоде повышает скорость стесненного всплытия капель дисперсной фазы и существенно увеличивает задержку дисперсной фазы, что позволит свести к минимуму влияние пульсации на перемешивание фаз и интенсифицировать процесс массопередачи.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛА ТЯГИ ПОДЪЕМНИКА

Муратаев Фарид Исхакович

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н.Туполева, 420111, г. Казань, К. Маркса, 10

**Аннотация.** На основе комплексных исследований изломов, структуры и свойств металла тяги талевого блока подъемного агрегата выявлены металлургические дефекты поковки, свидетельствующие о недостаточной прочности, твердости и ударной вязкости конструкционной стали и не соответствии технологии упрочнения металла требованиям условий эксплуатации детали агрегата.

**Abstract.** On the basis of comprehensive studies of cracks, structure and properties of metal thrust lifting unit lifting unit identified metallurgical defects in the forgings, showing an insufficient strength, hardness and toughness of the structural steel and the suitability of the technology for hardening of metal conditions of operation of the parts of the unit.

**Ключевые слова:** тяга, не соответствие технологии, структуры и свойств.

Целью работы является определение причин разрушения на основе установления характера разрушения, анализа фактического состояния микроструктуры и механических свойств металла тяги в связи с инцидентом, для выявления металлургической и эксплуатационной наследственности стали и принятия решений по детали талевого блока подъемного агрегата. Для этого проведены: макроскопический анализ изломов, металлургические, металлографические исследования металла и определены необходимые свойства. Установлено: характер разрушения зернистый, хрупкий по всей

поверхности излома тяги, от очага включая долом от растягивающей нагрузки с незначительным перекосом (рис.1). Возникает, как правило, при интенсивных динамических нагрузках (ударном воздействии) [1, с.33; 2, с.98], в сочетании с низкими эксплуатационными температурами [3, с.89].



Рис.1 Фрагмент излома тяги

Поэлементным анализом химического состава металла с помощью оптико-эмиссионного спектрометра и программных средств ARL-3460 установлено. Марка металла тяги по составу, соответствует требованиям ГОСТ 1050 к стали 40Х.

Измерениями установлены уровни значений твёрдости образцов: Шарпи – НВ 204...208, Менаже – НВ 196...202. Результаты приведены в табл.1. Они согласуются с данными паспорта (по состоянию после нормализации НВ201), но не соответствуют ГОСТ 8479 для класса прочности СП490 (НВ 212-248). Испытания образцов металла шарпи и менаже на ударный изгиб при нормальной температуре, выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ 9454-78. Результаты представлены в таблице 1. Ударная вязкость

Результаты определения ударной вязкости поковки стали 40Х

Таблица 1

№, п.п.	НВ	Температура, °С	В, мм	Н, мм	КС, кг м	KCV,U Дж/см <sup>2</sup>	Браковоч. признаки
1	204 - 208	20 (KCV)	10,0	8,3	0,90	10,64	нет
2		20 (KCV)	10,0	8,2	1,20	14,32	нет
3		20 (KCV)	10,0	8,2	1,00	11,96	нет
4	196 - 202	20 (KCU)	10,1	8,2	2,57	30,41	нет
5		20 (KCU)	10,1	8,2	2,00	23,70	нет
6		20 (KCU)	10,1	8,2	2,17	25,71	нет
Класс проч-ти КП490	212-248	По ГОСТ 8479 после закалки и отпуска, KCU > 59 Дж/см <sup>2</sup>					
В нормализованном состоянии - (201НВ)		Металл после закалки 860 °С и отпуска 500°С должен обеспечивать KCV ≥ 14 Дж/см <sup>2</sup> (по паспорту)					

образцов Шарпи (KCV) не согласуется с паспортными данными. Ударная вязкость металла образцов Менаже (KCU = 23,7...30,41 Дж/см<sup>2</sup>) не соответствуют требованиям ГОСТ 8479 (KCU = 59 Дж/см<sup>2</sup>). Это свидетельствует о хрупком состоянии металла поковки (в нормализованном состоянии). Рис.2 иллюстрирует хрупкое разрушение всех образцов металла на

ударный изгиб Шарпи и Менаже, что косвенно подтверждает факт динамического (ударного) воздействия на тягу в эксплуатации.

Результаты испытаний металла при статическом растяжении получены на основе построения диаграмм деформирования и приведены в табл. 2. При статическом растяжении образцов металла по требованиям ГОСТ 1497 браковочных признаков в изломах нет. Их вид иллюстрирует вязкое (волокнистое) разрушение образцов металла при монотонном растяжении, что говорит о высокой пластичности и также подтверждает факт динамического (ударного) воздействия на тягу, разрушенную хрупко в эксплуатации. Результаты испытаний образцов удовлетворяют требованиям ГОСТ 8479 к стали 40X по характеристикам прочности ( $\sigma_B$ ) и пластичности; не удовлетворяют, полученными результатами условного предела текучести требованиям НД ( $\sigma_{0,2}=358$  и  $378\text{МПа} < 490\text{МПа}$ ).

Анализ результатов исследований металла, и механических свойств, испытанных поставщиком поковок, приведен в таблицах 1 и 2. Они свидетельствуют: в Паспорте на поковку стали 40X данные по твердости и KCV представлены в состоянии нормализации, а механические свойства

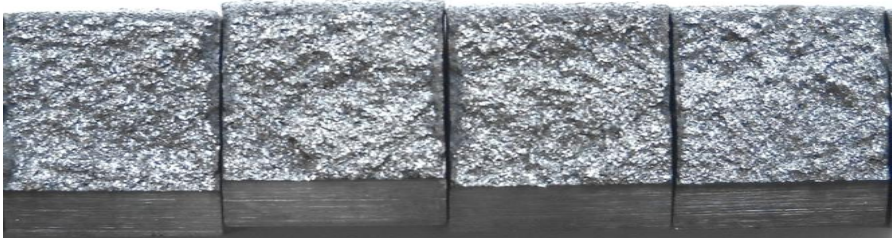


Рис.2 Изломы образцов Менаже, испытанных на ударный изгиб

Результаты определения механических свойств поковки стали 40X при растяжении

Таблица 2

№, п.п.	d <sub>0</sub> мм	F <sub>0</sub> мм <sup>2</sup>	d <sub>K</sub> мм	F <sub>K</sub> мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$	$\sigma_{0,2}$	$\delta$	$\psi$	Браковоч. признаки
					МПа		%		
1	6	28,26	3,87	15	709	358	30,7	46,9	нет
2	6	28,26	2,94	15,46	749	378	28,6	45,3	нет
ГОСТ 8479 (КП490) заковка и отпуск					655	490	13	40	нет
Значения свойств по паспорту поковки					968	815	15,2	62,9	прод. вол.

поковки стали 40X при растяжении - по варианту металла после заковки 860 °С и отпуска 500 °С. Поэтому данные Паспорта поставщика поковок (не согласованные по технологическому состоянию металла) не могут соответствовать требованиям ГОСТ 8479 к стали 40X в состоянии класса прочности КП490.

Результаты исследований показывают. Характеристики механических свойств при растяжении образцов металла ( $\sigma_B$ ,  $\delta$  и  $\psi$ ) удовлетворяют требованиям ГОСТ 8479 к стали 40X КП490 – (соответствуют состоянию

термического улучшения), кроме значения  $\sigma_{0,2}$ , удовлетворяющего КП345 (состоянию нормализации). По твердости металл поковки соответствует КП440 (состоянию нормализации). По характеристике ударная вязкость образцы поковки стали 40X не удовлетворяют требованиям ГОСТ 8479.

Металлографические исследования проведены на шлифах, вырезанных из тяги. Загрязненность металла окисилкатами точечными (ОТ) и недеформирующимися (СН) соответствует 2...3-му баллам шкалы ГОСТ 1778. Рис.3 иллюстрирует микроструктуру металла тяги. Она характеризуется явными браковочными признаками: высокой степенью разнотерности и очень крупным размером зерна, соответствует 2...4-му баллам шкалы зернистости ГОСТ 5639. Представляет собой крупнопластинчатый сорбит (рис.4), полученный в результате слабой деформационной проработки [4] и сильного перегрева поковки при нормализации. Это, как экспериментально показано выше, существенно снижает ударную вязкость (КСУ) и условный предел текучести стали 40X. Разрушение металла тяги произошло от ударной растягивающей нагрузки с небольшим перекосом. Основанием тому служат: характер излома тяги, хрупкие изломы образцов металла при ударном изгибе и вязкие изломы при растяжении (обеспечивая пластичность при монотонном воздействии).

- Ударная вязкость, твердость и условный предел текучести поковки стали 40X не удовлетворяют требованиям ГОСТ 8479.

- Микроструктура металла (не подвергнутого термическому улучшению как требуется) имеет явные браковочные признаки, обусловленные слабой проработкой при ковке и существенным перегревом при нормализации.

В результате металлургические дефекты поковки снизили способность металла тяги сопротивляться ударным нагрузкам при низких температурах.



Рис.3 Микроструктура металла тяги при (60<sup>x</sup>)

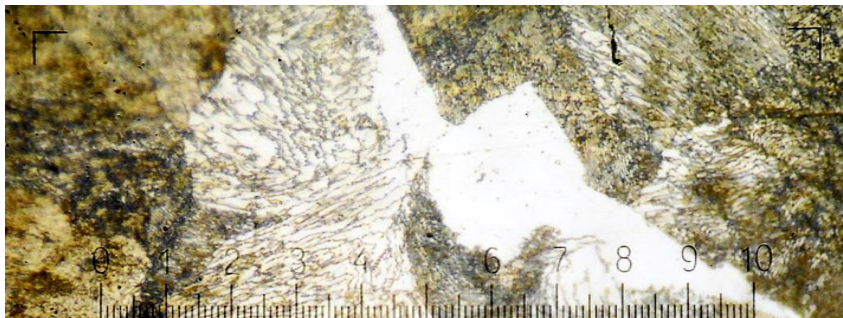


Рис.4 Микроструктура металла тяги (при 590<sup>x</sup>)

### Список литературы

1. Муратаев Ф.И., Муратаев А.Ф. Исследование повреждаемости металла дисков компрессора ГТУ // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева, 2016. № 4. С. 31-35.
2. Горицкий В.М. Диагностика металлов. - М.: Metallurgizdat, 2004. 408с
3. Муратаев Ф.И., Муратаев А.Ф. Определение причин разрушения планетарного редуктора экскаватора “HYUNDAI-R170”// Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева 2016. №3. С.87-90.
4. Ф.И. Муратаев Адаптация методики преподавания к требованиям ФГОС ВПО для повышения профессиональных компетенций студентов-материаловедов. // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2014. № 1. С.194-197.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ТОПЛИВНЫХ БАКОВ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

Мухаматдинова Айсылу Альфисовна (бакалавр),  
 Сотников Андрей Михайлович (магистр), Шафигуллин Ленар Нургалеевич  
 (доцент), Шафигуллина Гульназ Робертовна (магистр),  
 Мухаметзянова Гульнара Фагимовна (доцент)

ФГАОУ ВО «Набережночелнинский институт (филиал) Казанского  
 (Приволжского) Федерального Университета»  
 aisylu1412@mail.ru; sotnikovand@mail.ru

Аннотация. Исследовано применение полимерных топливных баков в автомобилестроении.

Annotation. The application of polymer fuel tanks in the automotive industry is investigated.

Ключевые слова: стальной, пластиковый, топливный бак, свойства.

Автомобильный топливный бак является важным конструктивным элементом топливной системы двигателя внутреннего сгорания. Основным



назначением бака является хранение автомобильного топлива - бензин, дизтопливо, газ.

Современные топливные баки могут изготавливаться из различных современных материалов: сплавы железа, алюминиевые сплавы, пластмассы.

Стальные варианты топливных баков изготавливают путем штамповки металлических листов с последующей сваркой верхней и нижней части. При производстве стальных топливных баков используют сталь с высокой степенью вязкости и сопротивлению разрыву[1]. При внешних воздействиях на топливный бак, благодаря «тягучести» стали происходит его деформация, при этом емкость остается герметичной. Основным недостатком конструкций стального топливного бака является сильная подверженность коррозионным влияниям. Вероятность попадания влаги вовнутрь топливного резервуара очень велика, так как она может проникнуть туда в виде конденсата или вместе с топливом, оседая в нижней части емкости.

При изготовлении алюминиевых топливных баков применяются штамповка и сварка. По сравнению со стальными топливными баками алюминиевые баки не подвержены коррозионным влияниям и имеют меньший вес. Недостатками алюминиевого бака по сравнению со стальными являются: возможные утечки топлива из-за разрушения сварного шва в процессе эксплуатации; низкая деформационная способность материала (стойкость к удару); возникновение концентраторов напряжений в материале при кратковременном деформационном воздействии, превышающем прочность материала; высокая стоимость.

В настоящее время ведущие мировые производители ведут работы по переходу на пластиковые топливные баки. Топливный бак из полиэтилена или полипропилена изготавливается методами ротационного формования или экструзией. По сравнению со стальными и алюминиевыми топливными баками пластиковые баки не подвержены коррозии, устойчивы к появлению царапин, сколов, обладают небольшой массой, исключают сварочные работы, имеют низкую себестоимость изготовления [2]. Существующие технологии производства пластикового топливного бака позволяют: получить изделия сложной геометрической формы; рационально использовать пространство для установки бака; получить максимальный объем бака.

Основной причиной выхода из строя топливного бака является износ поверхности, связанный с пескоструйной обработкой поверхности бака абразивными частицами, вылетающими из-под колес автомобиля. При попадании частиц происходит утонение стенок бака и кронштейнов крепления. В процессе движения автомобиля из-за перекручивания рамы и потери прочности элементов топливного бака, связанного с абразивным износом, на топливных баках образуются трещины, приводящие к потере герметичности [3]. Дополнительно износ топливного бака обусловлен качеством применяемого топлива. Дизельное топливо гигроскопично, имеет свойство поглощать влагу из воздуха, вследствие чего возникает коррозия стенок бака, приводящая к дорогостоящему ремонту элементов топливной системы (топливного насоса высокого давления, форсунок, топливных трубок и т.д.) [4].

В этой связи конструкторами производятся поисковые работы, связанные с изменением конструкций топливных баков и подбором эффективных материалов. Наиболее интересным решением является применение пластикового топливного бака.

К современным пластиковым топливным бакам грузовых автомобилей предъявляются следующие требования: температурный диапазон эксплуатации - от минус 60 до плюс 80°С; локальный и кратковременный нагрев до 110°С (температура в зонах повышенного солнечного освещения, вблизи системы выпуска, местах контакта со жгутами проводов); герметичность при избыточном давлении до 0,02 МПа. Конструкция топливного бака должна обеспечить: отстой топлива и возможность удаления из бака грязи и воды по мере их накопления; озоностойкость; устойчивость к воздействию атмосферных осадков, динамических, ударных и вибрационных нагрузок, возникающих при движении автомобиля; стойкость к кратковременному воздействию горячих моющих средств, дизельного топлива, смазок как снаружи, так и внутри полости; стойкость к естественному абразивному износу (пыль, грязь); высокие эстетические свойства - поверхность должна быть без трещин, морщин, раковин, вздутий, посторонних включений и не иметь мест выхода на поверхность непротитанного смолой армирующего материала; отсутствие внутренних дефектов (расслоения, пузыри, рыхлая структура); возможность транспортирования и хранения с применением транспортных пробок. К полимерным материалам предъявляются следующие требования: отсутствие токсичности и запаха; травмобезопасность; класс горючести Г1 (самозатухающий [5]).

Проведены поисковые работы по подбору полимерного материала для производства баков. Выявлено, что наиболее эффективным материалом является полиэтилен. С применением современных САД и САЕ систем разработана конструкция топливного бака из полиэтилена для грузового автомобиля. В качестве метода изготовления изделий выбрано ротозоформовочное литье, позволяющее: изготавливать полые и крупногабаритные изделия объемом до 36 м<sup>3</sup>, изделия сложной формы с возможностью изменения толщины стенки без изменения формы; заформовывать металлические детали; изготавливать сразу несколько разных изделий; получать изделия без внутренних напряжений и без ориентации полимера [6, 7].

Результаты сравнительных лабораторных испытаний пластиковых и стальных топливных баков грузовых автомобилей при различных видах воздействий, представлены в таблице.

**Таблица. Результаты сравнительных испытаний**

Описание испытания	Стальной топливный бак (сталь 08Ю)	Пластиковый топливный бак (полиэтилен средней плотности)
столкновение бака со стальной емкостью на вилочном погрузчике	полная деформация; утечка топлива; царапины на краске и	релаксация деформаций - легкая временная деформация; меньшая



(сила удара и расстояние одинаковы)	сильные видимые повреждения; бак должен быть срочно заменен, в связи с невозможностью дальнейшей эксплуатации	вероятность утечки топлива; бак можно продолжать использовать без ремонта
выстрел в пластиковый и стальной топливный бак из автомата с калибром патрона 7,62 с расстояния 10 м. Тест проводился на баках, наполненных водой на 70% от полного объема	значительные утечки на двух стенках бака; не подлежит ремонту и дальнейшему использованию; входное отверстие 7,98 мм, выходное отверстие 25 мм.	отверстие только на входной стенке бака - 3,64 мм; возможность временного ремонта; через несколько минут после выстрела отверстие начинает утягиваться, уменьшая утечку топлива; отсутствие утечки на задней стенке бака
Огнестойкость топливного бака (процесс горения бака, продолжительностью 120 секунд согласно нормам ЕСЕ34 [8])	не исследуется	на всей поверхности пластикового бака утечки обнаружено не было

Анализ данных таблицы выявил лучшие свойства пластмассовых топливных баков по сравнению со стальными баками. Также к положительным качествам полимерных топливных баков следует отнести:

- простота операции промывки. Для этого необходимо обеспечить поступление проточной воды через горловину или одно из технологических отверстий на верхней поверхности топливного бака и открытие сливного отверстия внизу;
- простота контроля уровня жидкости – в верхней части бака имеется отверстие для измерительного шупа;
- возможность эффективной утилизации, отработавших свой срок эксплуатации изделий. Материал баков можно применять повторно, размельчив на гранулы и получив вторичное сырье для переработки;
- простота транспортировки.

Разнообразие форм и конфигураций при сравнительной легкости монтажа позволило пластиковым топливным бакам прочно зарекомендовать себя на рынке грузовых автомобилей. Сфера применения пластиковых топливных баков постоянно расширяется: производители чутко реагируют на малейшие изменения спроса и предлагают новые решения, которые делают эксплуатацию изделий более легкой и доступной.

### Список литературы

1. Неисправности системы питания дизельного двигателя автомобиля Камаз [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://военная-энциклопедия.рф> – (Дата обращения 10.10.2017).
2. Топливный бак: устройство, виды, принцип функционирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://autodromo.ru/articles/toplivnyy-bak-ustroystvo-vidy-princip-funkcionirovaniya>– (Дата обращения 12.10.2017).
3. Конструкция современного топливного бака авто [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://auto.today/bok/4303-iz-chego-sostoit-sovremennyy-toplivnyy-bak.html> – (Дата обращения 11.10.2017).
4. Руководство по ремонту КамАЗ 5320 и модификаций, а также руководство по техническому обслуживанию и эксплуатации автомобилей КамАЗ 5320, 5410, 55102, 55111, 53212, 53211, 53213, 54112, 4310, 43114, 43118, 65111, 53228, 44108, 43115, 65115, 53229, 53215, 54115 с колесной формулой 6х4 и 6х6[Текст] –М.: изд.дом «Третий Рим». – 286 с.
5. ГОСТ 28157 – 89.Пластмассы. Методы определения стойкости к горению. — Введ. 01.07.90. — М.: Изд-во стандартов, 1989.— 10 с.
6. Ротационная формовка: новые идеи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://polymer.ru/letter.php?n\\_id=3046&cat\\_id=2](http://polymer.ru/letter.php?n_id=3046&cat_id=2)– (Дата обращения 25.10.2017).
7. Ротационное формование полимерных топливных баков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rototech.it/index.php?evt\[page-displayItem\]&id=11](http://www.rototech.it/index.php?evt[page-displayItem]&id=11)– (Дата обращения 13.10.2017).
8. European Standard ECE R34 Annex 5, Fire Risks – European Economic Community Regulation – Fire safety of plastic fuel tanks for automobiles (ECE R34 Annex 5, RREG 70/221/EWG, 2000/8/EG).

УДК 669.14.065.32:621.7.043:66.061.1

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ В РАСПЛАВЕ СИЛУМИНА АК12 (АЛ2)»

Мухаметзянова Гульнара Фагимовна, Колесников Михаил Семёнович,  
Мухаметзянов Ильнар Ринатович

Казанский (Приволжский) федеральный университет  
423812, г. Набережные Челны, пр. Суюмбике, 10А

**Аннотация:** Приведены результаты исследования растворимости штамповых сталей в силуминах АК12 (АЛ2) в зависимости от химического состава, способа переплава, термической и химико-термической обработки. Установлены перспективные марки сталей для изготовления прессформ литья под давлением алюминиевых сплавов. Показана целесообразность применения

для пресс – инструмента литых сплавов, азотирования и методов плазменно-дугового и электрошлакового переплавов на примере стали ДИ – 22.

**Ключевые слова:** штамповая сталь, силумин, растворимость, прессформа, азотирование.

**Abstract:** The results of the research of solubility die steels in silumin AK12 (AL2), depending on the chemical composition, method of refining, thermal and chemical-thermal treatment. Are established perspective marks of steels for the manufacturing molds pressure die casting aluminum alloys. The expediency of application for the press - tools of cast alloys, nitriding and methods of arc-plasmas and electroslag remelting the example of steel DI - 22.

**Keywords:** die steel, silumin, solubility, mold, nitriding.

Процессы литья под давлением, твердо-жидкой штамповки характеризуются высокими параметрами циклического температурно-силового нагружения пресс – инструмента и сопровождаются активным взаимодействием материалов пресс – инструмента с расплавами в жидком или твердо-жидком состояниях. Для пресс – инструмента литья под давлением алюминиевых сплавов (АЛПД) высокая физико-химическая активность алюминиевых расплавов с железоуглеродистыми сплавами приводит к растворению поверхностей элементов пресс – инструмента, снижая стойкость центральных вставок, раскателей, литниковых втулок, рабочих поверхностей камер прессования до 3000 - 5000 циклов. Максимальная температура при прессовании алюминиевых сплавов может достигать 700<sup>0</sup>С при технологической температуре заливаемого сплава 640 - 680<sup>0</sup>С. Материал пресс – форм АЛПД испытывает также существенное силовое воздействие, возникающее в результате давления прессуемого сплава до и более 500МПа [1].

Целью данной работы является выбор штамповых сталей, способов переплава и упрочнения для прессформ алюминиевого литья под давлением по показателю растворимости в силуминах.

Для выполнения исследований были выбраны штамповые стали: 3Х2В8Ф, 10Х4СМ4Н4ТЮ, 10Х6М5Н9Ю2, 5ХНМ, 4Х8В2, 35Х3В3МФ, 28Х5М2Ф, 25Х3В3Ф, 4Х2СВМФЮ, 4Х5М2ФС, 5Х2МФСД, Х12М, 3Х2В5Ф, 25Х10В7М2К10, 4Х3ВМФ, 4Х5В2ФС, 5Х4СВ4МФ, 20Х12Н20Ф2МТ3ЮБ, 4Х4ВМФС (ДИ – 22). Сталь 4Х4ВМФС (ДИ – 22) испытывалась в литом и ковном состоянии после электродуговой плавки (ДИ – 22ЭД), а также после электрошлакового (ДИ – 22ЭШП) и плазменно - дугового переплавов (ДИ – 22ПДП). Температура закалки ( $T_{\text{зак}}$ ) образцов назначалась из условий получения максимальной твердости при сохранении мелкого зерна аустенита (8 – 10 баллов по ГОСТ 5639 – 82). Температура отпуска ( $T_{\text{отп}}$ ) определялась экспериментально для обеспечения твердости 44 – 46HRC. В ходе испытаний варьировались температура расплава (600 – 700<sup>0</sup>С) и продолжительность взаимодействия штамповых сталей с расплавом (до 12 минут).

Исследования растворимости сталей в силуминах, АК12 (АЛ2) осуществлялось путем погружения образцов штамповых сталей в расплав и

обеспечения гидродинамического взаимодействия за счет циклического колебания образцов с частотой  $100\text{с}^{-1}$  и амплитудой 10мм. Для испытаний применялись конусные образцы размерами: длина,  $l = 30\text{мм}$ ; диаметр,  $d = 4\text{мм}$ ; конусность,  $\Delta 15^0$ , радиус закругления вершин конусов,  $r = 0.02\text{мм}$ . При испытаниях максимальная скорость перемещения образцов в силумине составляла порядка 2,0м/с, что соответствует условиям контактирования расплава силумина на поверхности прессформ АЛПД. В качестве критерия оценки растворимости принято изменение длины образца,  $\Delta l$ , мм.

Результаты проведенных экспериментов представлены на рис. 1 и 2. Анализ приведенных данных свидетельствует о существенно различной сопротивляемости растворению исследованных штамповых сталей в расплаве АК12 (АЛ2). Интервал скоростей растворения при температуре расплава  $640^0\text{С}$  колеблется от 1,0мм/мин (сталь 10Х4СМ4Н4ТЮ, рис. 1, а, кривая 2) до 0,09мм/мин (сталь 25Х10В7М2К10, рис. 1, б, кривая 14). Увеличение температуры расплава АК12 (АЛ2) вызывает увеличение растворимости всех исследованных сталей. Наибольшее сопротивление растворимости отмечается в сталях с повышенным содержанием хрома (рис. 2, б, кривые 10, 14) и вольфрама (рис. 2, б, кривая 14). Положительное влияние также оказывает молибден и кремний. Влияние никеля положительной роли не оказывает (рис. 2, а, кривые 2, 4).

Влияние азотирования штамповых сталей на показатель растворимости в расплаве АК12 (АЛ2) исследованы на примере сталей 3Х2В8Ф и 4Х3ВМФ. Азотирование осуществлялось по режиму  $T_{\text{азот}} = 540^0\text{С}$ , среда – диссоциированный аммиак (степень диссоциации 40%), продолжительность – 20час., глубина слоя – 0,18 - 0,22мм, твердость слоя – 880 - 900HV. Результаты исследований данной серии приведены на рис. 1, г и рис. 2, г. Как следует, из сопоставления вариантов 1 и 15 средняя скорость растворения азотированных сталей характеризуется рекордно низкими показателями  $\sim 0,04 - 0,06\text{мм/мин}$  и практически не зависит от химического состава исследованных сталей.

Влияние способов выплавки, плазменно-дугового и электрошлакового переплавов штамповых сталей на растворимость в расплаве АК12 (АЛ2) исследовалось для стали 4Х4ВМФС (ДИ – 22). Растворимость сталей после электрошлакового переплава (ЭШП) и после плазменно-дугового переплава (ПДП) в 2 – 3 раза ниже, чем после электродуговой плавки.

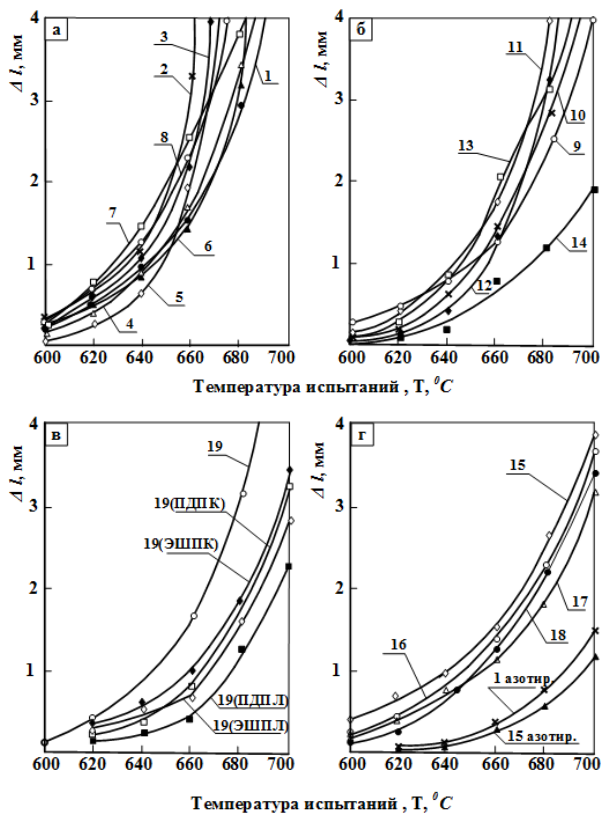


Рисунок 1 – Влияние химического состава, способа переплава и азотирования на растворимость ( $\Delta l$ , мм) сталей в расплаве АК12 (АЛ2) в зависимости от температуры расплава. Продолжительность взаимодействия,  $\tau = 3$  мин. 1 - 3Х2В8Ф, 2 - 10Х4СМ4Н4ТЮ, 3 - 10Х6М5Н9Ю2, 4 - 5ХНМ, 5 - 4Х8В2, 6 - 35Х3В3МФ, 7 - 28Х5М2Ф, 8 - 25Х3В3Ф, 9 - 4Х2СВМФЮ, 10 - 4Х5М2ФС, 11 - 5Х2МФСД, 12 - Х12М, 13 - 3Х2В5Ф, 14 - 25Х10В7М2К10, 15 - 4Х3ВМФ, 16 - 4Х5В2ФС, 17 - 5Х4СВ4МФ, 18 - 20Х12Н20Ф2МТЗЮБ, 19 - 4Х4ВМФС (ДИ – 22, ЭШПК – ковкая после электрошлакового переплава, ЭШПЛ – литая после электрошлакового переплава, ПДПК – ковкая после плазменно - дугового переплава, ПДПЛ – литая после плазменно - дугового переплава).

Установлено, что штамповые стали 4Х3ВМФ, 5Х4СВ4МФ, 4Х5В2ФС и 4Х4ВМФС (ДИ – 22) являются перспективными для изготовления прессформ алюминиевого литья под давлением по показателям повышенной стойкости

против растворения в расплаве силуминов, азотирование штамповых сталей повышает стойкость к растворению в расплаве силуминов, преимущество литых сталей в сравнении с деформированными.

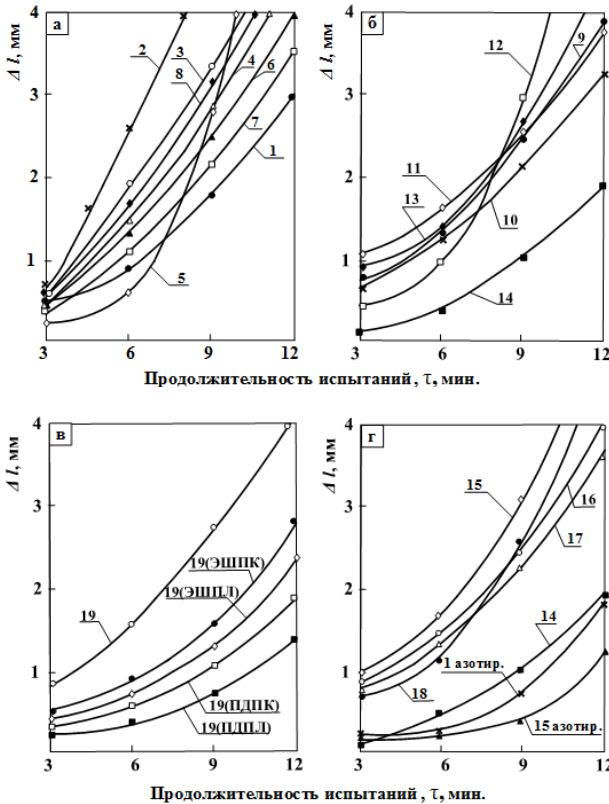


Рисунок 2 – Влияние химического состава, способа переплава и азотирования на растворимость ( $\Delta l$ , мм) сталей в расплаве АК12 (АЛ2) в зависимости от продолжительности взаимодействия,  $T_{\text{расплава}} = 640^{\circ}\text{C}$ : 1 - 3Х2В8Ф, 2 - 10Х4СМ4Н4ТЮ, 3 - 10Х6М5Н9Ю2, 4 - 5ХНМ, 5 - 4Х8В2, 6 - 35Х3В3МФ, 7 - 28Х5М2Ф, 8 - 25Х3В3Ф, 9 - 4Х2СВМФЮ, 10 - 4Х5М2ФС, 11 - 5Х2МФСД, 12 - Х12М, 13 - 3Х2В5Ф, 14 - 25Х10В7М2К10, 15 - 4Х3ВМФ, 16 - 4Х5В2ФС, 17 - 5Х4СВ4МФ, 18 - 20Х12Н20Ф2МТЗЮБ, 19 - 4Х4ВМФС (ДИ – 22, ЭШПК – кованая после электрошлакового переплава, ЭШПЛ – литая после электрошлакового переплава, ПДПК – кованая после плазменно - дугового переплава, ПДПЛ – литая после плазменно - дугового переплава).

### Литература.

1. Горюнов И. И. Пресс-формы для литья под давлением. Справочное пособие. Л., «Машиностроение», 1973. 256 с.

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ ИЗ БЫСТРОПОЛИМЕРИЗУЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ

Мухаметзянова Гульнара Фагимовна, Карих Феликс Гансович,  
Шафигуллин Ленар Нургалеевич

Казанский (Приволжский) федеральный университет  
423812, г. Набережные Челны, пр. Суюмбике, 10А

**Аннотация.** Приведены способ и устройство для непрерывного приготовления многокомпонентной смеси быстрополимеризующихся жидкостей с учётом температурной зависимости вязкостей соответствующих компонентов.

**Ключевые слова:** смола, отвердитель, полимеризация, дозатор.

**Abstract.** The method and apparatus for the continuous preparation of a multicomponent mixture of rapidly-polymerizing liquids, taking into account the temperature dependence of the viscosities of the respective components are given.

**Keywords:** resin, hardener, polymerization, dispenser.

Для приготовления многокомпонентной смеси из быстрополимеризующихся жидкостей, отвечающей предъявляемым требованиям, необходимо выбрать наиболее подходящий вариант технологии. В основном, выбор способа приготовления смеси определяется возможностью обеспечения постоянства подачи отдельных компонентов в соответствии с заданной рецептурой. Наряду с периодическими, все большее применение находят и непрерывные способы получения смеси [1].

Целью данной работы является повышение производительности безкомпрессорного способа непрерывного приготовления многокомпонентной смеси из быстрополимеризующихся жидкостей с учётом температурной зависимости вязкостей соответствующих компонентов.

Для осуществления предлагаемого способа разработано устройство, включающее дозирующие камеры, обеспечивающие требуемое количество подаваемых компонентов смеси, смеситель. Дозирующие камеры, содержащие штуцеры ввода компонентов, смонтированы на монтажном плато и соосно соединены между собой резьбовыми втулками, каждая из которых снабжена жестко связанной с ней рукояткой, позволяющей вращением втулки регулировать величину дозирующего зазора, при этом последняя из дозирующих камер жестко связана со смесителем и штуцером, связывающим его со струйно-центробежным устройством, а внутри монтажного плато под всеми дозирующими камерами смонтирован конический переключатель для смены режимов работы устройства.

Для пояснения способа приготовления смеси быстрополимеризующихся жидкостей и реализующего его устройства на приведенной рис. 1 показан

вариант дозатора объединения четырёх потоков с их перемешиванием в смесителе [2], где на плато 1 смонтированы четыре дозирующие камеры с кольцевыми коническими щелями, соосно соединенных между собой резьбовыми втулками, выполненными в соответствии с [3]: камера 2 со штуцером 3 осевого ввода смолы, штуцером 4 ввода пластификатора, камеры 5 со штуцером 6 ввода красителя, камеры 7 со штуцером 8 ввода отвердителя и камера 9 со штуцером 10 ввода наружного потока смолы, отводимого из камеры 2 через патрубков 11. Камера 9, жёстко связанная со смесителем 12 и штуцером 13, связывающим его со струйно-центробежным устройством [4], отличается от других камер повышенной протяжённостью кольцевого зазора, позволяя изменять величины дозирующих зазоров без смещения камер. Все камеры соосно соединены между собой резьбовыми втулками (на рис. не видны), каждая из которых снабжена жёстко связанной с ней рукояткой 14, позволяющей вращением втулки регулировать величину дозирующего зазора в соответствующей камере с обеспечением герметизации посредством блоков 15. Для смены режимов работы дозатора в монтажном плато под всеми дозирующими камерами смонтирован конический переключатель 16, содержащий систему каналов, обеспечивающих работу дозатора во всех его режимах, в том числе в режиме продувки воздухом, поступающим в переключатель 16 через каналы 17.

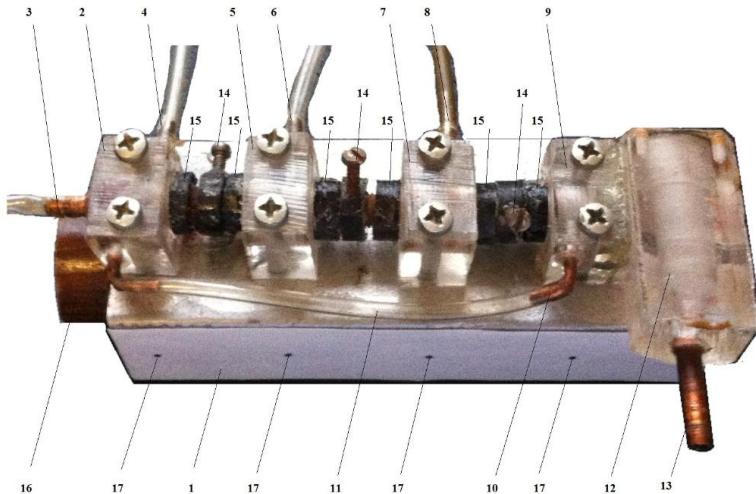


Рисунок 1 – Устройство для приготовления многокомпонентной смеси потоков быстрополимеризующихся жидкостей под воздействием атмосферы.

Устройство работает следующим образом. При запуске устройства каждая из компонентов смеси подается в соответствующую дозирующую камеру: в камеру 2 через штуцер 3 вводится смола, через штуцер 4 – пластификатор; в камеру 5 через штуцер 6 осуществляется ввод красителя; в



камеру 7 посредством штуцера 8 вводится отвердитель, в камеру 9 через штуцер 10 поступает наружный поток смолы, отводимый из камеры 2 через патрубок 11 для обволакивания смолой всех компонентов смеси, обеспечивая эффективность перемешивания всех компонентов в смесителе 12.

Дозировку требуемого соотношения расходующихся компонентов осуществляют с учётом массы смолы, расходующейся за определённое время, и жидкотекучести компонентов при данной температуре, устанавливая величины дозирующих щелей каждой камеры по заранее подготовленным таблицам зависимости расхода масс компонентов от положения соответствующего регулятора, рукоятка 14, которого устанавливается вертикально при температуре 20<sup>0</sup>С окружающей среды с возможностью корректировки дозирующих зазоров с учетом изменения температуры путем изменения угла наклона соответствующей рукоятки 14 в соответствии со шкалой температур нанесенной на торец соответствующей камеры. Получаемая смесь через штуцер 13 поступает в струйно-центробежное устройство. Масса приготавливаемой смеси в единицу времени определяется параметрами работы струйно-центробежной форсунки: скоростью вращениями и сечением сопла форсунки. Отсутствие зависимости расхода компонентов от изменения температуры окружающей среды обеспечивается путем использования шкалы, связывающей угол наклона рукоятки 14 со значением температуры, нанесенной на торец соответствующей камеры. Положение рукоятки 14 при температуре 20<sup>0</sup>С – вертикальное, при повышении температуры, в результате уменьшения вязкости соответствующей компоненты – рукоятка 14 смещается в сторону сокращения величины дозирующего зазора, т.е. по часовой стрелке, а при снижении температуры – в сторону увеличения дозирующего зазора, т.е. против часовой стрелки. При этом учитывая шаг резьбы втулки поворот рукоятки 14 ограничен поворотом на 120<sup>0</sup> в обе стороны, обеспечивая учет температуры от 0 до 40<sup>0</sup>С.

Смену режимов работы устройства осуществляют путем поворота рукоятки переключателя 16 на ¼ оборота в соответствии с четырьмя его режимами: рабочим (Раб.), промывочным (Пром.), режим продувки воздухом (Прод.) и завершающим (Откл.), при котором перекрываются все каналы ввода компонентов смеси, а для фиксирования переключателя 16 в определенном режиме, риску на его цилиндрической поверхности совмещают с риской соответствующего режима (Раб., Пром., Прод., Откл.), нанесенного на торцевую часть монтажного плато 1, при этом длительность промывки определяется временем заполнения смесителя смолой, вытесняющей смесь компонентов (т.е. по цвету жидкости), после чего установка отключается поворотом переключателя 16 на ¼ оборота.

При очередном запуске устройства в первые мгновения осуществляется стабилизация вращения струйно-центробежного устройства при одновременном его заполнении смесью, подаваемой в смеситель под воздействием стационарного давления на эластичные сосуды всех компонентов смеси.

В результате применения устройства достигается повышение производительности способа непрерывного приготовления многокомпонентной

смеси с учётом температурной зависимости вязкости соответствующей компоненты за счет сокращения времени корректировки соотношений компонентов при изменении температуры окружающей среды. Разработанная технология может быть использована в цехах производства изделий из полимерных материалов, для нанесения покрытий на поверхности изделий.

### Литература.

1. Думский Ю.В., Но Б.И., Бутов Г.М. Химия и технология нефтеполимерных смол. – М.: Химия, 1999. – 312 с.
2. Карих Ф. Г., Карих А.Ф. Статический смеситель для полимеризующихся жидкостей. // Патент РФ № 2135354. Заявка: 97117788/25, 21.10.1997. Опубликовано: 27.08.1999. Бюл. №24.
3. Мухаметзянова Г.Ф., Карих Ф.Г., Мухаметзянов И.Р. Регулятор соотношений расходов потоков двух сред // Патент РФ № 2620631. Заявка: 2016118842; 16.05.2016. Опубликовано: 29.05.2017. Бюл. № 16.
4. Карих Ф. Г., Карих А.Ф. Способ получения потока капель. // Патент РФ № 1834714. Заявка: 4888996, 10.12.1990. Опубликовано: 15.08.1993. Бюл. №30.

## СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД

Новиков В.Ф., Снигирева Ю.В.

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,  
420066, Казань, Красносельская, 51

## SORPTION ABILITY OF ZEOLITE ROCKS

Novikov V.F., Snigireva Y.V.

FGBOU VO «Kazan state power engineering university»,  
420066, Kazan, Krasnoselskaya, 51  
e-mail: ee-kgeu@mail.ru

**Аннотация.** В работе, обсуждается сорбционная способность цеолитсодержащих пород Татарско-Шатрашановского месторождения. Приводится усреднённый химический состав цеолитсодержащих пород Татарско-Шатрашановского месторождения и обсуждаются проблемы их использования в различных технологических процессах.

**Annotation.** In work, the sorption ability of zeolite rocks of the Tatarsk-Shatrashanovskoye deposit is discussed. The averaged chemical composition of zeolite rocks of the Tatarsk-Shatrashanovskoye deposit is given and problems of their use in various technological processes are discussed

**Ключевые слова:** сорбент, цеолиты, свойства, адсорбент.

**Keywords:** sorbent, zeolites, properties, adsorbent.

В настоящее время в ресурсосберегающих технологиях применяются сорбционные процессы, которые используются в том числе для очистки сточных вод от приоритетных загрязнителей. В качестве адсорбентов с этой целью применяются различные пористые материалы, в частности активированные угли, силикагели, оксиды алюминия и др. Наиболее часто используются синтетические цеолиты, которые обладают избирательной сорбцией определенных молекул, размер которых меньше входных окон цеолитов. Недостаток синтетических цеолитов заключается в их высокой стоимости и невысокой механической прочности, что ограничивает область их применения.

В последнее время повысился интерес к природным цеолитам, которые имеют более низкую стоимость и в то же время обладают достаточно высокой сорбционной емкостью по отношению к различным веществам. [1-2]. Однако недостаточная изученность природных цеолитов не позволяет использовать их в различных технологических процессах. Поэтому изучение сорбционных свойств природных цеолитов является достаточно актуальной проблемой, решение которой позволит получить природные сорбенты с хорошими селективными характеристиками по отношению к различным по природе органическим и неорганическим веществам.

Настоящая работа посвящена изучению сорбционной способности цеолитсодержащих пород Татарско-Шатрашановского месторождения методом восходящей колоночной хроматографии.

#### Экспериментальная часть

Экспериментальная часть работы проводилась на установке с использованием хроматографических колонок, представленной на рис. 1.

Хроматографические колонки заполняли исходным сорбционным материалом. Растворитель подавался из ёмкости. За счёт капиллярных сил растворитель поднимался по длине сорбционного слоя цеолитсодержащей породы. Время удерживания растворителя замеряли через каждые 10 мм.

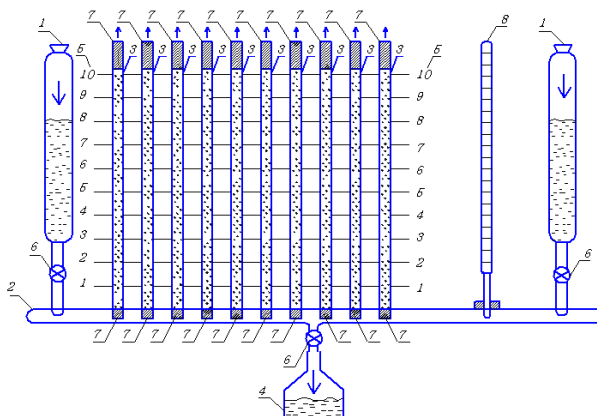


Рис.1. Установка для исследования сорбционных свойств адсорбентов методом колоночной жидкостной хроматографии (восходящий вариант).

1. Емкость для подачи растворителя.
2. Емкость для подачи растворителя в хроматографическую колонку.
3. Хроматографическая колонка с адсорбентом.
4. Емкость для слива растворителя.
5. Шкала для контроля растворителя по длине сорбционного слоя.
6. Регулировочный вентиль.
7. Сетка для фиксации сорбентов в хроматографической колонки.
8. Термометр ртутный.

Таблица 1. Усредненный химический состав цеолитсодержащих пород Татарско-Шатрашановского месторождения [1].

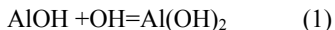
№ п/п	Состав цеолитсодержащей породы	Концентрация, % масс		
		Мергели	Пески	Глины
1	SiO <sub>2</sub>	26,7	38,18	66,32
2	TiO <sub>2</sub>	0,30	0,26	0,49
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,40	4,98	11,90
4	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,30	4,19	4,39
5	MnO	<0,01	0,04	0,04
6	CaO	14,90	23,80	2,36
7	MgO	1,26	3,07	1,51
8	Na <sub>2</sub> O	0,14	0,36	0,50
9	K <sub>2</sub> O	1,24	1,72	2,40
10	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	2,94	0,17
11	H <sub>2</sub> O+CO <sub>2</sub>	17,72	19,60	9,76

В таблице 1 приведены усредненный химический состав цеолитсодержащих пород Татарско-Шатрашановского месторождения из

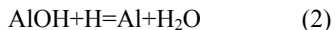
которой видно, что в мергелях наиболее высокое содержание имеет  $\text{SiO}_2$  общее содержание которого достигает 73% масс. Кроме того, относительно большое содержание имеет  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , который характеризуется хорошими сорбционными свойствами. Наблюдается также значительное содержание  $\text{CaO}$ , который ухудшает сорбционные свойства цеолитсодержащей породы. Такой химический состав цеолитсодержащих пород обуславливает термические, ионообменные и адсорбционные свойства природных цеолитов. При этом внутренняя структура пор кристаллов цеолитов строго постоянна, а входные окна во внутренней полости существенно меньше самих полостей и соизмеримы с диаметром молекул многих веществ. Термохимическая обработка цеолитсодержащих пород позволяет получить широкий набор активных сорбционных центров, что позволяет использовать такие сорбенты в различных технологических процессах.

С целью улучшения сорбционных свойств природных цеолитов проводили их обработку соляной кислотой, последующей промывкой дистиллированной водой и термообработкой с постоянным повышением температуры от 20 до 350°C в течение пяти часов. [3-9]. Результат воздействия кислоты непосредственно на скелет цеолита заключается в искусственном расширении объема эффективных пор и повышении сорбционной емкости. Появляются микропоры с более крупными размерами, объем которых увеличивается по мере вымывания кислотой аммония.

При обработке цеолитсодержащей породы щелочью протекает реакция присоединения избыточной гидроксигруппы



При обработке цеолитсодержащей породы кислотой протекает реакция нейтрализации исходной гидроксигруппы



### Литература.

1. Буров А.И., Тюрин А.Н., Якимов А.В. и др. Цеолитсодержащие породы Татарстана и их применение. - Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2001, 176с.
2. Михайлов А.С. Цеолиты стратифицированных осадочных пород и вулканических осадочных отложений// Природные цеолиты.-М., 1980, С. 53-59.
3. Новиков В.Ф., Каратаев О.Р., Карташова А.А., Каратаева Е.С., Танеева А.В. Способ получения адсорбента. Патент на изобретение №2566144. опубл. 20.10.2015, бюлл.№29.
4. Каратаева Е.С., Новиков В.Ф., Каратаев О.Р., Гизатуллин А.Р., Каратаев Р.Н., Способ очистки загрязненного воздуха. Патент на изобретение №2543859, опубл. 10.01.2015, бюлл.№1.
5. Новиков В.Ф., Осипов А.Л., Снигирева Ю.В., Танеева А.В., Никонова А.О., Хорошева Л.Р., Восходящая колоночная хроматография для оценки селективных свойств органических растворителей// Труды

XVI Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение». Казань, 2016. С.-437-440.

6. Новиков В.Ф., Снигирева Ю.В., Хабабутдинов Д.А., Ялалов И.Ф., Физико-химические свойства растворителей для колоночной хроматографии// Периодический научный сборник 2016, №4-4, Современные тенденции развития науки и технологий, по материалам XIII Международной научно-практической конференции, Белгород, 2016г. С.-85-89.

7. Новиков В.Ф., Снигирева Ю.В., Хабабутдинов Д.А., Ялалов И.Ф., Хроматографическое поведение растворителей в восходящей колоночной жидкостной хроматографии// Приоритетные задачи и стратегии развития технических наук, Международная научно-практическая конференция, – Тольятти, 2016г. С.-45-47.

8. Новиков В.Ф., Осипов А.Л., Гиниятова Л.М., Сайфиева А.Р., Оценка сорбционных свойств органических растворителей// Материалы XIII Международной научно-практической конференции, Белгород, 2016, С.-129-130.

9. Новиков В.Ф., Снигирева Ю.В., Хабабутдинов Д.А., Ялалов И.Ф., Сайфиева А.Р., Гиниятова Л.М. Новые природные материалы для сорбции органических растворителей // В сб. Междунар. научн.-техн. конф. «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы– 2016» (МНТК «ИМТОМ-2016»), Казань, 2016, С.-137-139.

## НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАСПРЕДВАЛОВ ДВС.

*Пермяков Д.Н.*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Набережные Челны, д.68/19 (1/18)*

**Аннотация:** В статье анализируются материалы и технологии упрочнения распределов двигателя внутреннего сгорания грузовых автомобилей которые обеспечивают уменьшение износа и повышение эксплуатационной надежности.

**Abstract:** The article analyzes the materials and technologies for strengthening the camshafts, which can be used to reduce wear and improve operational reliability.

**Ключевые слова:** износ, наплавка, плазменное напыление, дуговая наплавка.

**Введение.** Проблема износостойкости и долговечности деталей машин из-за интенсивной работы механизмов в условиях переменных нагрузок и скоростей, в двигателях внутреннего сгорания до 80 % отказов связано с износом, то актуальность применения технологий, обеспечивающих эффективное восстановление изношенных поверхностей деталей, не вызывает сомнений. Поэтому проблема износа вызывает потребность в развитии

технологий, позволяющих не только восстанавливать изношенные поверхности деталей, но и улучшать их механические характеристики. Наиболее остро эта проблема касается износа распределительных валов, так как стоимость изготовления нового вала во много раз превосходит стоимости его ремонта. Таким образом, создание в процессе восстановления покрытия вала с повышенной износостойкостью, позволяет продлить его срок службы, увеличить межремонтный период и улучшить эксплуатационные параметры узла.

**Цель работы:** Изучение возможности восстановления ремонтнопригодных деталей с применением плазменного напыления тугоплавких элементов.

Восстановление изношенных деталей современными методами нанесения покрытий и, в первую очередь, с использованием порошковых твердых сплавов способствует значительному повышению их долговечности. Организация восстановления изношенных деталей является существенным повышением качества ремонта, а также снижения расходов материальных и трудовых ресурсов.

Одной из наиболее сложных в изготовлении и ремонте деталей автомобилей семейства КамАЗ является распредвал двигателя внутреннего сгорания (ДВС), основной дефект которого - износ кулачков и шеек (табл). Процесс изнашивания кулачков и шеек распредвала ДВС является нежелательным, но неизбежным.

Самым доступным и простым способом ремонта является выправление кривого распределительного вала с его последующей шлифовкой в ближайший ремонтный размер. Но если на распределительном валу присутствуют задиры, расположенные в разных плоскостях, то прогиб становится пространственным и с огромным трудом поддается выравниванию. Правка распредвала, вызванного лишь износом опорных шеек и кулачков, производится путем шлифования поверхностей на ремонтные размеры. Изношенные распредвалы, перешлифованные на все ремонтные размеры, но пригодные для восстановления путем нанесения покрытий до номинальных размеров, составляют 35-50 %.

Таблица

**Результаты экспериментальных исследований технического состояния деталей ГРМ двигателей Камаз-740, поступивших в ремонт.**

Наименование детали	Тип повреждения	Не подлежащих восстановлению, %	Негодных без ремонта, %	Годных без ремонта, %
Шестерня привода распределительного вала	износ и смятие зубьев	0,7	0	99,3
	износ посадочной поверхности	0,8	93	6,2
Распределительный вал	износ цилиндрической части кулачка	0	8	92
	износ выпускного кулачка по высоте подъема толкателя	65,4	34,6	0

	износ впускного кулачка по высоте подъема толкателя	51,9	48,1	0
	износ опорных шеек	0	7,2	92,8
	износ шейки под шестерню	0	3,4	96,6
Толкатель	износ, выкрашивание тарелки	0	87,5	12,5
	износ юбки	0	99,77	0,3
Клапаны	износ стержня впускного клапана	0	27,7	72,3
	износ фаски впускного клапана	12,5	78,5	0
	износ, выкрашивание горца впускного клапана	5,5	94,5	0
	износ стержня выпускного клапана	20,9	79,1	0
	износ фаски выпускного клапана	13,5	86,5	0
	износ, выкрашивание горца выпускного клапана	7,5	92,5	0
Седло клапана	износ седла клапанов	0	100	0

В настоящее время на ремонтных предприятиях для восстановления распредвалов ДВС используют главным образом разновидности дугового способа наплавки под слоем флюса.

Одним из наиболее оптимальных методов и гибких технологических приемов воздействия на свойства обрабатываемых поверхностей как метод упрочнения вновь изготавливаемых деталей машин и восстановления деталей с большой степенью износа (0,5 мм и более), работающих в условиях интенсивного изнашивания, является плазменная металлизация.

Проведенные ранее исследования, а именно анализ твердости и относительной износостойкости плазменных покрытий, а также геометрических параметров наплавочных валиков показал, что покрытия, полученные с добавлением твердосплавных порошков из ВК8, является более приемлемым вариантом для восстановления и упрочнения распредвалов ДВС, по сравнению с порошками из Т15К6. Основными служебными свойствами кулачков и шеек распредвалов, определяющими их ресурс, являются твердость и износостойкость, которые, как показали результаты экспериментов, коррелируют между собой. Из перечисленных свойств наиболее просто и достоверно определяется твердость. Поэтому оптимизацию состава наплавляемых порошковых композиций с целью улучшения качества плазменных покрытий распредвалов проводили по твердости покрытий, полученных с использованием порошков ВК8.

Для восстановления распредвалов предлагается порошковая композиция производства Тульского завода «Полема», содержащая в своем составе промышленные порошки, изготовленные по ТУ 14-22-26-90 с добавлением 15,0 % (масс.) порошка, полученного из отходов твердого сплава ВК8 методом ЭЭД в воде, со средним размером частиц 30-35 мкм.



Использование порошкового наплавочного материала композиция, которого представленная выше позволяет восстанавливать распредвалы ДВС КамАЗ-740 с допустимой величиной износа.

#### **Выводы:**

1. Выполнен анализ технического состояния деталей ГРМ двигателей КамАЗ-740, поступивших в ремонт и установлена возможность восстановления от 35 до 50 % деталей.
2. Предложены материалы и технологии нанесения плазменных покрытия на изношенные поверхности деталей, обеспечивающие придание первоначальных эксплуатационных характеристик, предусмотренных для новых деталей.

#### **Список использованных источников**

1. Евдокимов В.Д., Клименко Л.П., Евдокимова А.Н. Технология упрочнения машиностроительных материалов / Учебное пособие-справочник / под редакцией д. т. и., проф. В. Д. Евдокимова. - Одесса Николаев: Изд-во НЕГУ им. Петра Могилы, 2005. - 352 с.
2. В.Е.Новиков, А.А.Федлров, Д.О.Бытеев. Справочник. Инженерный журнал №7, 2004, стр. 24-3 Е
3. Канарчук В. Е., Чигринец А. Д. Курс восстановления автомобильных деталей: Технология и оборудование. М.: «Транспорт», 1998, - 303 с.
4. Долговечный А.В. Технологии наплавки, легированной стали на основу из углеродистой стали /А.В. Долговечный, Л.А. Демидова, Е.А. Морозов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, - том 14, - №1, - 2012. С.550 - 553.
5. Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение. 1977.526 с.
6. Дроздов Ю.Н. Трение и износ в экспериментальных условиях: Справочник / Ю.Н. Дроздов, В.Е. Павлов, В.Н. Пучков. (Основы проектирования машин). Машиностроение, 1986. 224 с.
7. Асташенко В.И., Швеёв А.И., Асташенко Т.В., Родькин И.М., Швеёв И.А. Восстановление торцевой поверхности толкателя клапана ЕРМ. Автомобильная промышленность, 2010, №7, с.30-31.
8. Пермяков Д.Н. Анализ материалов и технологий упрочнения распредвалов двигателей внутреннего сгорания грузовых автомобилей. Наука, техника и образование, №7 (25), 2016, с.58-61.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Сироткина Лилия Витальевна  
Казанский государственный энергетический университет  
420066, Казань, Красносельская 51

Аннотация. В настоящее время в процессе обучения актуально обновление традиционных средств обучения и контроля знаний студентов.

Необходимо применение современных педагогических технологий, повышающие эффективность обучения химии. В докладе рассматриваются примеры реализации новых подходов для обучения студентов энергетических специальностей. Наиболее эффективными оказались информационные технологии, проблемный подход.

Annotation. Currently, in the process of teaching, updating of traditional means of teaching and controlling students' knowledge is actual. It is necessary to use modern pedagogical technologies that increase the effectiveness of teaching chemistry. The report examines examples of the implementation of new approaches for the training of students in energy specialties. The most effective were information technology, a problem approach.

Ключевые слова: лекции, проблемное обучение, информационные технологии.

В настоящее время высшее образование строиться на основе компетентностного подхода. Современные образовательные стандарты направлены на формирование умений, использование приобретенных знаний и умений в практической деятельности и в повседневной жизни.

Основной целью высшего образования является развитие активной, конкурентоспособной и социально адаптированной личности, способной самостоятельно мыслить, добывать и применять знания. Студенты должны уметь тщательно обдумывать принимаемые решения, четко планировать действия, эффективно сотрудничать в группах.

Традиционная подготовка специалистов, ориентированная на формирование знаний, умений, навыков в предметной области оказывается малоэффективной, поэтому учебный процесс требует внедрения новых педагогических инноваций (приемов, подходов, технологий) [1].

В настоящее время в высшей школе наблюдается переход от информативных методов к активным формам и методам обучения. В учебную деятельность включаются элементы проблематизации и научного поиска [2].

Образовательная программа по направлению «Энергетическое машиностроение» направлена на подготовку бакалавров и магистров для отрасли, связанной с наукоемким производством и ресурсоэффективной эксплуатацией энергетического оборудования[3]. Она формирует профессиональные компетенции, которые необходимы для проектно-конструкторских подразделений энергомашиностроительных предприятий.

Для формирования общекультурных и профессиональных компетенций в КГЭУ используются различные образовательные технологии: лекция-визуализация, проблемная лекция, работа в малых группах, а также информационные технологии, кейс-метод.

При проведении преподавателем лекции-визуализации передача информации сопровождается показом различных рисунков, структурно-логических схем, диаграмм и т.д. с использованием ТСО (слайды, видеозапись, интерактивная доска).

Осуществление проблемного обучения возможно при следующих условиях [4]:

- 1) наличие проблемной ситуации;
- 2) готовность студента к поиску решения;
- 3) возможность неоднозначного пути решения.

Во время проведения проблемной лекции преподаватель создает проблемную ситуацию и вовлекает студентов в ее анализ. Разрешая противоречия, заложенные в проблемных ситуациях, студенты самостоятельно делают выводы и творчески усваивают новые знания.

Работа в малых группах проводится на лабораторно-практических занятиях, при этом используются интерактивные задания и тесты различного уровня сложности.

Новые информационные технологии (компьютерные) технологии открывают совершенно новые технологические варианты обучения, связанные с уникальными возможностями современных компьютеров [5]. Информационные технологии формируют умение работать с информацией, прививают исследовательские навыки, развивают коммуникативные способности. К информационным технологиям относят электронные учебники, конспекты лекций, электронные лабораторные работы, справочники, тестирующие технологии, тренажеры.

Используя интернет-ресурсы и различные компьютерные программы можно осуществлять поиск необходимой информации, моделировать различные процессы, проведение которых невозможно лабораторных условиях.

Кейс-метод подразумевает непосредственное обсуждение научных, производственных ситуаций, развивает умение решать практические задачи, формирует способность к анализу.

Сочетание традиционных методов обучения (чтение лекций, проведение лабораторных и практических работ, традиционное тестирование) с современными технологиями способствует успешному обучению, активизирует творческую активность студентов, повышает качество профессиональной подготовки будущих специалистов.

### **Литература**

1. Андреев В.И. Педагогика высшей школы. Инновационно-прогностический курс: учеб. пособие / В.И. Андреев. – Казань: Центр инновационных технологий, 2008. – 500 с.
2. Шумакова Н.В. Инновационные технологии в системе профессиональной подготовки студентов. Молодой ученый, 2013, № 5 (52), 787- 789 с.
3. Заворин А.С., Тайлашева Т.С., Буваков К.В. «Системная инженерия», как базовая дисциплина при подготовке магистров по направлению 141100.68 «Энергетическое машиностроение». Теплофизические основы энергетических технологий: сб. научных трудов IV Всероссийской научно-практической

конференции. – Томск, Изд-во Томского политехнического университета, 2013, 352-354 с.

4. Шепелев М.В. Основные подходы к организации проблемного обучения одаренных школьников на пропедевтическом этапе изучения химии. Проблемы и перспективы развития образования в России, 2014, 169 – 174 с.

5. Современные технологии в процессе преподавания химии / Авт.-сост. С.В. Дендебер, О.В. Ключникова. – М.: 5 за знания, 2007. – 112 с.

## **РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННО-ПЛАЗМЕННЫМ СПОСОБОМ**

Смоленцев Евгений Владиславович, Кондратьев Михаил Вячеславович,  
Смоленцева Яна Сергеевна

Воронежский государственный технический университет  
Г. Воронеж, 394026, Московский проспект, 14

Аннотация. В статье рассмотрена технология ремонта деталей машин путем комбинированного нанесения износостойких покрытий, с использованием электроэрозионного и плазменного воздействий на поверхность детали. Это позволило снизить, а в ряде случаев, исключить чистовую обработку поверхности нанесенного износостойкого покрытия, что значительно расширяет область использования комбинированного метода за счет снижения себестоимости процесса при сохранении качества обработки

Summary. This article shows the technology of repairing machine parts by combined application of wear-resistant coatings, using electroerosion and plasma effects on the surface of the workpiece. This allowed to reduce, and in some cases, to exclude the surface finish of the applied wear-resistant coating, which significantly expands the scope of the combined method by reducing the cost of the process while maintaining the processing quality

Ключевые слова: комбинированная обработка, покрытия, плазма

Повышение свойств эксплуатации изделия, за счет повышения износостойкости наружного слоя деталей в современном машиностроении является одним из растущих направлений при разработке различных узлов, которые образуют пары трения в автомобилестроительной, нефтегазовой, авиакосмической и других областях. Увеличение толщины наносимых покрытий часто неблагоприятно влияет на его качество, оставаясь актуальным как при создании новых деталей, так и при возобновлении геометрии изношенных поверхностей деталей.

Вместе с тем, при увеличении толщины верхнего слоя покрытия, появляется необходимость чистовой обработки нанесенного слоя покрытия для обеспечения необходимых качественно-точных характеристик.

В Воронежском государственном техническом университете была разработана технология ремонта деталей машин за счет комбинированного нанесения износостойких покрытий, с использованием электроэрозионно-плазменного воздействия на поверхность заготовки. Это позволило снизить долю трудоемкости чистовой обработки поверхности нанесенного износостойкого покрытия, вплоть до полного ее исключения, что значительно расширяет область использования нового метода нанесения износостойких покрытий [1].

Основные стадии процесса комбинированной обработки приведены на рисунке.

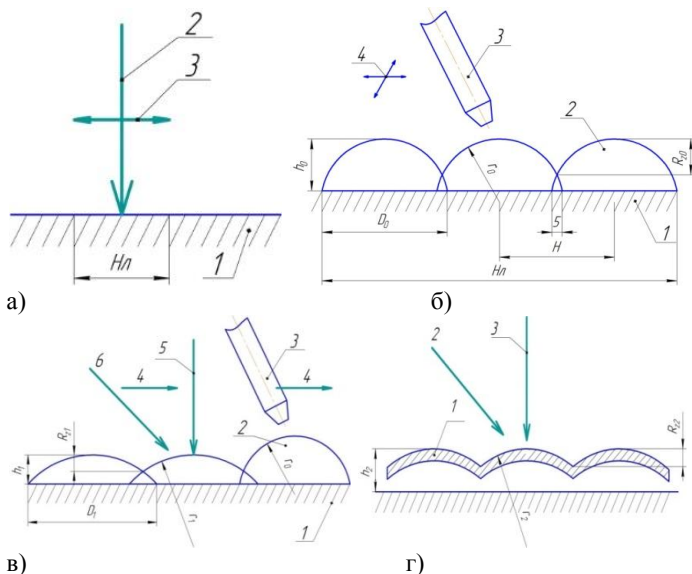


Рисунок - Стадии механизма эрозионно-лучевого нанесения покрытий

Можно назвать 4 основных стадии обработки [2]:

На первой стадии проводят предварительный подогрев детали при помощи луча плазмы без плавления металла в зоне нанесения покрытия.

На следующей стадии происходит нанесение электроэрозионным воздействием покрытия на подогретый на предыдущем этапе участок Нл. Температура капли металла должна быть больше температуры плавления материала покрытия на 250-300К. С учетом подогрева можно увеличить время текучести металла покрытия и обеспечить растекание капель вне зависимости от действия луча плазмы, при котором формируется профиль покрытия толщиной  $h_0$  с высотой неровностей  $R_{zo}$ . Электроэрозионное формирование покрытия происходит так, чтобы обеспечить перекрытие сопрягающихся капель на величину  $H$ .

Третьей стадией обработки является дальнейший разогрев материала капли и усиление ее текучести. За счет этого толщина покрытия снижается, но увеличивается перекрытие соседних капель, при этом достигается меньшая шероховатость поверхности. Надо также учитывать, что дополнительный подогрев капли плазменным лучом снижает градиент температур при ее остывании, что уменьшает образование внутренних напряжений растяжения.

На четвертой стадии происходит формирование покрытия, толщина которого соизмерима с шероховатостью, что минимально изменяет параметры поверхностного слоя после нанесения на нее покрытия электроэрозионным методом и получения износостойкой поверхности.

Начальные данные для разработки технологического процесса включают в себя информацию о детали с покрытием, местом его расположения, информацию о требуемом покрытии, материальной и научной базе для получения кондиционной детали. Здесь могут быть 2 варианта использования рассматриваемого технологического процесса:

- с целью получения износостойкой поверхности деталей, которые работают, например, в узлах трения;
- для ремонта изношенных поверхностей путем восстановления размеров с приданием им повышенной твердости.

Таким образом, исходные данные включают [3]:

- задание по качеству поверхностного слоя упрочненного изделия, обеспечивающие эксплуатационные свойства детали;
- анализ свойств материалов: детали (температура плавления, удельная теплоемкость; покрытий (температура плавления, жидкотекучесть и т.п.);
- качество поверхности под покрытие – возможно ли в таком виде использовать ее для нанесения покрытий с применением электромагнитного поля.

Одновременно надо проанализировать возможность реализации граничных условий:

- отвечает ли шероховатость получаемого покрытия требованиям чертежа детали;
- допустима ли температура плавления материала заготовки для нанесения покрытия;
- удовлетворяет ли предельная толщина получаемого покрытия заданным условиям восстановления работоспособности детали.

На первом этапе необходимо выбрать варианты реализации совмещения различных видов комбинированных покрытий и обоснования выбора материалов, позволяющих обеспечить эксплуатационные свойства изделий.

При этом требуется провести анализ альтернативных вариантов покрытия и обосновать применение рационального вида. Под такой вариант необходимо провести отработку технологичности объекта исследований, после чего на базе выполненных ранее теоретических исследований разработать технологические режимы, учитывающие специфику предложенного способа, в том числе эрозионно-лучевого. В ряде случаев возникает ситуация, что заданные разработчиком эксплуатационные

требования вызывают необходимость создания новых способов получения комбинированных покрытий с другими свойствами. Это потребует времени на исследования и заставит пересмотреть требования к изделию, скорректировать их до ранее достигнутого уровня технологических показателей.

На этом этапе рассчитывают и выбирают технологические режимы совместимые с обоими составляющими процесса (электроэрозионной и лучевой) комбинированного покрытия.

Проведенные исследования износостойкости получаемых покрытий при сочетании различных металлов, окислов и углерода показали, что комбинированные покрытия дают возможность значительно повысить их износостойкость в узлах трения, в том числе при работе узлов в агрессивных средах, например, в нефтегазовом оборудовании, с наличием абразивных частиц, при больших контактных нагрузках, высоких температурах, свойственных процессу резания лезвийным инструментом, где наличие покрытия может повышать стойкость до 14 раз.

### Литература

1. В.П. Смоленцев, М.В. Кондратьев, В.В. Иванов, Е.В. Смоленцев. Комбинированные методы повышения качества поверхностного слоя материалов. Научно-технический журнал «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии». №1. 2017. С. 90-96.

2. Смоленцев В.П. Проектирование технологических процессов получения высокоресурсных комбинированных покрытий/ В.П. Смоленцев, М.В. Кондратьев, В.В. Иванов Упрочняющие технологии и покрытия, 2017, № 6. С. 273-281.

3. Смоленцев Е. В. Проектирование электрических и комбинированных методов обработки. М.: Машиностроение, 2005. – 511 с.

## КОМБИНИРОВАННАЯ ЧИСТОВАЯ ОБРАБОТКА ЗАДВИЖЕК НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Смоленцев Евгений Владиславович, Шипилова Ольга Геннадьевна,  
Мозгалин Владислав Львович  
Воронежский государственный технический университет  
Г. Воронеж, 394026, Московский проспект, 14

Аннотация. В статье рассмотрена технология, позволяющая осуществлять ремонт и чистовую обработку металлических контактных поверхностей, исключая применение абразивных сред. Это позволяет устранить негативный эффект от попадания абразивных частиц в сопрягаемые детали, что снижает их ресурс и может привести к выходу из строя запорного оборудования.

Summary. This article shows the technology allowing to carry out repair and finishing of metal contact surfaces excluding application of abrasive media. This

allows to eliminate the negative effect of hitting abrasive particles in the mating parts, which reduces their service life and can lead to failure of the locking equipment.

Ключевые слова: комбинированная обработка, доводка, задвижки

Целью чистовой обработки является получение поверхностей с малой шероховатостью, точных по форме и размерам. Механическая притирка сопрягаемых деталей с использованием абразивных паст получила наибольшее распространение, т.к. не требует сложного оборудования, обеспечивает высокие технико-экономические показатели процесса. Чистовую обработку с применением абразивов можно разделить на этапы от шлифования до полирования абразивным инструментом и доводки поверхностей (в том числе притиркой). В зависимости от припуска для получения точных поверхностей с требуемым качеством поверхностного слоя применяют, в основном, шлифование. Наиболее часто применяемыми чистовыми операциями, близкими к притирке, являются супер- и микрофиниш. Особый интерес для финишного этапа чистовой обработки представляет полирование, протекающее на наноуровне процесса. Полирование имеет несколько разновидностей:

- механический контактный съем микрочастицами;
- механический съем с химическим воздействием;
- съем за счет физических и химических воздействий.

В большинстве случаев для этого способа обработки применяют мелкие (до наноразмеров) абразивы, подаваемые в свободном и связанном виде.

Однако, имеются токопроводящие полировальники, содержащие минимальное количество абразивных частиц, в том числе токопроводящих (например, из отбеленного чугуна). При традиционных видах полирования требуется иметь абразивные зерна с режущими кромками, но они обладают повышенной склонностью к шаржированию.

Доводка: операцию выполняют с использованием суспензий, паст, мелкозернистых кругов, притиров из ферритовых чугунов с шаржированием их порошками с зернистостью М1 – М3, а так же притирами из оптического стекла (для цветных сплавов).

Процессом доводки управляют через следующие воздействия:

- технологические качественные факторы, такие как вид абразива и рабочей жидкости, абразивной суспензии, материал притира и заготовки, состояние их поверхностных слоев;
- технологические: зернистость абразива, давление притира, твердость материала притира и заготовки, соотношение жидкой и твердых составляющих абразивной суспензии;
- кинематические: соотношения угловых скоростей и линейных размеров звеньев исполнительного механизма, определяющие траекторию и изменение скорости движения заготовки по притиру;
- динамические: изменение силы воздействия заготовки на притир, действующей в плоскости, касательной к поверхности контакта заготовки;



При проектировании технологического процесса доводки следует учитывать следующие особенности:

- необходимо обоснованно назначить направления и величину сил сопротивления, прижима;

- сила сопротивления должна быть направлена касательно к поверхности заготовки в направлении, противоположном вектору скорости движения инструмента;

- показатели поверхностного слоя зависят от величины импульсных силовых воздействий;

- движение абразивных зерен происходит с переменной скоростью относительно заготовки и оценивается осредненной величиной;

- износ притира (инструмента) и удаление припуска с заготовки взаимосвязаны и учитываются на каждом этапе проектируемого технологического процесса.

- снижение трудоемкости доводочных операций может быть достигнуто за счет автоматизации процесса обработки, контроля и управления, снижения времени подготовительных операций и вспомогательного времени.

Недостатком абразивной обработки является шаржирование, при котором обработанная поверхность насыщается абразивными зёрнами, что в дальнейшем ведет к ее ускоренному износу и, как следствие, к уменьшению ресурса оборудования.

Особенно актуальна эта проблема для запорных устройств НГО, работающих в условиях интенсивных течений агрессивных сред, где крайне важно снизить риск аварий и выбросов, которые могут повлечь серьезные экологические, производственные и финансовые проблемы. Поэтому в Воронежском государственном техническом университете были проведены обоснование, поиск и создание принципиально новых способов чистовой притирки металлических контактных поверхностей, исключающих применение абразивных сред [1].

Комбинированная притирка прецизионных контактных поверхностей (например, запорных устройств) может включать все этапы чистовой обработки, в том числе предшествующую абразивную обработку. В ходе исследования был разработан и запатентован способ [2].

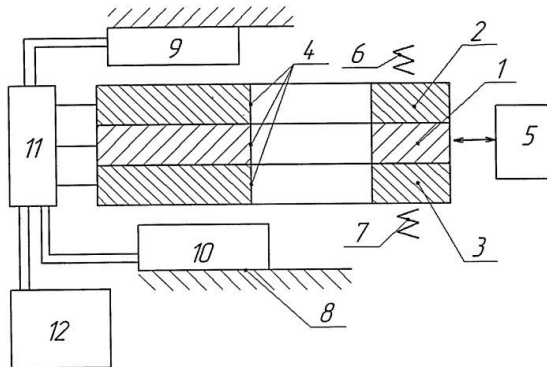
Предложенный способ и устройство гарантируют отсутствие на сопрягаемых поверхностях абразивных частиц, заусенцев, позволяют проводить обработку сопрягаемых поверхностей и их восстановление без переборки узлов, что повышает точность сопряжения.

Способ обработки сопрягаемых поверхностей запорного устройства в виде расположенного между щеками шибера включает обработку шибера в рабочем положении низковольтными импульсами переменного тока в воздушной среде с возвратно-поступательным перемещением шибера относительно щек и вибрацией щек относительно шибера, при этом наибольшие амплитуды импульсов переменного тока совмещают с периодом сближения упомянутых сопрягаемых поверхностей и обработку ведут до достижения стабильной величины тока. Устройство для обработки

сопрягаемых поверхностей запорного устройства в виде расположенного между щеками шибера, который содержит привод для перемещения шибера между щеками, которые подпружинены упругими элементами, и электромагниты, выполненные с возможностью неподвижного закрепления на корпусе запорного устройства с наружной стороны щек и соединенные с синхронизатором импульсов, подключенным к низковольтному источнику переменного тока.

На рисунке приведена схема устройства и взаимодействия его элементов при описании способа.

Шибер 1 расположен между щеками 2 и 3, имеющими общее с шибером 1 отверстие 4 для пропускания жидкой или газовой среды. Шибер 1 имеет возможность передвижения между щеками 2 и 3 от привода 5. Для обеспечения герметичности между шибером 1 и щеками 2; 3 путем удаления неровностей с поверхности сопряженных деталей щеки 2 и 3 подпружинены упругими элементами 6 и 7. В корпусе 8 запорного устройства с внешней стороны щек 2; 3 с зазором закреплены электромагниты 9 и 10, соединенные с синхронизатором 11, к которому подводится ток от низковольтного источника переменного тока 12.



Рисунок

Способ осуществляют следующим образом: без переборки запорного устройства приводом 5 перемещают шибер 1 в щеках 2; 3 в крайнее положение (на фиг. 1 положение «открыто»). От низковольтного источника постоянного тока 12 ток подают на синхронизатор 11, откуда он поступает на электромагниты 9; 10, установленные в корпусе 8 с возможностью неподвижного закрепления на корпусе 8 запорного устройства с наружной стороны щек 2 и 3, со смещением по фазе тока так, чтобы при вибрации щек направления движения щек 2; 3 было в одном направлении относительно шибера 1. Одновременно приводом 5 осуществляют перемещение шибера 1 между щеками 2 и 3 в крайние рабочие положения («открыто», «закрыто») с предельной скоростью, допустимой при эксплуатации запорного устройства. Упругие элементы 6 и 7 воздействуют на щеки 2 и 3 с целью прижатия их к шиберу 1. Ток от синхронизатора 11 поступает на щеки 2; 3 и шибер 1 таким

образом, чтобы импульс тока на одну из щек 2; 3 и шибер 1 совмещался с движением этой щеки под действием магнита к шиберу 1, когда при подходе этой щеки к шиберу 1 возникают импульсы тока, которые совмещены с периодом сближения сопрягаемых поверхностей шибера 1, щек 2 и 3, вызывающие локальный съём материала с сопрягаемых поверхностей. При соприкосновении в процессе вибрации щек 2 и 3 с шибером 1 через них проходит ток, величина которого зависит от площади контакта между щекой и шибером 1. Наибольшие амплитуды импульсов тока совмещают со сближением сопрягаемых поверхностей шибера 1 и щек 2 и 3. После удаления неровностей на шибере 1 и щеках 2; 3 ток при соприкосновениях шибера 1 и щеки 2 становится одинаковым с током через шибер 1 и щеку 3 и имеет стабильную величину. После этого магниты снимают, контролируют величину сопротивления движению шибера 1 в щеках 2; 3, герметичность сопрягаемых поверхностей шибера 1 и щек 2; 3. Способ позволяет обеспечить герметичность соединения в процессе изготовления и восстановления запорного устройства без его снятия с изделия.

### Литература

1. Смоленцев Е. В. Проектирование электрических и комбинированных методов обработки. М.: Машиностроение, 2005. – 511 с.
2. Патент 2013110207 РФ Способ обработки сопрягаемых поверхностей и устройство для его использования / Смоленцев В.П., Клименченков А.А., Омигов Б.И., Юхневич С.С.; заявитель и патентообладатель Воронежский государственный технический университет. - № 11111/11;заявл. 11.11.2011; опубл. 11.11.2011, Бюл. № 11. – 3с.
3. Клименченков, А.А. Формирование микро- и нанопрофиля сопрягаемых поверхностей при комбинированной обработке / А.А. Клименченков, Е.В. Смоленцев // Наноинженерия. 2013. №7. – С. 8-15
4. Технология контактно-электрохимической обработки / А.А. Клименченков, В.П. Смоленцев, Е.В. Смоленцев, Ю.В. Шаров // Научные технологии в машиностроении. 2013. №6. – С.33-36.

## ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА МОДЕЛЬНОЙ ОСНАСТКИ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛИТЬЯ В РАЗОВЫЕ ФОРМЫ

*Сухоруков Д.В., Сухорукова Е.В., Шаршин В.Н., Сиразитдинов Р.Ш.*

ООО "Научно-производственное объединение "Инновационные Литейные Технологии" 600000, г. Владимир, проспект Строителей, д. 5А.

**Аннотация.** Рассмотрено применение полимерных композиционных материалов при производстве модельной оснастки для литья в разовые формы. Приведён опыт производства модельной оснастки.

**Abstract.** The use of polymeric composite materials in the production of model equipment for casting in single forms is considered. The experience of production of model rigging is given.

**Ключевые слова:** Модельная оснастка, полимеры, литьё в разовые формы

В работе представлены результаты исследований влияния состава, характера распределения наполнителя и технологических режимов приготовления полиуретанового компаунда на структуру и механические свойства полимерных композиционных материалов с наполнителями в виде порошков различных металлических и неметаллических материалов, а также технология изготовления модельной оснастки из полимерных композиционных материалов для изготовления форм из песчано-глинистых и холодно-твердеющих смесей.

Проведены исследования по изучению влияния динамических воздействий на распределение наполнителя и прочностные характеристики литевых полимерных композиционных материалов. Разработаны специальные установки и изготовлена экспериментальная оснастка для исследования процессов седиментации в жидких полимерных композиционных материалах в нормальных условиях, в поле действия центробежных сил и в условиях переменной вибрации.

Установлены технологические режимы центрифугирования, обеспечивающие существенное повышение концентрации наполнителя в поверхностных или донных слоях материала и, как следствие, повышение твёрдости в образцах с добавками алюминиевого порошка ПА-4, порошка железного ПЖВ 2, графита кристаллического - в среднем на 12 — 25%.

В результате проведённых исследований седиментационной устойчивости полимерных композиционных материалов в условиях переменной вибрации установлено, что максимально насыщенный и прочный поверхностный слой получен у полиуретанового компаунда с добавками алюминиевого порошка ПА-4 размером фракции 0,4-0,6 мм.

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели образцов полученных материалов соответствуют, а по отдельным показателям значительно превышают нормативные параметры, установленные для модельной оснастки. Так, например, твёрдость обычных ЛПКМ (полученных без динамического воздействия) составляет 120 – 140 НВ, а в образцах ЛПКМ с добавками частиц алюминиевого порошка ПА-4, полученных при центрифугировании с частотой вращения 40 – 70 мин<sup>-1</sup> превышает 200 НВ. Достигнутые в лабораторных условиях прочностные показатели ЛПКМ позволили получить образцы модельной оснастки, обеспечивающие стойкость формообразующих деталей при изготовлении форм из песчано-глинистых смесей – до  $(4 - 5) \times 10^5$  съёмов, стойкость при изготовлении форм из химически-твердеющих смесей –  $(1,8 - 2,0) \times 10^4$  съёмов, что существенно превышает нормативные параметры.

В работе представлены результаты исследований по определению основных факторов, определяющих износ и старение полимерной модельной оснастки при изготовлении литейных форм из песчано-глинистых смесей. Изготовлены опытные образцы модельной оснастки из всех исследуемых материалов для проведения исследований. Проведён анализ условий работы модельной оснастки. В результате проведённых исследований установлены главные причины преждевременной потери работоспособности модельной оснастки: недостаточная износостойкость, низкие прочностные свойства материала модели. Главные факторы - истирающее воздействие песчаной формовочной смеси, а также ударные воздействия при трамбовке смеси в процессе ручной формовки.

Поскольку модельная оснастка, предназначенная для изготовления песчано-глинистых форм, особенно посредством ручной формовки, периодически испытывает ударную нагрузку, а полиуретановый компаунд склонен к хрупкому разрушению, - в работе были проведены исследования ударной вязкости образцов ЛПКМ.

Ударная вязкость характеризует способность материала к быстрому поглощению энергии, т.е. его способность сопротивляться хрупкому разрушению под действием кратковременных ударных нагрузок. Было установлено, что ударная вязкость ЛПКМ зависит, главным образом, от свойств полимерной матрицы и может меняться в зависимости от количества и качества вводимых добавок.

Минимальное значение ударной вязкости полимерных материалов, предназначенных для изготовления формообразующих элементов модельной оснастки составляет  $5 \text{ Дж/см}^2$ . В результате проведённых исследований установлено: средние значения ударной вязкости исследуемых на данном этапе работ образцов ЛПКМ с добавками порошков ПА-4 и ПЖВ 2 находятся в диапазоне значений  $8 - 19 \text{ Дж/см}^2$ .

Наилучшие результаты стойкости модельной оснастки к ударным воздействиям при трамбовке смеси в процессе ручной формовки, а также максимальную стойкость к истиранию песчаной смесью показали образцы ЛПКМ с добавкой 30% алюминиевого порошка добавкой ПА-4 фракции 1.2 – 1.6 мм, полученные после предварительной обработки на вибростенде.

Изготовлены опытные образцы модельной оснастки из литевых полимерных композиционных материалов для производства форм из холодно-твердеющих смесей и проведены их испытания.

Результаты исследований приняты к внедрению на ООО «НПО «ИнЛитТех» при изготовлении модельной оснастки для предприятий, специализирующихся на производстве отливок в формах из песчано-глинистых и холодно-твердеющих смесей.

В настоящее время разработанная технология используется при изготовлении модельной оснастки для ЗАО «Фирма «Антал» (Московская обл.), ООО «ВПК» (г. Владимир), ООО "Колокшанский АЗ" (Владимирская обл).

## СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ

*Сухоруков Д.В., Сухорукова Е.В., Шаршин В.Н., Сиразитдинов Р.Ш.*

ООО "Научно-производственное объединение "Инновационные Литейные Технологии" 600000, г. Владимир, проспект Строителей, д. 5А.

**Аннотация.** Объектом исследований является полимерный композиционный материал для изготовления формообразующих деталей пресс-форм технологии литья по газифицируемым моделям методом литья.

**Abstract.** The object of the research is a polymeric composite material for making molded parts of molds of casting technology for gasifying casting models.

**Ключевые слова:** полимеры, пресс формы, литьё по газифицируемым моделям.

Цель работы – повышение эффективности технологии литья по газифицируемым моделям в условиях единичного и мелкосерийного производства отливок за счет использования оснастки для изготовления моделей из новых полимерных композиционных материалов с заданными теплофизическими свойствами.

В процессе работы разработана технология изготовления оснастки для получения газифицируемых моделей. Разработана методика определения теплофизических свойств композиционных полимерных материалов. Разработан экспресс метод качественной оценки состояния поверхности газифицируемых моделей. Установлены оптимальные значения давления пара при изготовлении газифицируемых моделей методом внутреннего теплового удара в оснастке из полимерного композиционного материала на основе полиуретанового компаунда.

В результате работы выявлены закономерности изменения качества получаемых газифицируемых моделей от теплофизических характеристик материала оснастки. Установлены значения основных теплофизических характеристик материала оснастки для получения качественных моделей. Разработан новый полимерный композиционный материал на базе полиуретанового компаунда, обеспечивающий получение газифицируемых моделей высокого качества. Получены математические модели, описывающие зависимость качества газифицируемых моделей от содержания модифицирующего наполнителя в полимерном композиционном материале и технологических параметров процесса.

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели: литейной полимерный композиционный материал, предназначенный для изготовления оснастки, обеспечивающий получение качественных газифицируемых моделей. Твердость составляет 120-140 НВ; предел

прочности на растяжение –52-60 МПа; плотность – 1450-2150 кг/м<sup>3</sup>; текучесть до 250 мм; отсутствие процессов седиментации, при времени полимеризации до 6 часов; объёмное расширение при полимеризации 0,13-0,9% - в зависимости от технологических факторов; стойкость - 100-220 циклов изготовления газифицируемых моделей; теплоёмкость ≤ 1200 Дж/(кг·°C); теплопроводность ≥ 0,21Вт/(м·°C); температуропроводность ≥ 8,4·10<sup>-8</sup> м<sup>2</sup>/с, и теплоаккумулирующая способность ≥ 697 Вт·с0,5/(м<sup>2</sup>·°C).

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ВО ВНУТРИФИРМЕННОЙ СИСТЕМЕ ДПО РАБОЧИХ И СПЕЦИАЛИСТОВ**

А.И. Туюшева, Г.И. Бадыкова, А.М. Зиятдинов, А.Ю. Низамеев, Ф.Т. Юсупов,  
Е.Л. Матухин

*420032, Республика Татарстан, Россия, г. Казань, ул. 1 Мая, д.14.  
E-mail:kazanpowder@KGTS.ru*

Рассмотрена деятельность Центра дополнительного образования в современных условиях работы предприятия и участия его в инвестиционном проекте

*Ключевые слова: Центр ДПО, лицензия, конкурс, образовательный проект, субсидии*

Considered activity of the Centre of the additional formation in modern condition of the functioning (working) the enterprise and participations him (it) in investment project

Keywords: Centre DPO, license, konkurs, educational project, subsidies

В настоящее время ФКП «Казанский государственный казенный завод» активно участвует в выполнении Федеральных целевых программ по модернизации и развитию производства.

Предприятие единственное из пороховых заводов России вступило в Европейскую ассоциацию производителей нитроцеллюлозы (ЕНА), которая является структурным подразделением Всемирной ассоциации производителей нитроцеллюлозы (WONIPA), что является международным признанием соответствия производства и продукции лучшим зарубежным стандартам и аналогам [1,2].

В рамках совместного проекта ФКП «КГКПЗ» с КНИТУ на производственно-технологической базе предприятия в 2010 году создан *Центр ДПО ОПК* (дополнительного профессионального образования и учебно-производственного обучения). Приоритетным направлением деятельности центра является внутрифирменное обучение и повышение квалификации персонала. (Приказ генерального директора №513 от 24.08.2010г.). Получена лицензия (№ 0013653 от 21.01.2011 г. Минобрнауки Республики Татарстан на

ведение образовательной деятельности ФКП «КГКПЗ», Лицензия на образовательную деятельность 2016 г. №9236 от 05 декабря 2016 г.- бессрочно.

Для своевременного кадрового обеспечения разработана система опережающей внутрифирменного обучения персонала в области качества и высокоэффективных методов управления на основе методологии бережливого производства (Диплом конкурса «50 лучших инновационных идей Республики Татарстан», аспирант А.И. Туюшева).

В 2015 году деятельность Центра ДПО на ФКП «КГКПЗ» отмечена дипломом Всероссийского конкурса программы «100 лучших товаров России» в номинации «Услуга по оказанию дополнительного профессионального образования и учебно-производственного обучения» (Диплом № 2015160101903, Москва, 2015 г.).

Предприятие является Лауреатом конкурса научных работ (проектов) в области инновационного развития профессионального образования 2015 г. на соискание Премии имени академика РАО Г.В. Мухаметзяновой и совместно с КНИТУ (профессор, д.т.н. А.В. Косточко, аспирант Г.И. Бадькова, д.т.н. Е.Л. Матухин) Дипломантом – победителем II Международного конкурса научно-исследовательских работ «Перспективы науки -2015» за проект «Инновационная стратегия развития производственно-технологического комплекса на основе историко-эволюционного подхода».

В 2017 году ФКП «КГКПЗ» приняло участие в конкурсном отборе на право получения субсидий из Федерального бюджета организациями оборонно-промышленного комплекса на создание и развития по наиболее востребованным направлениям подготовки на условиях софинансирования, проводимого в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 14 марта 2017 года №295 и согласно приказами Минпромторга России от 9 августа 2017 года №2627 и от 5 сентября 2017 года №3049.

Для участия в конкурсе специалистами ФКП «КГКПЗ» был подготовлен инвестиционный Проект «Развитие на базе ФКП «КГКПЗ» Центра дополнительного профессионального образования по направлению подготовки 18.04.01- Химическая технология.

Инвестиционный проект ФКП «КГКПЗ» по результатам оценки качественных и функциональных характеристик мероприятий, предусмотренных в рамках осуществления работ, числу работников, планируемых по обучению по дополнительным профессиональным программам по проекту, условиям софинансирования мероприятий, предусмотренных проектом, количеству дополнительных профессиональных программ, наличию опыта успешной реализации мероприятий, предусмотренных проектом (100%) получил рейтинг 49,28 баллов и получил соответствующее одобрение экспертной комиссией Минпромторга РФ. Особо хотелось отметить поддержку Проекта со стороны Минпромторга Республики Татарстан.

В рамках проекта на предприятии будут отрабатываться системы идентификации и развития профессиональных компетенций персонала, процессы планирования обучения, разработки и реализации инновационных



учебных программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки сотрудников.

В соответствии со «Стратегией развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы» и принятой «Программой «Цифровая экономика Российской Федерации» [3,4] в инвестиционном Проекте предполагается с привлечением цифровых моделей производства большое значение придать формированию дополнительных профессиональных компетенций:

- Готовность на основе цифровой трансформации производств к реализации и контролю новых технологических процессов и оборудования производств предприятия;

- Готовность использовать полученные знания для создания безопасных условий при организации технологических процессов получения и переработки продукции;

- Готовность развития и применения цифровой экономики;

- Способность эффективного применения информационных телекоммуникационных технологий.

Проектом предусматривается:

- Разработка и реализация программ повышения квалификации персонала по внедрению новых цифровых технологий системы коммерческого и технологического учета, управления технологическими процессами в масштабах предприятия.

- Разработка учебно-методических комплексов дисциплин и инновационных моделей обучения, направленных на опережающее освоение перспективных технологий по результатам НИОКР головных разработчиков, внедрение элементов технологий бережливого производства применительно к сокращению сроков освоения новых технологий и адаптации специалистов к новым условиям работы в 1,5-2 раза, повышения производительности труда на 10-15%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Матухин, Е.Л., Абдуллин, И.А., Гиниятов, Х.З., Туюшева, А.И., Яруллин, Р.Н., Сафина, Г.И. Вступление Казанского порохового завода в ассоциацию европейских производителей нитратов целлюлозы / Матухин Е.Л., Абдуллин И.А., Гиниятов Х.З., Туюшева А.И., Яруллин Р.Н., Сафина Г.И.// Вестник Казанского технологического университета. - 2012.- № 9 – 0,5

2. Туюшева А.И., Матухин Е.Л. Организация обучения специалистов Инозаказчика в Центре ДПО ФКП «КГКПЗ» // Боеприпасы. -2017.- №1. – С.93-95.

3. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. №203.

4. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р.

## ВЛИЯНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ЗУБОРЕЗНОГО ИНСТРУМЕНТА

Фасхутдинов А.И.<sup>1</sup>, Гильман В.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доцент Набережночелнинского института (филиала) ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет г. Набережные Челны, пр. Сююмбике, д. 10а

<sup>2</sup>Руководитель группы ПАО «КАМАЗ» РИЗ, Набережные Челны, Автозаводской проспект,2

**Аннотация.** Изучено влияние подготовки режущей кромки и проведен анализ различных видов износостойких покрытий на жизненный цикл зуборезного инструмента для обработки шлицевой детали.

**Abstract.** The influence of cutting edge preparation and analysis of various types of wear-resistant coatings on the life cycle of a gear cutting tool for machining a splined parts.

**Ключевые слова.** Округление режущей кромки, износостойкие покрытия.

Для формирования шлицев на детали Шестерня ведомая, изготавливаемой из стали 38Х2МЮА с твердостью 241-287НВ, применяется чашечный долбяк D135мм. с модулем  $m=3,5$ . Материал, применяемый при изготовлении инструмента – быстрорежущая сталь P6M5K5 62-64HRC. Режимы обработки шлицев  $S_{кр}=10\text{мм/мин}$ ,  $S_{рад}=1,5\text{мм/мин}$ .

Особенностью данной детали является то, что конструктивно шестерня представляет из себя зубчатое колесо с внутренним зацеплением высотой 110мм, при этом шлицы разделены пазом рис. 1.

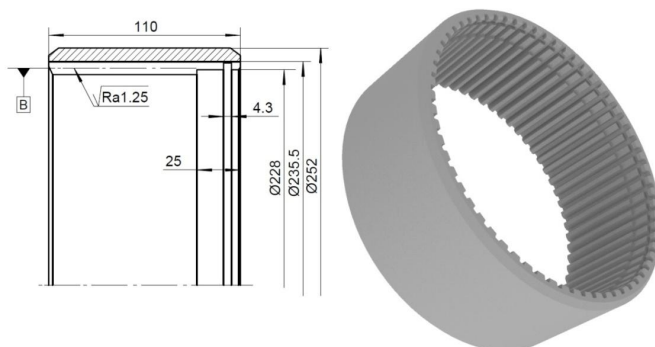


Рис.1 Эскиз и модель детали Шестерня ведомая

То есть, при обработке инструмент на себе воспринимает как существенное тепловое воздействие, связанное с длинным рабочим ходом, так и двойную ударную нагрузку при врезании в материал детали. Учитывая данные особенности, жизненный цикл долбяка ограничивался 8-ю деталями

при наличии износостойкого покрытия нитрида титана (TiN) по всем рабочим поверхностям инструмента, и 5-6 деталями при наличии покрытия только на задних поверхностях (имеется ввиду восстановленный инструмент, перешлифованный по передней поверхности). С развитием технологий по подготовке инструмента к нанесению износостойких покрытий и расширением гаммы возможных покрытий увеличение стойкости даже на незначительное количество деталей имело бы влияние на снижение затрат. Таким образом, для достижения этой цели в данной работе был применен технологический процесс подготовки (округления) режущей кромки и проанализированы результаты испытаний трех видов износостойкого покрытия.

При рассмотрении инструмента в микроскоп после шлифования по передней поверхности отчетливо заметно низкое качество режущей кромки (см. рис.2).

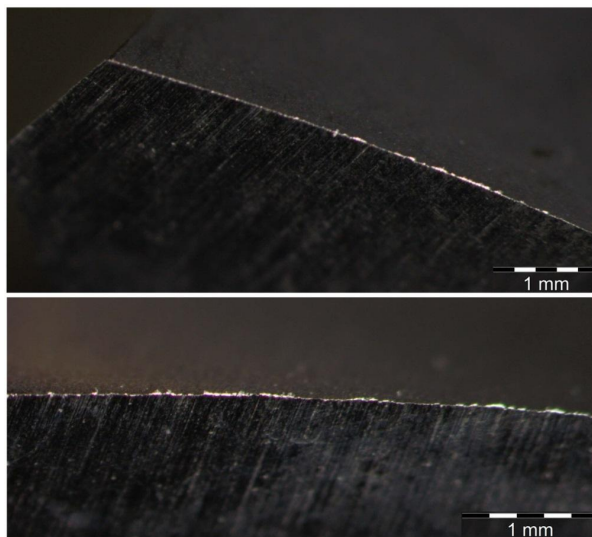


Рис.2 Режущая кромка в исходном состоянии

Данный недостаток напрямую влияет на качество наносимого покрытия, какого бы состава оно не было. Использование различных технологий струйной обработки (сухая микроструйная или гидроабразивная обработка) позволяет удалять заусенцы и, с определенной точностью, округлять режущую кромку, исключая дальнейшие проблемы с равномерностью покрытия и его адгезией к материалу инструмента. В нашем случае была применена гидроабразивная обработка керамическими шариками с последующей активацией поверхностей электрокорундом на подобной установке. Результат обработки продемонстрирован на рис.3.Округление режущей кромки на примененных режимах составило порядка 25-30 мкм. [1, 2]

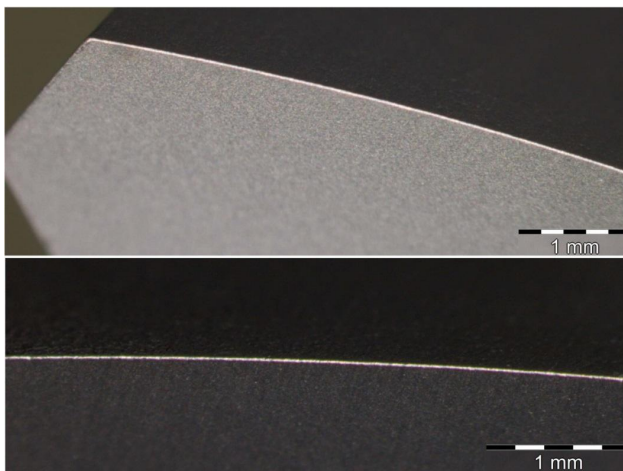


Рис.3 Внешний вид и параметры подготовленной режущей кромки

На подготовленный инструмент было нанесено 3 вида износостойких покрытий вакуумно-дуговым методом (Arc-PVD):

- нитрид-титана TiN (а);
- карбонитрид алюмо-титана AlTiCN (б);
- карбонитрид титан-алюминия TiAlCN (в); [3, 4]

Проведенные затем испытания, показали результаты по стойкости инструмента отраженные в Таблице 1.

Вариант покрытия	Стойкость, шт.
а	10
б	14
в	13

Таблица 1 – Результат испытаний инструмента с различными видами износостойких покрытий

Критерием завершения испытаний являлась визуальная оценка износа порядка 0,3-0,5мм. При этом характер износа, оказался примерно одинаковым – выкрашивание режущей кромки с затиранием передней и задней поверхностей, вызванное термическими трещинами и разрушением режущего клина рис.4.

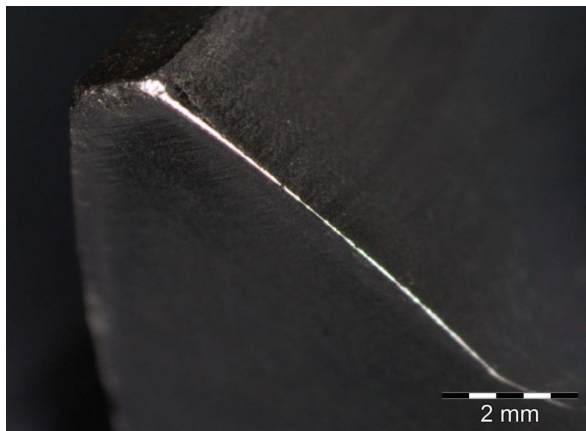


Рис.4 Характер износа режущей кромки

Оценивая результаты испытаний, с точки зрения стойкости к тепловому воздействию на режущую кромку в процессе продолжительного рабочего хода вдоль шлица шестерни и ударным нагрузкам, можно сделать вывод, что наиболее оптимальным оказалось покрытие с большим количеством алюминия - карбонитрид алюмо-титана  $AlTiCN$ . Преобладание алюминия в составе покрытия активнее передает тепло в тело инструмента, не перегревая кромку, а особенности структуры карбонитридов титана позволяет выдерживать значительные ударные нагрузки.

#### Литература

1. A.G. Kondrashov, D.T. Safarov, A.I. Faskhutdinov, and G.K. Davletshina Single-Turn Worm Mills for Conical Round-Tooth Gears / Russian Engineering Research, 2017, Vol. 37, No. 9, pp. 812–813.
2. Фасхутдинов А.И., Емельянов Д.В., Блинова А.С. Влияние величины срезаемого слоя на производительность механической обработки / Сборник научных статей 2-й Международной молодежной научно-практической конференции «Прогрессивные технологии и процессы» 24-25 сентября 2015 г. в 3-х томах. Курск.: ЗАО Университетская книга. – 2015. С. 111-115.
3. Kasyanov S.V., Kondrashov A.G., Safarov D.T. Research of characteristics of wearproof coating for cutting tools / INTERFINISH-SERIA 2014: International Conference on Surface Engineering for Research and Industrial Applications. 2014. P. 62.
4. S. V. Kasyanov, A. G. Kondrashov, and D. T. Safarov Rapid Assessment of Wear-Resistant Tool Coatings / Russian Engineering Research, 2017, Vol. 37, No. 11, pp. 969–973.

## ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕХОДОВ ПРИ ПРЕЦИЗИОННОЙ ШТАМПОВКЕ ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА ШЕСТЕРЕН

Хайруллин Руслан Айратович, Низамов Равиль Салимович,  
Панкратов Дмитрий Леонидович, Шибиков Владимир Георгиевич

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского)  
федерального университета, г. Набережные Челны пр. Мира 68/19, 423812,  
Республика Татарстан, Россия  
guanava@mail.ru, pankratovdl@gmail.com, nizamovrs@yandex.ru,  
vladshib50@gmail.com

Аннотация: Рассмотрены требования к схеме осадки при прецизионной штамповке зубчатого венца с целью снижения величины заштамповки окалины. Разработан алгоритм проектирования перехода осадки для прецизионной штамповки.

Abstract: Considers the design requirements precipitation during precision forging of the ring gear to reduce the magnitude of the cliche dross. The developed algorithm of designing the transition precipitation for precision stamping.

Ключевые слова: прецизионная штамповка, шестерня, осадка.

При прецизионной штамповке шестерен предъявляются повышенные требования к качеству поверхности штампуемого зубчатого венца. Согласно [1], одним из неуправляемых факторов в процессе горячей объемной штамповки, снижающих качество поверхности готового изделия, является заштамповки окалины. Выбор рациональной системы переходов при прецизионной штамповке зубчатого венца шестерен позволяет в значительной степени снизить величину заштамповки окалины путем сбивания окалины осадкой и применением схемы штамповки с верхним расположением зубчатого венца.

Для эффективного удаления окалины с поверхности заготовки, схема осадки должна удовлетворять следующим требованиям:

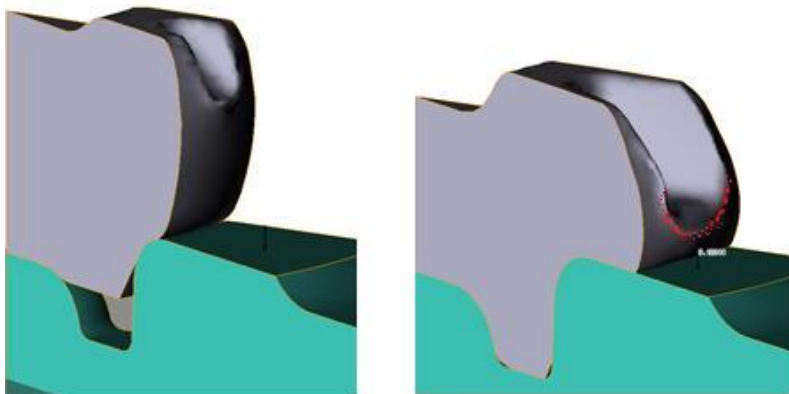
1. Обеспечение большой степени деформации для эффективного удаления окалины с поверхности заготовки, а именно применение свободной осадки на плоских вставках для заготовки с максимально допустимым соотношением  $L/D_{зиг}$ .

Определение необходимого объема заготовки для штамповки детали-представителя производится по стандартной процедуре [2]. Наиболее приемлемые размеры заготовки определены из максимально допустимого соотношения длины к диаметру заготовки. Условием устойчивости при осадке принято соотношение  $H_{заг} \leq 3D_{заг}$ , где  $H_{заг}$  – высота заготовки;  $D_{заг}$  – диаметр исходной заготовки. Причем оно верно для заготовки, полученной пилением с минимальной косиной реза (до 0,1 мм). В случае применения рубленой заготовки косина реза достигает значений до 5°, что в свою очередь, снизит отношение до  $H_{заг} \leq 2,5D_{заг}$ . Применение соотношений высоты к

диаметру заготовки более указанных приводит эффекту «двойной бочки» при осадке в плоских бойках и к изгибу заготовки с образованием одностороннего заусенца [3]. Назначение максимально допустимых по приведенному соотношению размеров заготовки позволит обеспечить наибольшие степени деформации и, соответственно, интенсивный сбив окалины с поверхности нагретой заготовки на переходе осадки.

2. Сбивание окалины с поверхности заготовки, идущей на формообразование зубьев. Эти поверхности полуфабриката, должны быть получены без соприкосновения с инструментом.

3. Форма осаженого полуфабриката должна обеспечивать однозначную укладку в последующий штамповочный ручей и формообразование зубьев путем выдавливания металла от основания к вершине зуба. Получение зубьев выдавливанием вдоль продольной оси зуба приводит к образованию складки и зажима (рис. 1).



Начало внедрения инструмента      Окончание внедрения инструмента

Рисунок 1 – Моделирование формообразования выдавливанием вдоль продольной оси зуба

Для реализации указанных условий при проектировании технологического процесса разработан алгоритм на рисунке 2.

Входными данными для проектирования являются 3D модель и чертеж поковки. Выходом алгоритма является КД рациональной схемы переходов с определенными параметрами осадки.

Выводы:

1. Определены требования к разработке системы переходов при прецизионной штамповке зубчатого венца.

2. Разработан алгоритм проектирования перехода осадки при прецизионной штамповке круглых в плане поволоков с зубчатым венцом.

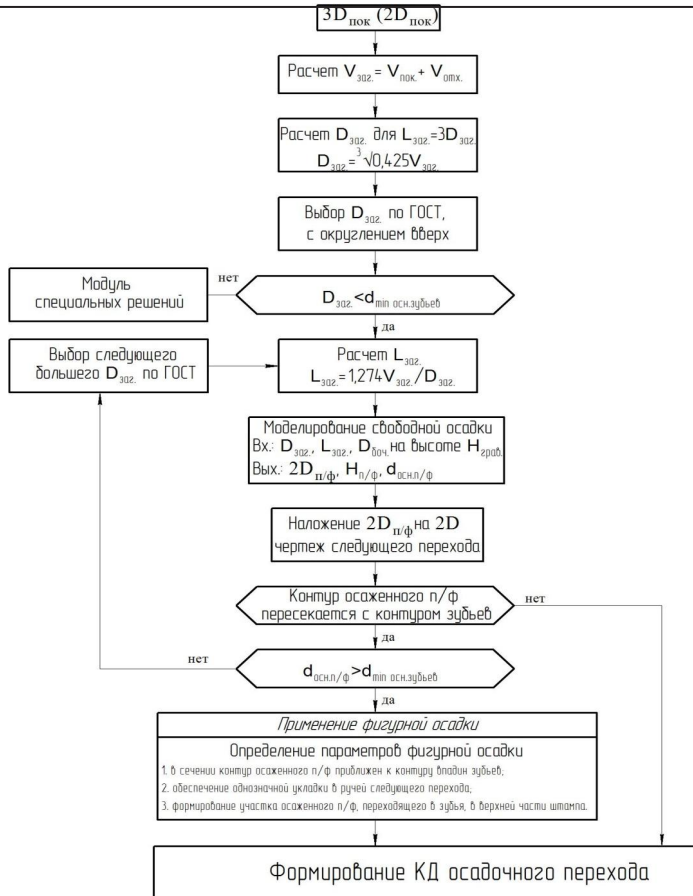


Рисунок 2 – Алгоритм разработки перехода осадки при прецизионной штамповке круглых в плане поковок с зубчатым венцом.

### Список используемых источников.

1. Хайруллин Р.А., Низамов Р.С., Владимирова С.Г. Выбор метода штамповки, обеспечивающего получения рабочих поверхностей детали без применения механической обработки. «IX Камские чтения»: всероссийская научно-практическая конференция. (2017; Набережные Челны). Часть 1.
2. Технологический справочник по ковке и штамповке /Под редакцией М. В. Сторожева/ - государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, — 1969, 966 с.
3. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т./Ред. Совет: Е.И. Семенов и др. - М.: Машиностроение, 1986-Т.2. Горячая штамповка /Под ред. Е.И. Семенова. 1986. 592 с., ил.



## ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ

Хусаинов Рустем Мухаметович, Авдеев Илья Вячеславович,  
Крестьянинов Павел Николаевич, Сафин Динар Дамирович

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского федерального  
университета, 423812 г. Набережные Челны, пр. Мира, д. 68/19

**Аннотация.** В статье рассматривается методика подбора оптимальных режимов резания при обработке на фрезерных станках путем проведения эксперимента. При этом учитываются динамическая устойчивость и производительность обработки.

**Ключевые слова:** фрезерование, виброустойчивость, виброакустическая диагностика

### SELECTION OF OPTIMAL CUTTING MODES FOR MILLING IN TERMS OF PERFORMANCE AND VIBRATION RESISTANCE

In the article the technique of experimental selection of the optimal cutting conditions during machining on milling machines is considered. The dynamic stability and processing capacity are taken into account.

**Key words:** milling, vibration resistance, vibroacoustic diagnostics.

В условиях современного машиностроительного производства одной из ключевых характеристик деятельности предприятия является производительность. Если рассматривать процесс изготовления деталей на металлорежущих станках, то в качестве одной из главных характеристик производительности можно выбрать объем металла, срезанного с заготовки в единицу времени:

$$П = B \cdot t \cdot s_{min},$$

где  $t$  – глубина резания, мм;  $B$  – ширина резания, мм;  $s$  – минутная подача, мм/мин;

Если рассмотреть данную формулу с точки зрения динамики процесса резания, то становится видно, что эти же величины характеризуют динамическую устойчивость системы [1]. Существует понятие предельной стружки, которую можно понимать как сочетание граничных значений ширины и глубины резания, при которых процесс резания становится динамически неустойчивым. Следовательно, повышению производительности может препятствовать потеря динамической устойчивости технологической системы, проявляющейся, например, в форме резкого повышения вибраций.

С другой точки зрения, другие режимы резания по-другому влияют на виброустойчивость технологической системы, так, например, при некоторых

значениях скорости подачи и частоты вращения шпинделя динамическая система станка может войти в резонанс с частотами собственных колебаний.

Таким образом, назначение режимов резания является сложной задачей, при которой необходимо учитывать не только стойкость инструмента, но и динамические характеристики технологической системы. Это особенно важно при назначении режимов черновой обработки. При чистовой обработке значение глубины резания однозначно определяется припуском на чистовую обработку, а значение скорости подачи – требуемой шероховатостью поверхности. При черновой же обработке значения этих параметров не являются строго определенными. Существуют ориентировочные значения глубины резания, однако, назначение режимов резания является, как правило, входным параметром, который технолог должен назначить самостоятельно. В большинстве случаев назначение глубины и ширины резания выполняется технологом эмпирически, на основе собственного опыта [2], ив дальнейшем подвергается корректировке непосредственно в ходе производственного процесса. В этой работе предлагается метод экспериментального определения режимов резания, оптимальных, в том числе и по обеспечению заданной виброустойчивости.

В ходе исследования было выполнено фрезерование пазов на заготовке из стали 40 концевой фрезой из быстрорежущей стали P6M5 диаметром 8 мм с числом зубьев 4 однократными проходами с учетом рекомендаций [3]. Обработка выполнялась на вертикальном фрезерном станке с ЧПУ JMD3CNC. Начальные параметры режимов резания были определены по справочнику [4]. Как показывает практика, именно этот справочник в большинстве случаев дает наиболее приемлемые результаты по режимам резания, однако, даже и в этом случае приходится их корректировать непосредственно в ходе производства процесса. Граничные режимы резания были определены изменением справочных данных в пределах  $\pm 20\%$ . С использованием полученных значений была построена ортогональная матрица планирования эксперимента.

Таблица 1. Матрица режимов резания для эксперимента

№ эксперимента	<b>t</b>	<b>B</b>	<b>s<sub>z</sub></b>	<b>s<sub>min</sub></b>	<b>n</b>
1	0,5	1	0,01	28	700
2	0,5	4	0,03	102	850
3	0,5	7	0,05	200	1000
4	1,25	1	0,03	120	1000
5	1,25	4	0,05	140	700
6	1,25	7	0,01	34	850
7	2	1	0,05	170	850

8	2	4	0,01	40	1000
9	2	7	0,03	84	700

Где:  $t$  – глубина резания, мм;  $B$  – ширина резания, мм;  $s_z$  – подача на зуб фрезы, мм/зуб;  $s_{\min}$  – минутная подача, мм/мин;  $n$  – частота вращения шпинделя.

В ходе каждого эксперимента, соответствующего каждой строке таблицы, определялись характеристики виброакустических колебаний. Эти характеристики служат достаточно объективной оценкой вибраций, происходящих в машинах в процессе их работы.

В каждом эксперименте таким образом были определены максимальная амплитуда колебаний и частота, при которых фиксируется эта амплитуда.

Таблица 2. Анализ экспериментальных данных.

№ эксперимента	$t$ , мм	$B$ , мм	$s_z$ , мм/зуб	$n$ , об/мин	$f_{\text{возм}}$	Частота с макс. ампл.	Макс. амплитуда
1	0,5	1	0,01	700	117,6	355,713819	222,747438
2	0,5	4	0,03	850	428,4	820,580058	813,324513
3	0,5	7	0,05	1000	840	138,424955	3917,889480
4	1,25	1	0,03	1000	504	138,277213	1899,795950
5	1,25	4	0,05	700	588	496,481298	523,295358
6	1,25	7	0,01	850	142,8	465,842385	550,630613
7	2	1	0,05	850	714	478,876318	2392,835059
8	2	4	0,01	1000	168	139,545458	1191,592976
9	2	7	0,03	700	352,8	262,463634	466,981522

Где  $f_{\text{возм}}$  – частота возмущений, Гц.

Как видно из результатов эксперимента, наибольшие амплитуды колебаний возникают при сочетании следующих факторов: резонансных режимов и сечения снимаемой стружки, близкого к максимальному. Это особенно видно из результатов опытов 3,4,7 и 8. Эти опыты характеризуются, во-первых, наибольшим сочетанием глубины, ширины резания и скорости подачи. Во-вторых, был проведен динамический анализ несущей системы методом конечно-элементного расчёта [5]. По результатам расчета были определены собственные частоты несущей системы. В числе этих частот имеются следующие: 121, 513 и 570 Герц. Как видно из таблицы 2, эти собственные частоты близки к частотам возмущающей силы, что соответствует

резонансным режимам. В тоже время эксперимент №9, хотя и характеризуется большими значениями сечения снимаемой стружки, но в нем не выявлено резонансных режимов, поэтому в нем регистрируется небольшой уровень вибраций.

Также для каждого эксперимента была рассчитана производительность резания по формуле.

Таблица 3 – Расчет функции желательности Харрингтона

№ п/п	Максимальная амплитуда, дБ	Производительность, мм <sup>3</sup> /мин	$D_i (A)$	$D_i (П)$	$D_c$
1	222,747438	14	1	0	0
2	813,324513	204	0,840175	0,163511	0,137378
3	3917,889480	700	0	0,590361	0
4	1899,795950	150	0,546148	0,11704	0,063921
5	523,295358	700	0,918664	0,590361	0,542344
6	550,630613	297,5	0,911266	0,243976	0,222327
7	2392,835059	340	0,412719	0,280551	0,115789
8	1191,592976	320	0,737806	0,263339	0,194293
9	466,981522	1176	0,933904	1	0,933904

Где  $D_i (A)$  – значение функции желательности для амплитуды;  $D_i (П)$  – значение функции желательности для производительности;  $D_c$  – комплексное значение функции желательности.

Как видно из таблицы 2, значение производительности и виброустойчивости находится в противоречии друг с другом. Поэтому встает задача определения оптимальных режимов резания, то есть выбора такого эксперимента со своим набором параметров, при котором одновременно обеспечивается высокая производительность и приемлемая виброустойчивость. Такая задача была решена с применением функции желательности Харрингтона. Результаты расчета представлены в таблице 3. Наибольшим комплексным значением функции обладает эксперимент номер 9, режимы которого и были приняты в качестве оптимальных.

Таким образом, с применением данной методики можно экспериментальным путем определить оптимальные режимы резания для технологического перехода. Это позволяет обеспечить заданную производительность при обеспечении виброустойчивости резания, стойкости инструмента и качества обработки. Однако необходимо иметь в виду, что в каждом конкретном случае динамические характеристики будут иметь

различные значения, поэтому такой эксперимент необходимо проводить в конкретных производственных условиях для обработки конкретной детали.

### Литература.

1. Кудинов В.А. Динамика станков. – М.: Машиностроение, 1967. – 359 с.
2. Akhatov R., Govorkov A., Zhilyaev A. Software solution designing of «The analysis system of workability of industrial product» during the production startup of aeronautical products // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 21. С. 42560-42562.
3. Гречишников В.А., Петухов Ю.Е., Пивкин П.М., Романов В.Б., Рябов Е.А., Юрасов С.Ю., Юрасова О.И. Выбор шага смещения формообразующего контура при трохойдальном фрезеровании паза концевыми фрезами // СТИН. 2017. № 4. С. 21-23.
4. Режимы резания металлов: Справочник / Ю. В. Барановский, Л. А. Брахман, А. И. Гдалевич и др. — М.: НИИТавтопром, 1995.—456 с.
5. Сабиров А.Р., Мубаракшин И.И. Построение расчетных моделей для предварительной оценки упругих деформаций технологического оборудования и оснастки // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-1. С. 76-81.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИЛОВОГО КАБЕЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Хуснутдинов Азат Назипович, Рыбаков Рудольф Борисович,  
Киснеева Лейля Нургалиевна, Маслахова Миляуша Нуримановна,  
Хайдарова Айгуль Ринафовна

Казанский государственный энергетический университет, 420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51

**Аннотация.** Увеличение срока эксплуатации кабеля – один из способов экономии электроэнергии. Рассмотрены вопросы улучшения теплоотвода от силового кабеля электрического привода, за счет использования новой конструкции кабеля.

**Abstract.** Increase the life of the cable – one of the ways of saving energy. Considered the issues of improving the heat sink from the power cable of electric drive, due to the use of new cable construction.

**Ключевые слова:** силовой кабель, система охлаждения, электрические потери, температура

Протекание тока в проводниках всегда связано с потерями энергии, то есть с переходом энергии из электрического вида в тепловой. Повышение температуры также влияет на пропускную способность кабеля. Питание потребителей большой мощности осуществляется специальными кабелями с системой охлаждения.

Существующие системы охлаждения силовых кабелей имеет ряд недостатков. Очень низкая плотность теплового потока. Неэффективная система охлаждения. В результате имеются потери (электрические) в силовом кабеле, которые могут достигать значительных величин. В целом это может сказываться на КПД агрегата. *Нагрев кабелей высокого напряжения* ограничивается не только свойствами изоляции, способной длительно работать при температурах порядка 90° С, но и сложными процессами в изоляции, ухудшающими ее состояние[1,2].

Для улучшения характеристик силового кабеля электропривода разработан ряд вариантов конструкций, которые были запатентованы в РФ. Важной особенностью разработок является то, что эффективность отвода тепла от токоподающего силового кабеля повышается на 30-40 %. Эти данные были предварительно определены расчетным путем по специально разработанной методики.

Разработан и изготовлен экспериментальный стенд (рис.1), который позволил провести научные исследования. Для проведения экспериментальных исследований была разработана специальная программа (матрица). Методом планирования эксперимента были выполнены экспериментальные исследования. На основании статистики исследований были получены уравнения регрессии. На основании специально разработанной компьютерной программы было исследовано факторное пространство и его воздействие на функцию отклика. За функцию отклика было принято температурный режим охлаждения силового кабеля электропривода. На основании этих данных были получены оптимальные параметры воздействующих факторов: температура, ток нагрузки, динамические характеристики воздуха (жидкости).

На рис. 1 приведены блок схема и конструкция стенда, которая состоит из следующих элементов. 1 – объект исследования; 2-7 – термоэлектрические преобразователи (термопары); 8 – устройство для измерения температуры УКТ-138; 9 – адаптер АС-2; 10 – ПК.

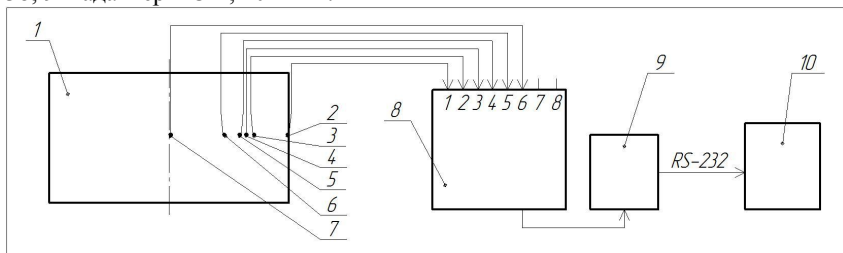


Рис. 1. Блок схема и эскиз конструкции стенда для экспериментального исследования новой конструкции системы теплоснабжения.

Измерительный комплекс состоит:

- Персональный компьютер;
- Устройство для измерения и контроля температуры УКТ38 с пределом основной приведенной погрешности 0,5% при использовании преобразователей типа ТХК(L);

- Адаптер интерфейса АС2 со скоростью обмена данных 9600 бит/с;
- Преобразователь термоэлектрический в мягкой изоляции ДТПЛ011-05/1,5 с пределом измерения - -50... +300°С, имеющего класс допуска – 2, с допустимым отклонением  $\pm 2,5^\circ\text{C}$ .

На данном стенде были проведены экспериментальные исследования. В результате было установлено:

- высокий уровень адекватности полученных результатов;
- низкий уровень погрешности по сравнению с существующими методами;
- время исследования сокращается в несколько раз в результате использования компьютерных технологий.

Были проведены экспериментальные исследования при различных режимах возможных нагрузок. Результаты проведенных исследований позволили сравнить теплотехнические характеристики приведенных вариантов конструкций силового кабеля.

Были сопоставлены данные исследования на стенде, результатов моделирования, исследования факторного пространства с конструкцией системы охлаждения силового кабеля электропривода [3]. На основании этих данных были скорректированы геометрические и физические параметры конструкции силового кабеля электропривода. Результаты проведения исследований дают основание рекомендовать разработанную конструкцию для испытаний в условиях производства.

### Литература

1. Идиятуллин Р.Г. Проблемы энергосбережения в промышленности (теория и практика). Казань: Отечество, 2002. - 304 с.
2. Хуснутдинов А.Н. Исследование влияния эксплуатационных факторов на температурное поле обмотки якоря генератора ГП-311Б / А.Н. Хуснутдинов, Р.Г. Идиятуллин, А.М. Вдовин, А.В. Попов – Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. -2012. №1. С 437-438.
3. Навалихина Е.Ю., Труфанова Н.М. Математическое моделирование тепловых и электромагнитных процессов при определении допустимых токовых нагрузок кабельных линий//Известия Томского политехнического университета. Техника и технологии в энергетике. -2014. -Т. 325, №4. С. 82-90.

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТОВ В АВИАСТРОЕНИИ

*А.В. Черноглазова, П.А. Черноглазов*

Казанский национальный исследовательский технический университет им.  
А.Н.Туполева,  
Казань, 420111, Карла Маркса 10

**Аннотация.** Показаны объемы и перспективы применения композиционных материалов в России и в иностранной промышленности.

Описан опыт разработки конструкции, технологии и изготовления элементов летательных аппаратов из композиционных материалов.

**Abstract.** The volumes and prospects of using composite materials in Russia and in foreign industry are shown. Experience of development of a design, technology and manufacturing of elements of flying machines from composite materials is described.

**Ключевые слова:** полимеры, композиты, самолеты, углепластик, модели.

Объем мирового рынка композитов составляет около 12 млн тонн ежегодно и прядка 700 млрд евро в денежном эквиваленте. В это же время, объемы производимых в России композиционных материалов исчисляются только лишь десятками тысяч тонн и составляют всего 0,3-0,5% от общего объема мирового рынка. Потребление композитов в секторе гражданского использования в денежном эквиваленте достигает около 12 млрд рублей в год.

Современная динамика развития авиастроения предъявляет требования к производителям по топливной экономичности, по экологичности, трудоемкости изготовления. Элементы конструкций из композитов на первых российских лайнерах составляли менее 12% от всего самолета, а современные самолеты состоят из композиционных материалов примерно на треть, а в некоторых моделях процент использования таких конструкций достигает 50%.

Композиционный материал - это искусственный многокомпонентный материал, состоящий, как правило, из пластичной основы, называемой матрицей и наполнителя - армирующего элемента (рис.1). Наполнитель обеспечивает необходимые механические характеристики, а матрица отвечает за совместную работу армирующих элементов и обеспечивает защиту от повреждений и химических воздействий. В результате совмещения армирующих элементов и матрицы образуется композиция, обладающая новым набором характеристик, которыми изолированные компоненты не обладали.

Классифицировать композиты можно как по виду армирующего наполнителя (рис.2), так и по материалу матрицы. По виду армирующего наполнителя композиционные материалы классифицируются на волокнистые, слоистые, гомогенные и скелетные. По материалу матрицы - на полимерные, керамические, металлические и неметаллические.

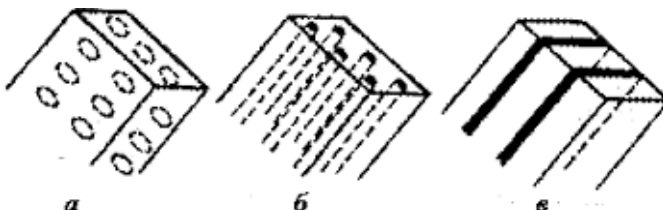


Рис.1 Структура композиционных материалов: *а* – дисперсноупрочненные, *б* – волокнистые, *в* – слоистые



Применение конструкционных материалов и, в первую очередь, композиционных материалов позволяет создавать конструкции с уникальными свойствами и снижать массу деталей и узлов без потери прочности. Они обладают комплексом важных для потребителя свойств: коррозионной стойкостью, низкой плотностью, высокими удельными упруго-прочностными характеристиками.



Рис.2 Вид армирующего наполнителя

Следует также отметить, что в ряде случаев процесс изготовления изделий из полимерных композиционных материалов существенно проще и дешевле, чем изготовление аналогичных по назначению изделий из традиционных конструкционных материалов, однако, чаще всего композиты имеют высокую стоимость, по сравнению с черными металлами, что связано не столько с затратами на ресурсы, сколько с высокой наукоемкостью и дорогим оборудованием для производства. Стоит также отметить, что изготовление деталей из полимерных композиционных материалов это своего рода аддитивная технология: изделие создается путем последующего добавления полуфабрикатов, а не «отсечением всего лишнего». Анализ современных конструкций двигателей показывает, что значительная часть деталей авиадвигателя, лопадки вентилятора, лопадки спрямляющих аппаратов, лопадки перепуска воздуха и рабочие лопадки могут быть изготовлены из композиционных материалов.

Сохраняя все технические требования к изделию, определяя основные критерии применения композиционных материалов в нем, подразумевается получение готового продукта с прочностными характеристиками, не уступающими металлическому прототипу, имеющего улучшенные весовые, стоимостные и другие качества. При этом определение – «конструкция изделия», как состоящая из отдельных элементов в металле, в композитном варианте приобретает более широкое понятие. Возникает понятие «внутренняя конструкция материала». Замена материала одного на другой имеет ряд задач. Это выбор входящих в него компонентов, проектирование конструкции композиционных материалов подетально, перепроектирование облика изделия под свойства композиционных материалов и применяемую технологию с сохранением его функций, выбор технологии изготовления изделия. Следует отметить, что полимерные композитные материалы на основе углеродных волокон получили широкое применение в авиастроении благодаря своей высокой прочности и низкой плотности, они составляют 62% всех композитов, применяемых в авиастроении

Наиболее ярким примером применения композиционных материалов в конструкционных узлах летательных аппаратов на данный момент можно считать Боинг 787 (рис.3). Более половины деталей и элементов данного воздушного судна выполнены из композитов, благодаря чему он имеет более высокий коэффициент полезного действия и более низкий расход топлива по сравнению с предыдущими аналогами.

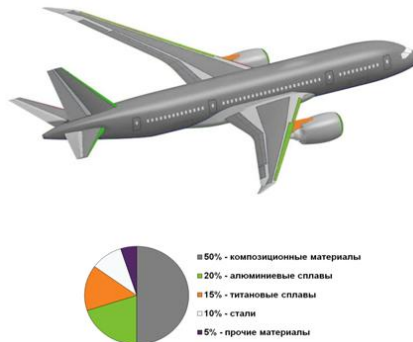


Рис.3 Композиционные материалы в самолёте Боинг 787

В качестве подобного примера в российской авиации можно привести самолет ТУ-334, органы управления и механизации крыла которого сконструированы из композиционных материалов. Композитная конструкция крыла МС-21 (рис.4) позволяет увеличить крейсерскую скорость и высоту полета за счет удлинения крыла самолета по сравнению с металлическими конструкциями. Доля углеродных композитов в общей массе планера составляет почти 40%.

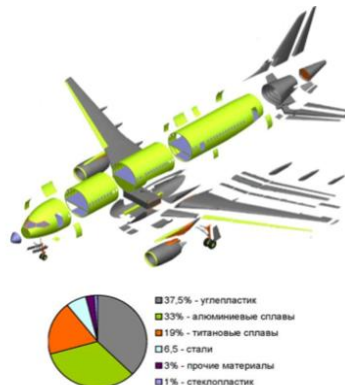


Рис.4 Композиционные материалы в самолёте МС-21

### **Заключение**

В области полимерных композиционных материалов к сегодняшнему дню достигнуто очень многое. Но действительно эффективные конструкции, в широком понимании этого термина, можно создать только путем комплексного подхода к решению поставленных задач. Путем совместного поиска решений и компромиссов специалистами разных профилей. Путем адаптации конструкции, технологии и материалов друг к другу для достижения наилучших результатов.

### **Список литературы**

1. Композиты в авиационной промышленности/  
<http://cae-systems.ru/kompozity-v-aviacionnoy-promyshlennosti>
2. Журнал Новый оборонный заказ. Стратегии /Применение композитных материалов как драйвер отраслей ОПК 2017, №2 (44)
3. Пассажирский самолёт МС-21: лётно-технические характеристики. Справка. РИА новости: Наука и Технологии, 14.07.2008.
4. А.В. Черноглазова, Б.Е. Байгалиев /Технология изготовления пористых композиционных материалов // Международная научно-техническая конференция «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2016» 7 -9 декабря 2016г.

## **ПРОГРАММА «EDUPACK» ПРИ ВЫБОРЕ МАТЕРИАЛА ДЛЯ КОРПУСА САМОЛЁТА**

*А.В Черноглазова, В.В. Бобыкин, П.А. Черноглазов*

Казанский национальный исследовательский технический университет им.

А.Н.Гуполева,

Казань, 420111, Карла Маркса 10

**Аннотация.** Особое внимание уделено использованию программы «EduPack» при выборе материала для корпуса самолета.

**Abstract.** Particular attention is paid to the use of the program "EduPack" when choosing the material for the hull of the aircraft.

При решении задачи по выбору материала корпуса самолета была использована программа «EduPack», которая содержит большую базу данных и позволяет найти информацию о материалах, о его свойствах, производителях и стоимости на мировом рынке. Данный программный продукт предоставлен кафедре Материаловедения, сварки и производственной безопасности в образовательных целях в рамках проекта TEMPUS MMATENG для интеграции КНИТУ-КАИ в европейскую систему образования Болонского процесса.

С помощью программы «EduPack» построили диаграмму свойств материалов (рис.1). Данная пузырьковая диаграмма позволяет извлекать данные для изучения закономерностей. Диаграмма зависимости модуля упругости и плотности, показывает, что каждый вид материалов занимает определенную

область диаграммы: металлы – в правом верхнем углу, ячеистые материалы – в левом нижнем углу, эластомеры – внизу ближе к центру и т.д.

Диаграмма зависимости модуля упругости от плотности материалов позволила выбрать алюминиевые сплавы, титановые сплавы и CFRP - углепластик с эпоксидной матрицей.

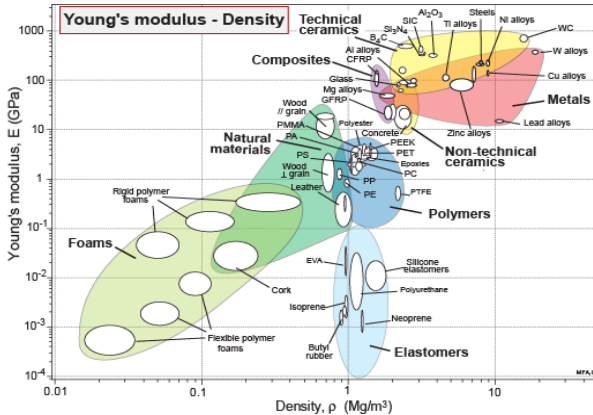


Рис. 1 – Зависимость модуля упругости от плотности материалов.

Анализ свойств материалов, позволил выбрать алюминиевые сплавы, титановые сплавы и CFRP - углепластик с эпоксидной матрицей. При сравнении материалов по пределу прочности (рис.2) (свыше 400МПа) и плотности нами был выбран CFRP т.к., плотность алюминиевых и титановых сплавов по сравнению с композитом на полимерной матрице очень высокая.

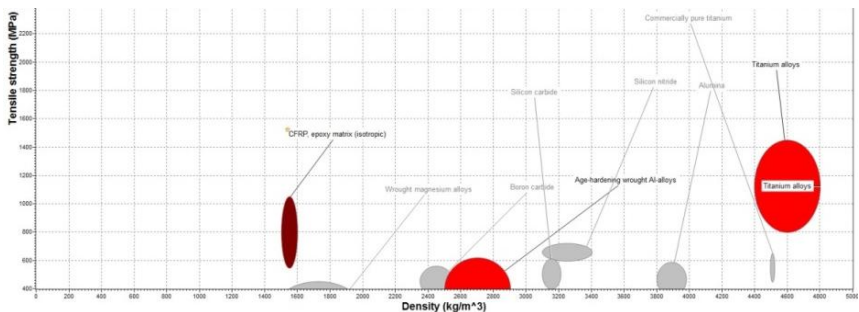


Рис. 2 – Зависимость предела прочности от плотности материалов.

Минимальную рабочую температуру выбираем в интервале от  $-50$  до  $-100^{\circ}C$ , т.к. учитывается температура в полетных слоях атмосферы.

Дальнейший анализ свойств CFRP показал (рис.3-5), что углепластик с эпоксидной матрицей выдерживает отрицательные температуры до  $-100^{\circ}C$ .



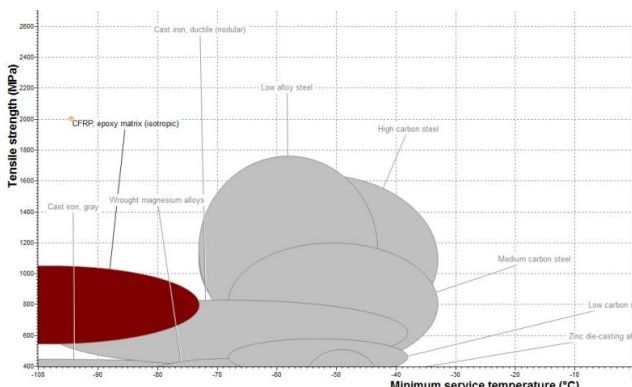


Рис. 5 – Зависимость предела прочности (МПа) от минимальной рабочей температуры (°С)

CFRP имеет максимальную 140-250°C и минимальную рабочую температуру -73,2 до -123°C, длительную прочность (выносливость) 150-300 МПа, твердость по Виккерсу 10,8-21,5 НВ, ударную вязкость 6,12-20 МПа.

Механические свойства композита зависят от геометрических характеристик и материала, т.е. от выбора матрицы и типа волокна, материала, от выбранного направления волокон композита. Например, при добавлении углерода или кевларовых нитей предел прочности очень сильно увеличивается, уменьшается плотность. Влияние окружающей среды на композит так же не проходит без следа, влажность, длительное использование вызывают износ. Однако процесс производства можно удешевить процесс, используя материалы с более короткими волокнами.

Так же следует отметить, что при повреждении материала предел прочности сильно падает, а обнаружить и исправить повреждения крайне трудно.

Широкое применение в авиастроительной промышленности композиционных материалов (углепластиков) требует применения титана (рис.6), т.к. он намного лучше алюминия соединяется с КМ и на 60% увеличивает жизнь летательных аппаратов. К высокой прочности добавляется и свойство незначительных деформаций при температурных изменениях, что повышает размерную стабильность конструкций.

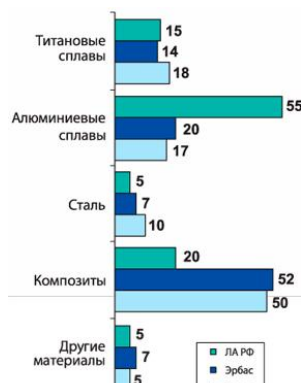


Рис.6 Сравнение применения титановых сплавов в конструкциях ЛА по отношению к другим материалам в процентах

Известно, например, что американский истребитель F22 состоит из титана на 39%, российский истребитель 5го поколения Т50 – на 25%, бомбардировщик – ракетоносец ТУ160 на 38%.

Масса самого большого пассажирского самолета в мире Аэробуса А380 – на 14% состоит из титана, а новейшего Боинга В 787 – уже на 18%. Если говорить об отечественных самолетах, то можно отметить, что семейство реактивных пассажирских самолетов Ан148, содержит 13 % титана, а лайнер Sukhoi Superjet 100 – 5%.

### Заключение

Таким образом, показана возможность выбора материала корпуса самолета с использованием программы «edupack», содержащую базу данных о материалах, о его свойствах, производителях и стоимости на мировом рынке.

### Список литературы

1. Черноглазова А.В., Куртаева Ф.Н./ Использование образовательного ресурса granta design ltd при подготовке студентов по специальности 24.05.07 самолето и вертолетостроение// «Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли - АКТО-2016» сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2016.
2. Черноглазова А.В. , Байгалиев Б.Е./ Программа «EduPack» для выбора полимеров труб теплоснабжения // Третья Международная молодежная научная конференция «Физика. Технологии. Инновации» ФТИ-2016, 16-20 мая 2016 г., г. Екатеринбург.

УДК 621.81:621.73.

## ПРОДЛЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МЕТАЛЛА ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Швейв А.И., Астащенко В.И., Швейва Т.В., Пермьяков Д.Н., Новиков Е.Е.*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
г. Набережные Челны, д.68/19 (1/18)*

**Аннотация.** Выявлено, что после дефектации приблизительно 30% стальных деталей, бывших в эксплуатации подвергаются утилизации. Предложены конструкторско-технологические решения по продлению жизненного цикла металла с отдельных участков забракованных деталей. Показан пример рециклирования металла утилизируемых изделий для изготовления деталей грузового автомобиля.

**Annotation.** It is revealed that after fault detection about 30% of the steel parts which were in operation utilization is exposed. Design-technology solutions on extension of life cycle of metal from certain sites of defective parts are proposed. The example of recycling of metal of recyclable products for production of parts of the truck is shown.

**Ключевые слова:** Дефектация, детали машин, механические свойства, взаимозаменяемость сталей, рециклирование металла.

**Введение.** Одной из причин ухудшения рабочих характеристик сопрягаемых деталей машин и механизмов является их изнашивание [1-2]. В процессе дефектации деталей, бывших в эксплуатации, оценивают их пригодность для дальнейшего использования на ремонтном предприятии. Практика и научные разработки таких предприятий показывают, что экономически целесообразно восстанавливать до 40% деталей, около 30% деталей можно использовать без ремонтного воздействия и приблизительно 30% деталей необходимо заменять новыми [3-6].

Наиболее сложные, металлоемкие и дорогостоящие детали автомобиля после восстановления могут использоваться повторно и это оправданно, так как стоимость их восстановления не превышает 10-50% стоимости изготовления [3]. К наиболее эффективным методам реновации изношенных деталей можно отнести технологии пластического деформирования, наплавки, напыления, гальванопокрытия, химико-термической обработки и металлзации [4-6]. Как показывает практический опыт жизненный цикл металла утилизируемых изделий все же можно продлить путем изготовления из них заготовок для новых деталей.

**Цель работы:** провести диагностику забракованных при дефектации деталей автомобиля, бывших эксплуатации, и определить пригодность их металла для других изделий машиностроения.

**Результаты работы.** Неиссякаемый интерес на ремонтных предприятиях привлекают детали, окончательно забракованные на этапе дефектации и для которых предписан путь на металлургический комбинат в качестве



металлолома. Такие детали необходимо подвергнуть тщательной технической и технологической диагностике по химическому составу и структурному состоянию материалов, механическим свойствам, геометрическим размерам, видам и характеру неисправляемых дефектов и другим показателям. По результатам выполненной диагностики специалистами решается важная и актуальная задача по продлению жизненного цикла металла данных деталей. Методология выполнения этой задачи включает в себя очередность выполнения следующих этапов:

1. На начальной стадии работы изучают конфигурацию детали и определяют виды сечений возможные для повторного использования металла.

2. Применение материала изношенных деталей для других изделий должно опираться на обеспечение показателей надёжности вновь изготовленных деталей. Используемый для новых целей металл забракованных деталей подвергают макро- и микроисследованию, контролируют на наличие наружных и внутренних дефектов, выполняют химико-спектральный анализ и прогнозируют показатели механических свойств. Главная особенность взаимозаменяемости – свойства вновь использованной стали должны быть не ниже базовой.

3. В случае повторного использования металла от деталей, которые испытывали знакопеременные нагрузки в эксплуатации, обязательным условием является их магнитометрический или ультразвуковой контроль на предмет выявления трещин, а также отпуск для снятия напряжений, приобретенных в процессе работы изделия.

4. Завершающим этапом работы является использование предлагаемой технологии по продлению жизненного цикла металла утилизируемых деталей. Наглядным примером реализации технического решения может служить рециклирование (повторное использование) металла, вышедших из строя полуосей (рис.1) автомобиля «КАМАЗ», которые на заводе серийно изготавливают из стали 50Г и 40ХН2МА.



Рис.1. Полуоси автомобиля «КАМАЗ» с наиболее распространёнными местами разрушения

Используемые для полуосей стали имеют хорошую технологичность к процессам термической обработки, в том числе к технологиям объемного и поверхностного упрочнения деталей с нагревом токами высокой частоты (ТВЧ). Анализируя конструкцию полуоси видно, что наибольший интерес представляет участок детали – стержень  $\text{Ø}50 \times 900\text{мм}$ , расположенный между фланцем и шлицевой частью (рис.2а), который может быть использован для широкого круга деталей различного функционального назначения.

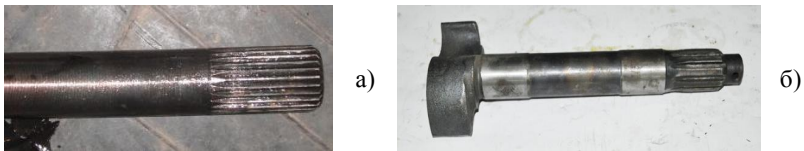


Рис.2. Полуось автомобиля «КАМАЗ» (а) и кулак разжимной (б)

Учитывая технологичность сталей 50Г и 40ХН2МА они эффективны для изготовления, к примеру, разжимных кулаков (рис.2б), серийной сталью для которых является сталь 45, а в качестве упрочнения используется закалка с нагрева ТВЧ. Из стержня одной полуоси можно изготовить три разжимных кулака. На вновь изготовленных деталях будут достигнуты более высокие показатели свойств, нежели на деталях из серийно применяемой стали 45.

#### **Выводы:**

1. Показана возможность рециклирование металла деталей, которые после эксплуатации не подлежат восстановлению или повторному использованию.
2. Предложены новые конструкторско-технологические решения по дальнейшему использованию металла от забракованных деталей базирующиеся на реализации их отдельных участков и технологиях обработки изделий с целью гарантированного обеспечения требуемой структуры и свойств стали и надежности в эксплуатации вновь изготовленных деталей.

#### **Используемая литература**

1. Дехтеринский Л.В. Капитальный ремонт автомобилей. / Л.В. Дехтеринский – М.: Транспорт, 1989. – 264с.
2. Глинер Р.Е. Введение в управление качеством металла / Р.Е. Глинер, В.И. Астащенко – Казань: Изд-во Казанского университета, 2015 – 351с.
3. Карагодин В.И. Ремонт автомобилей и двигателей. / В.И. Карагодин, Н.Н. Митрохин — М.: Академия, 2002. — 496 с.
4. Харазов А.М. Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей / А.М. Харазов. – М: Высшая школа, 1990 - 208 с.
5. Азаматов Р.А. Восстановление деталей автомобиля КАМАЗ. / Р.А. Азаматов, В.Г. Дажин, А.Т. Кулаков, А.И. Модин. – Набережные Челны.; КАМАЗ, 1994. - 215с.
6. Новиков А.Н. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей: учебн. пособие / А.Н. Новиков, М.П. Стратулат, А.Л. Севостьянов – Орел: Орел ГТУ, 2006. – 332с.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ЦЕМЕНТОВАННЫХ И НИТРОЦЕМЕНТОВАННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Швеёв Иван Андреевич, Шибakov Владимир Георгиевич,  
Швеёва Екатерина Ивановна

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского)  
федерального университета  
423831, Татарстан, г. Набережные Челны, проспект Мира, д.68/19.

**Аннотация.** Установлено, что допустимая величина износа на восстанавливаемых цементованных (нитроцементованных) деталях зависит от технических условий по эксплуатации автомобиля. Обязательным условием при этом является сохранение в поверхностном слое (изношенной детали) углерода не менее 0,4 %. Предложено для скоростного нагрева изношенных частей деталей под пластическую деформацию использовать индукционные установки.

**Ключевые слова:** износостойкость, пластическое деформирование, обработка, цементованные детали.

**Abstract.** It is established that the allowable amount of wear on the recovered cemented (nitrosomethane) detail depends on the technical conditions for operation of the vehicle. Prerequisite for this is the preservation in the surface layer (worn parts) carbon not less than 0.4 %. Proposed for high-speed heating of worn parts parts for plastic deformation to use the induction unit.

**Keywords:** Wear resistance, plastic deformation, machining, case hardening details.

Продление ресурса эксплуатации техники за счет восстановления работоспособности изношенных узлов до уровня новых изделий – приоритетное направление развития современной техники. На протяжении последнего десятилетия парк автотехники в стране резко возрос, а соответственно, и повысился спрос на запасные части к автомобилям, как отечественного, так и зарубежного производства. Значительные расходы на дорогостоящие запчасти, их дефицит и зависимость от производителя указывают на актуальность проблемы и требуют неотложного решения по разработке и реализации на ремонтных предприятиях эффективных технологий восстановления быстроизнашиваемых деталей машин.

Для повышения износостойкости деталей широко применяют упрочнение рабочих поверхностей методами химико-термической обработки и, в первую очередь, цементацией и нитроцементацией. Но даже и такие изделия не в полной мере защищены от главного недуга – износа в зоне контакта сопрягаемых деталей. Основопологающим фактором стабилизации и достижения на высоком уровне ресурса деталей является повышение качества

поверхностного слоя, так как он во всех случаях оказывается наиболее нагруженным. В зависимости от вида и степени нагрузки, характера среды и т.д. для большинства изделий эффективными являются общепризнанные технологии упрочнения контактирующих поверхностей, базирующих на нанесении покрытий, легирования, термического и деформационного воздействия, а также за счет их комбинирования. В отдельных случаях несомненное преимущество имеет применение сплавов с повышенными специальными свойствами.

Анализ ремонтных предприятий показывает, что одними из быстроизнашиваемых деталей автомобиля являются шаровые пальцы, крестовины, шкворни и т.д. (рис. 1)

Проведенный анализ по износу деталей грузовых автомобилей, в соответствии с поступившими в капремонт узлов и агрегатов, показал, что его величина в подавляющем большинстве случаев не превышает  $0,1 \div 0,4$  мм на сторону [1]. Восстановление деталей с такими износами, а не их выбраковка, позволяет решать многие технические, технологические и экологические задачи в производстве. При разработке ремонтных технологий ключевое внимание должно уделяться восстановлению геометрических параметров и формированию структуры и свойств поверхности соответствующих или превосходящих первоначальное состояние готовых изделий.

Приоритетное место в технологиях восстановления изношенных деталей машин занимают методы пластического деформирования, благодаря которым осуществляется перемещение металла из нерабочих участков в зоны износа [2]. В реализации такой технологии участвуют стадии нагрева детали под пластическую деформацию, непосредственно сама стадия деформирования, механическая и термическая обработка. Все стадии, без исключения, оказывают существенное влияние на показатели качества не только поверхностного слоя, но и детали в целом. Поэтому необходимым условием является всестороннее обоснование параметров на каждой стадии обработки.

Учитывая величину износа цементованного слоя на изучаемых деталях и закономерности распределения углерода по глубине цементованного слоя, установлено, что в зоне максимального износа содержание углерода на поверхности составляет от 0,5 до 0,7% (рис. 2). Такое содержание углерода обеспечит высокую закаливаемость стали как при охлаждении в воде, так и в масле (рис. 3).

Важным условием при реализации технологии восстановления является сохранение, либо незначительное снижение (до 0,4%) углерода на поверхности такой детали. Эта задача сложна, но выполнима. Сохранение химического состава стали на поверхности во время стадии горячей пластической деформации можно достичь путем безокислительного высокотемпературного ( $T \geq 1000^\circ\text{C}$ ) нагрева только изношенной части детали в соляных ваннах, но применение и эксплуатация такой среды вызывает ряд технологических и экологических проблем. И все же наиболее перспективным является скоростной индукционный нагрев детали. Но и он вызывает небольшое

окалинообразования и частичное обезуглероживание с поверхности из-за контакта нагреваемой, а затем и нагретой детали, с воздушной атмосферой.

На примере стали 40ХН2МА нами оценена степень ее обезуглероживания, произошедшая при нагреве в индукторе заготовки Ø70 мм до температуры  $1260 \pm 20^{\circ}\text{C}$ . Установлено, что необходимое время для нагрева стальной заготовки в индукторе до указанной температуры составляет 8 минут, которое вызывает частичное обезуглероживание с поверхности на глубину до 0,02мм (рис. 4). Естественно, с увеличением времени контакта нагреваемой заготовки с воздухом наблюдается и повышение глубины обезуглероживания поверхности (рис. 4). Поэтому при разработке ремонтной технологии с использованием индукционного нагрева для изношенных деталей необходимо заблаговременно учитывать и припуск на механическую обработку изделий на величину обезуглероженного слоя. Сохранение на поверхности восстанавливаемой детали углерода не менее 0,4%, обеспечит при закалке твердость от 56 HRC и выше (рис. 5).

После механической обработки в окончательный геометрический размер восстановленные детали подвергают поверхностной закалке с нагрева ТВЧ. Для достижения высокой закаливаемости на поверхности скорость охлаждения при закалке, как показали результаты исследования, должна быть не ниже  $400^{\circ}\text{C}/\text{сек}$  в области температур мартенситного превращения (рис. 4), что достигается при спрейерном охлаждении водой, водо-воздушной смесью, водными растворами полимеров и другими средами.

Одним из вариантов реализации разработанной технологии является восстановление шаровых пальцев с износом по цементованной сфере. После горячей пластической деформации изношенной части детали, шлифовки и закалке с нагрева ТВЧ поверхность этих деталей полностью соответствует первоначальному их состоянию: твердость поверхности – 58-59 HRC и микроструктура – мелкоигльчатый мартенсит. Данная технология с успехом может быть применена и при восстановлении изношенных крестовин, шкворней и других цементованных деталей машин.

Заключение:

- Допустимая величина износа на восстанавливаемых цементованных (нитроцементованных) деталях зависит от технических условий по эксплуатации автомобиля. Обязательным условием при этом является сохранение в поверхностном слое (изношенной детали) углерода не менее 0,4 %.

- Для скоростного нагрева изношенной части детали под пластическую деформацию необходимо использовать индукционные установки.

- В качестве упрочняющей обработки для восстановленной в геометрический размер части детали рекомендуется поверхностная закалка с нагрева ТВЧ.

## Литература

1. Металловедение и термическая обработка сталей: справочное издание, 3-е изд. перераб. и доп. в 3-х томах / под ред. М.Л. Бернштейна, А.Г. Рахштадта – М.: Металлургия, 1983. – 352с.

2. Сагарадзе В.С. Повышение надежности цементируемых деталей / В.С. Сагарадзе – М.: Машиностроение, 1975. -216с.

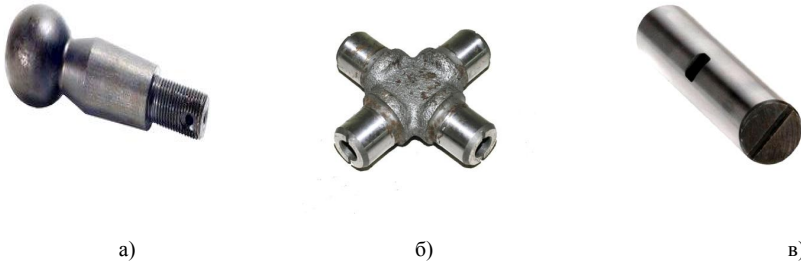


Рис 1. Общий вид изнашиваемых деталей автомобиля: шаровый палец (а), крестовина (б) и шкворень (в).

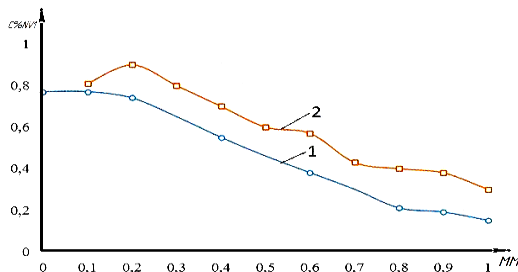


Рис. 2. Изменение содержания углерода (1) и микротвердости (2) по глубине цементованного слоя на стали 18ХГТ

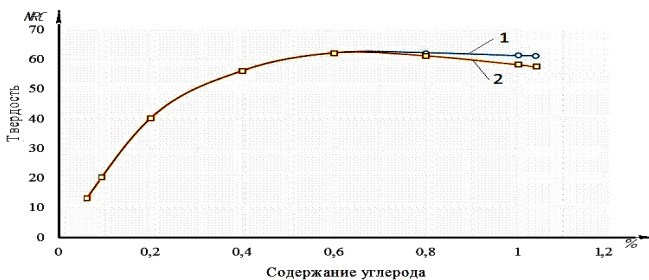


Рис. 3. Влияние углерода на закаляемость стали.  
1-закалка в воде; 2- закалка в масле.

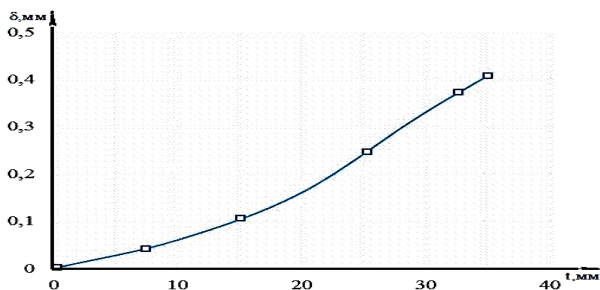


Рис. 4. Влияние времени (t) нахождения заготовки Ø70 мм в индукторе на обезуглероживание (δ) поверхности стали 40ХН2МА

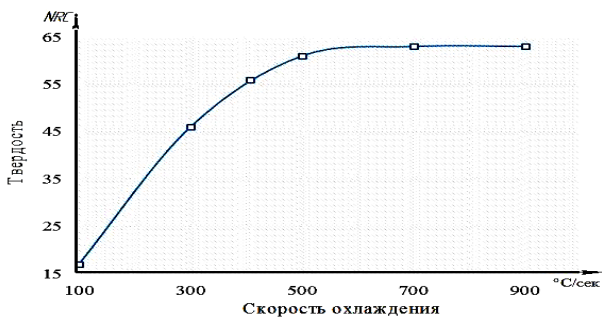


Рис. 5. Влияние скорости охлаждения в интервале температур мартенситного превращения ( $M_n - M_k$ ) на закаляемость стали 45.

## ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ СТАЛЕЙ

Швейёва Т.В., Астащенко В.И., Швейёв А.И., Пермяков Д.Н., Новиков Е.Е.  
Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Набережные Челны,  
д.68/19 (1/18)

**Аннотация.** Исследована структура, прочность и ударная вязкость хромоникелевых сталей после различных вариантов химико-термической обработки. Установлены причины снижения прочности и циклической долговечности упрочненных деталей из стали 20X2H4A. Представлены результаты по росту зерна при нагреве в хромоникелевых сталях и сталях микролегированных нитридообразующими элементами. Предложены новые решения по микролегированию стали и технологии ХТО изделий из хромоникелевых сталей, направленные на повышение прочности и надежности в эксплуатации ответственных деталей автомобиля.

**Annotation.** The structure, durability and impact strength chrome-nickel chemical heat treatment, staly after different options, is investigated. The reasons of decrease in durability and cyclic durability of the strengthened parts from steel 20X2H4A are established. Results on growth of grain when heating are provided in chrome-nickel the steel and the steel microalloyed by nitridoобразующими elements. New solutions on microalloying and HTO technology of products from chrome-nickel staly, durabilities directed to increase and reliability in operation of responsible car parts became proposed.

**Ключевые слова:** Сталь, структура, прочность, цементация, ударная вязкость, термообработка.

**Введение.** Среди значимых достижений XX века в области металлургии и машиностроения несомненный приоритет имеют разработки по созданию хромоникелевых сталей типа 12ХН3А, 20Х2Н4А и 18Х2Н4ВА. Эти стали широко используются для изготовления тяжело нагруженных деталей машин и механизмов, которые одновременно испытывают высокие статические и динамические нагрузки в эксплуатации [1-3]. Не смотря на вышеуказанные достоинства хромоникелевых сталей они недостаточно технологичны при химико-термической обработке (ХТО) и требуют больших топливно-энергетических и трудовых затрат.

**Цель работы:** Исследовать структуру и свойства цементованных деталей из стали 20Х2Н4А упрочненных по различным технологическим схемам и разработать высокотехнологичный способ ХТО.

**Материалы, применяемое оборудование и методы исследования.** В работе использовались широко применяемая в различных отраслях машиностроения сталь 20Х2Н4А. Химико-спектральный анализ металлопроката выполняли на спектрографах «Spektrolab», МФС-51 и анализаторах АН-7529 и АН-7932. Испытания стандартных термически обработанных образцов проводили на растяжение по ГОСТ 1497-61 на



разрывной машине ZD-20, а на ударную вязкость по ГОСТ 9454-70 на маятниковом копре PSW-30.

Химико-термическую обработку деталей выполнили в агрегатах ф. «Холкрофт». Испытания упрочненных деталей на циклическую стойкость проводили на крутильном пульсаторе мод. 914.51 фирмы MTS (США). Крутящий момент изменялся во времени по обнуляемому гармоническому циклу с размахом  $10\text{кН}\cdot\text{м}$ , частота нагружения составляла 4Гц. Испытания проводились до разрушения детали. Количество деталей в каждой партии составляло 8-10 шт.

Для исследования микроструктуры металлопроката и цементованных деталей применяли микроскопы «Неофот - 21», «Эпитип – 2» и «УМ-7200» с системой изображения «Видео Тест – М» и программным продуктом «Гіxomet PRO».

**Результаты работы.** Анализом химического состава механических свойств макро и микроструктуры 144 плавок металлопроката стали 20X2H4A установлено их полное соответствие требованиям ГОСТ 4543-71.

В технологии изготовления большинства деталей машин из хромоникелевых сталей, в том числе и кулаки шарнира автомобиля «КАМАЗ», используются тепловые методы обработки – горячая пластическая деформация, термическая и химико-термическая обработка. Температура нагрева металла на этих стадиях обработки обычно превышает  $900^{\circ}\text{C}$ . К примеру, нагрев под горячую объёмную штамповку составляет  $1220\text{-}1250^{\circ}\text{C}$ , а при термообработке ~  $930^{\circ}\text{C}$ . При таких температурах нагрева в сталях типа 20X2H4A, 12X2H4A и подобных наблюдается низкая сопротивляемость к росту зерна [4].

Интенсивный рост зерна в исследуемых хромоникелевых сталях наблюдается при температурах нагрева превышающих  $900^{\circ}\text{C}$ , что ограничивает температуру их тепловой обработки из-за опасения наследования изделиями крупнозернистого строения, которое повышает вероятность хрупкого разрушения стали.

Традиционные способы ХТО, включающие цементацию в газовой атмосфере при  $910\text{-}930^{\circ}\text{C}$ , подстуживание до  $850\pm 20^{\circ}\text{C}$ , закалку в масло и низкий отпуск при  $180^{\circ}\text{C}$  деталей из таких сталей не эффективны. Статическая и циклическая стойкость деталей недостаточны (табл.1, схема 3) для их надёжной работы в эксплуатации. Химико-термическая обработка деталей по другим вариантам (таблица 1, схема 1,2 и 4) к существенному повышению свойств не привела. Увеличение длительности отпуска с двух до шести часов по всем схемам ХТО дополнительного эффекта не даёт. Установлено, что основной причиной пониженной прочности деталей, упрочненных по схемам 2-4 (табл.1) является наличие крупнозернистого строения стали. Об этом свидетельствует присутствие крупноигольчатого мартенсита в упрочненном слое и сердцевине (рис.1).

Таблица 1

### Структура и свойства 20X2H4A после упрочнения деталей по различным схемам ХТО

№ п/п	Схема ХТО и длительность процесса	Время цементации, час.	Глубина цементационного слоя, мм	Микроструктура упрочненного слоя	Твердость $\frac{HRC_{нов}}{HRC_{ср}}$	Прочность	
						$\frac{M_{разр}}{M_{пр}}$ , кН·м	N, тыс. циклов
1		14	1,34	$M_{(5\delta)} + A_{ост} + K$	$\frac{59}{43}$	$\frac{24,32}{17,18}$	90,6
2		15	1,51	$M_{(7\delta)} + A_{ост} + K$	$\frac{55}{43}$	$\frac{24,79}{17,60}$	77,7
3		15	1,42	$M_{(6\delta)} + A_{ост} + K$	$\frac{57}{42}$	$\frac{22,30}{15,90}$	66,6
4		20	1,60	$M_{(5\delta)} + A_{ост} + K$	$\frac{58}{44}$	$\frac{25,12}{17,80}$	127,1
5		22	1,47	$M_{(3\delta)} + A_{ост} + K$	$\frac{58}{42}$	$\frac{24,20}{18,40}$	314

Обозначения: М – мартенсит(балл);  $A_{ост}$  – остаточный аустенит; К – карбиды;  $M_{разр}$  – момент разрушения;  $M_{пр}$  – момент пропорциональности; N – число циклов до разрушения;  $HRC_{пов(сердц)}$  – твердость поверхности (сердцевины).

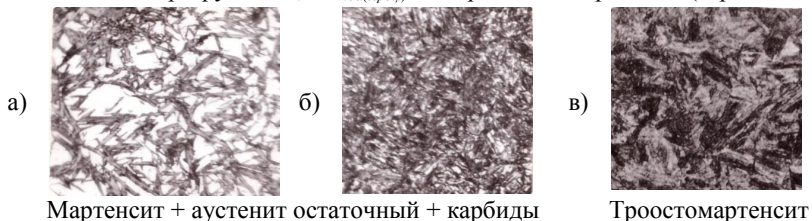


Рис.1. Микроструктура упрочненного слоя на расстоянии 0,3мм (а) и 0,5 мм (б) от поверхности и микроструктура сердцевины (в) деталей из стали 20X2H4A после ХТО. x1000.

Одним из технологических решений по обеспечению на высоком уровне свойств цементованных деталей из хромоникелевых сталей является применение низкотемпературной газовой цементации, а именно при 870°C. Не смотря на снижение скорости диффузионного насыщения углеродом, в таких сталях не наблюдается роста зерна при 870°C, что не потребует дополнительной термообработки по исправлению крупнозернистого строения. Химико-термическая обработка деталей по предлагаемой технологии (табл.1, схема 5) обеспечила получение высокого уровня свойств стали и мелкозернистого ее строения. Следует заметить, что общее время тепловой обработки стали (не считая отпуска) по этой технологии составляет 22 часа вместо 20-23 часов по традиционно известным вариантам, в которых предусмотрена обязательная перекристаллизация стали (табл.1, схема 1 и 2).

#### Выводы:

1. Исследована структура и свойства деталей из стали 20X2H4A упрочненных по различным схемам ХТО и установлено, что причиной снижения прочности и долговечности изделий является крупнозернистое строение стали.
2. Разработана, апробирована и рекомендована к внедрению технология ХТО, включающая низкотемпературную цементацию деталей, которая позволяет стабильно формировать мелкозернистое строение в хромоникелевой стали и получать высокий уровень прочности и долговечности упрочненных изделий.

#### Список использованных источников

1. Зинченко В.М. Инженерия поверхности зубчатых колес методами химико-термической обработки / В.М. Зинченко, М.: Изд-во МГТУ им Н.Э.Баумана, 2001. – 303с.
2. Контроль качества термической обработки полуфабрикатов и деталей: Справочник / Под общ. ред. В.Д.Кальнера, М.: Машиностроение, 1984. – 384с.

3. Тылкин М.А. Справочник термиста ремонтной службы. /М.А.Тылкин – М.: Металлургия, 1981. – 648с.

4. Астащенко В.И. Термоустойчивость микролегированных сталей при технологическом металлопеределе. /В.И.Астащенко, Т.В.Швеёва, Д.Н.Пермяков, А.И.Швеёв, Е.А.Западнава //Технология металлов, 2016, №8. – с. 2-7.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА ПРИ ПРЕЦИЗИОННОЙ ШТАМПОВКЕ ШЕСТЕРЕН

Шибиков Владимир Георгиевич, Панкратов Дмитрий Леонидович,  
Низамов Равиль Салимович, Хайруллин Руслан Айратович

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Набережные Челны пр. Мира 68/19, 423812, Республика Татарстан, Россия, vladshib50@gmail.com, pankratovdl@gmail.com, nizamovrs@yandex.ru, guanava@mail.ru

Аннотация. Описаны основные факторы, определяющие качество поверхности зубчатого венца при прецизионной горячей объемной штамповке. Предложены способы повышения качества поверхности зубчатого венца.

Abstract. The main factors determining the quality of the surface of the ring gear with precision hot forging are described. Methods for improving the surface quality of the ring gear are proposed.

Ключевые слова: поверхность, окалина, прецизионная штамповка.

При прецизионной штамповке шестерен предъявляются повышенные требования к качеству поверхности штампуемого зубчатого венца.

В изделиях зарубежных производителей величина заштампованной окалины составляет до 0,013 мм (рисунок 1).

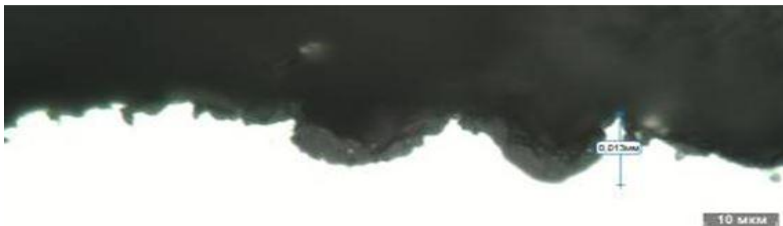


Рисунок 1 - Заштампованная окалина на поверхности детали,  $\times 1000$

При исследовании микроструктуры на поверхности детали, отштампованной в серийных условиях, выявлено наличие заштампованной окалины на глубину до 0,063 мм, в соответствии с рисунком 2.

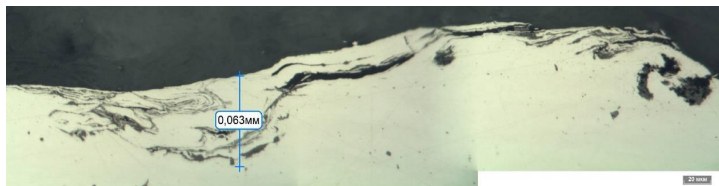


Рисунок 2 - Заштампованная окалина на поверхности детали,  $\times 300$

Поверхностные дефекты указанного характера приведут к преждевременному изнашиванию и выкрашиванию зубьев и выходу из строя зубчатой передачи. Очевидно, для обеспечения надежности работы зубчатой пары необходимо выявить причины заштамповки окалины и обозначить пути ее снижения. Причины и пути решения проблемы качества необрабатываемой поверхности приведены на рис. 3.

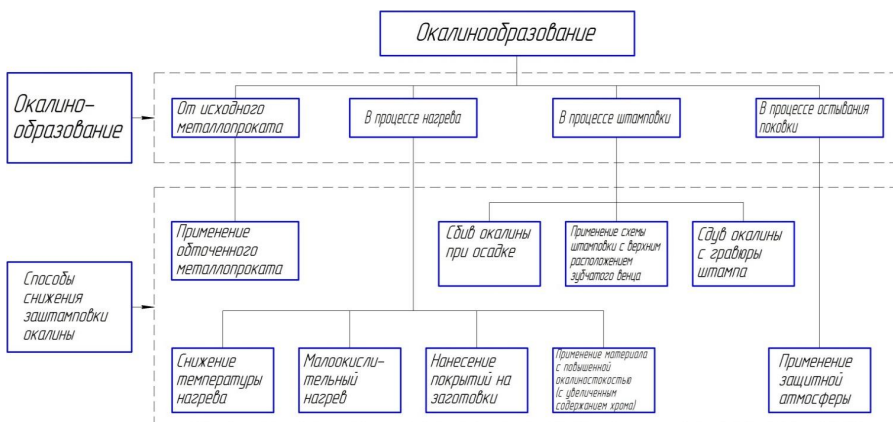


Рисунок 3 – Способы повышения качества поверхности необрабатываемого резанием зубчатого венца.

Согласно [1] на поверхности горячекатанного металлопроката в включения вкатанной окалины глубиной до 0,2 мм Вкатанная окалина трудно удаляется травлением и зачисткой. Следовательно, для исключения заштамповки поверхностных дефектов в области необрабатываемой области готового изделия обязательным требованием к качеству поверхности исходной заготовки является 1 группа качества поверхности металлопроката в отпеченном состоянии.

Снижение температуры штамповки приводит к снижению образования окалины [2] и к увеличению силы штамповки (рис.4). Увеличение силы штамповки ограничено усилием прессового оборудования, снижением стойкости штампового инструмента и пластичности материала исходной заготовки.

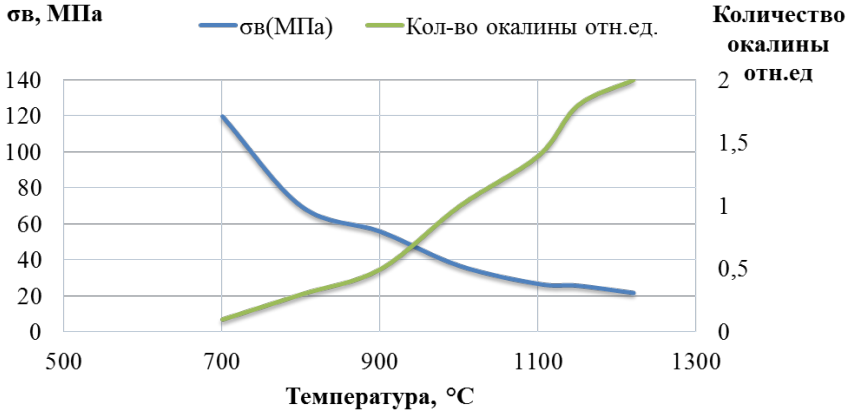


Рисунок 4 – Пример зависимости образования окалины и  $\sigma_v$  от температуры нагрева металла.

Способы малоокислительного и безокислительного нагрева заготовок перед штамповкой описаны в [3].

Применение обзадок отрицательно влияет на точность изделия, т.к. возникает налипание обзадок в области «чистовых» поверхностей (рис.5) [4].

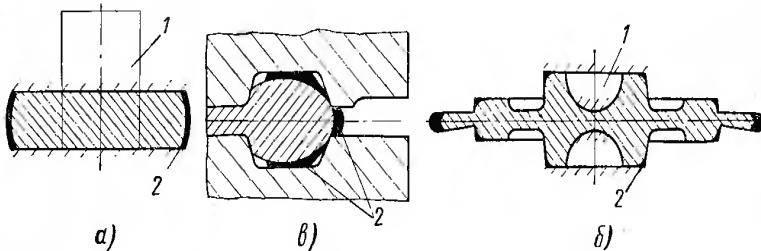


Рисунок 5 – Схема распределения стекла в поковках: *а* – на заготовке после осадки; *б* – в поковке шестерни; *в* – на ободе в процессе штамповки; 1 – пленка стекла; 2 – скопление стекла

Окалиностойкость хромистых сталей обуславливается содержанием в них хрома (рис.6). При содержании в сплаве более 20% Cr окалиностойкость возрастает наиболее резко. Содержание хрома в сплаве должно быть тем больше, чем выше рабочая температура стали. Сталь с 4–6% Cr и 0,5% Mo имеет значительно большее сопротивление ползучести при 400–600° C, чем

обычная углеродистая сталь, причем это сопротивление возрастает с повышением в сплаве до 7% Сг и до 1—1,5% Мо[5].

Таким образом, из линейки конструкционных сталей, применяемых в серийном машиностроении следует рекомендовать стали стойкие к высокотемпературному окислению - такие, как 20Х2Н4МА, 25Х5М, 20Х3МВФ, 20Х2М, 25Х3НМ и др.

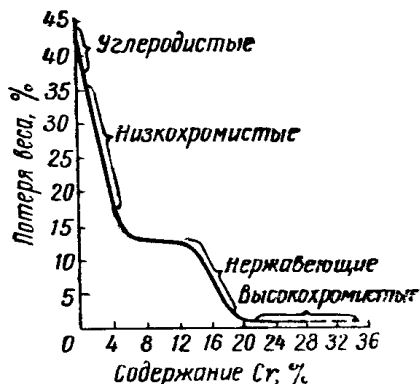


Рисунок 6 – Окислительная стойкость сталей при 1000° С, 48 час., по Мак-Квику

Окалинообразование непосредственно в процессе горячей объемной штамповки можно минимизировать путем выбора наиболее эффективной с точки зрения сбивания окалины схемы осадки на первом переходе. Для предотвращения заштамповки окалины на гравюре зубчатого венца необходимо предусмотреть формообразование зубьев в верхней ковочной вставке и принудительный сдув окалины сжатым воздухом после каждой поковки.

Выводы:

1. Основными факторами, определяющими качество поверхности зубчатого венца при прецизионной горячей объемной штамповке, являются: качество поверхности исходного металлопроката, окисление в процессе нагрева заготовки, в процессе штамповки и при остывании поковки.

2. Предложены следующие способы повышения качества поверхности зубчатого венца:

- применение обточенного металлопроката,
- снижение температуры штамповки,
- использование малоокислительного нагрева,
- выбор материала с максимально допустимым содержанием хрома,
- выбор рациональной схемы осадки для сбива окалины с поверхности заготовки,
- удаление окалины с поверхности гравюры штампа.

При необходимости, можно оценить значимость решений с точки зрения получаемой точности [6].

**Список используемых источников.**

1. ГОСТ 4543-2016Metalлопродукция из конструкционной легированной стали
2. Губинский В.И., Минаев А.Н., Гончаров Ю.В. Уменьшение окалинообразования при производстве проката – К.: Техника, 1981. – 135 с.
3. Петров П.А., Крутина Е.В., Калпин Ю.Г. Нагрев и нагревательные устройства в кузнечном производстве: Учебное пособие для вузов. – М.: МГТУ «МАМИ», 2010.– 110 с.
4. Клюев В.М., Остолоповский А.Н., Шадек Е.Г. Штамповка заготовок, нагретых в расплавленном стекле. «Кузнечно-штамповочное производство», 1966, №10.
5. Манюров Ш.Б. Разработка технологии снижения поверхностного окисления и обезуглероживания стальных заготовок при нагреве с применением кратковременных технологических защитных покрытий: дис. кан. техн. наук. - Спб., 2014.
6. Хайруллин Р.А., Низамов Р.С., Владимирова С.Г. Выбор метода штамповки, обеспечивающего получения рабочих поверхностей детали без применения механической обработки. «IX Камские чтения»: всероссийская научно-практическая конференция. (2017; Набережные Челны). Часть 1.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЦАРАПИН НА ЖЕСТКОСТЬ  
ТОНКОСТЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Якупов Нух Махмудович, Якупов Самат Нухович

Институт механики и машиностроения КазНЦ РАН  
420111, г. Казань, ул. Лобачевского, 2/31

**Аннотация:** Практически отсутствуют работы по исследованию влияния царапин на несущую способность тонкостенных конструкций. Выполнены экспериментальные исследования тонкостенных образцов с системой царапин в двух перпендикулярных направлениях. Сделан анализ влияния глубины царапин на жесткость тонкостенных элементов.

**Ключевые слова:** тонкостенные элементы, тангенциальная жесткость, жесткость на изгиб, царапины

**Annotation:** Practically there are no studies on the effect of scratches on the load-carrying capacity of thin-walled structures. Experimental studies of thin-walled samples with a system of scratches in two perpendicular directions are performed. An analysis is made of the influence of the depth of scratches on the rigidity of thin-walled elements.

**Key words:** thin-walled elements, tangential rigidity, bending stiffness, scratches



*Введение.* Одной из причин разрушения конструкций является наличие поверхностных дефектов, в частности, царапин, которые возникают в процессе эксплуатации. В области таких дефектов образуется сложная пространственно-неоднородная структура материала вследствие появления зон локальных пластических деформаций и сложная геометрия в результате образования бортиков вдоль царапин и наростов в области их пересечения. Царапины менее опасны, чем трещины, однако они, наряду с ослаблением жесткости элемента конструкции, являются концентраторами напряжений и могут стать очагом зарождения трещин.

Стандартное одноосное испытание полос, вырезанных из тонкостенных элементов с различными поверхностными дефектами, дает большой разброс результатов. В некоторых случаях одноосный подход вовсе неприменим. Инденторный метод [1] не позволяет оценивать характеристики жесткости тонкостенных элементов с царапинами в целом.

*Аппарат исследования.* Для определения жесткостных свойств тонкостенных элементов конструкций с системой царапин (рисунок 1) используется экспериментально - теоретический метод [2-6].

На теоретическом этапе, используя соотношения, полученные из нелинейной теории оболочек для случая среднего изгиба, например по [7], и экспериментальную зависимость «прогиб  $H$  - давление  $p$ » для металлических образцов, вычисляется приведенная тангенциальная жесткость на растяжение - сжатие  $B$  и приведенная жесткость на изгиб  $D$ :

$$B = 0,3037 p a \left( \frac{a}{H} \right)^3, \quad D = 0,0253 p \frac{a^4 h^2}{H^3} \quad (1)$$

где  $p$  – равномерно распределенное давление;  $a$  – радиус рабочей части образца;  $h$  и  $H$  – толщина образца и ее прогиб (высота подъема купола).

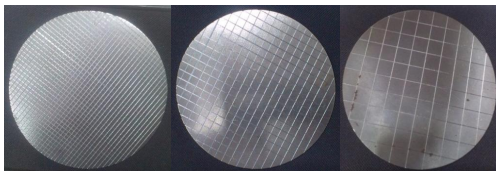


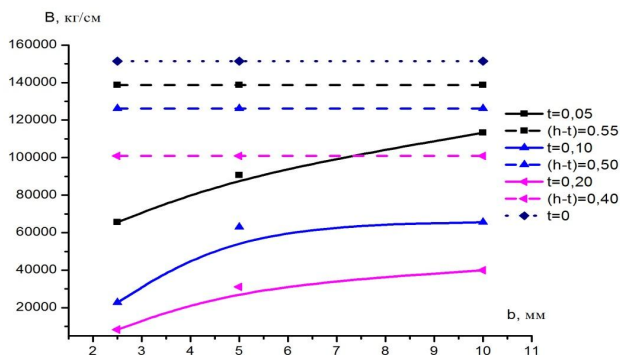
Рисунок 1 – Группа исследуемых образцов:  $b = 2,5$  мм, 5 мм, 10 мм, 20 мм; глубина царапин  $t = 0,2$  мм

*Выполненные исследования.* Исследованы круглые стальные образцы диаметром  $D = 100$  мм, толщиной  $h = 0,6$  мм. Радиус рабочей части образца  $a = 40$  мм. На поверхность образцов в заводских условиях нанесена система взаимно перпендикулярных царапин плотностью (с шагом):  $b = 2,5$  мм, 5 мм и 10 мм и глубиной  $t = 0,05$  мм, 0,1 мм и 0,2 мм (рисунок 1). В таблице 1 приведены прогибы образцов в зависимости от шага  $b$  и глубины  $t$  царапин.

Таблица 1 – Прогибы образцов  $H$  (мм) при давлении  $p = 0.04$  МПа

Глубина борозд $t$ (мм)	Шаг борозд $b$ (мм)		
	2.5 мм	5 мм	10 мм
0,05	0,78	0,70	0,65
0,10	1,11	0,79	0,78
0,20	1,55	1,00	0,92
Без борозд	0,59		

Как видно из таблицы 1, прогибы образцов с уменьшением шага царапин (борозд) увеличиваются. При этом с увеличением глубины царапин, прогибы растут быстрее. По экспериментальным данным, приведенным в таблице 1, используя формулы (1) вычислены: приведенная тангенциальная жесткость на растяжение - сжатие  $B$  и приведенная жесткость на изгиб  $D$ . Изменения жесткости образцов на растяжение-сжатие  $B$  и жесткости образцов на изгиб  $D$  от шага  $b$  царапин для рассмотренных глубин борозд  $t$  приведены на рисунок 2 и 3, соответственно.

Рисунок 2 – Зависимость « $B - b$ » при  $t = 0,05; 0,1$  и  $0,2$  мм

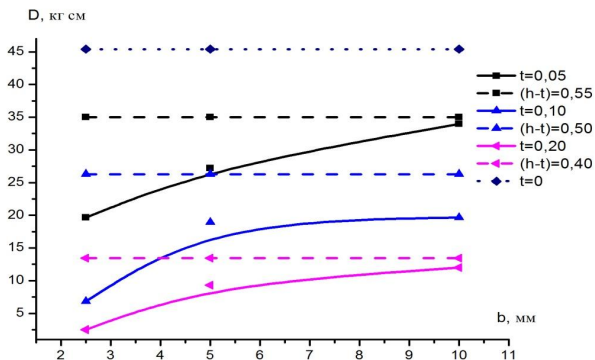


Рисунок 3 – Зависимость « $D$ -  $b$ » при  $t = 0,05; 0,1$  и  $0,2$  мм

Как видно из рисунков 2 и 3, наличие царапин существенно снижает жесткостные характеристики образцов. Приведенные тангенциальные жесткости образцов  $B$  и приведенные жесткости образцов на изгиб  $D$  с уменьшением шага царапин  $b$  уменьшаются, причем с ростом глубины царапин  $t$  наблюдается существенное снижение жесткости. При этом приведенные жесткости образцов  $B$  и  $D$  с системой царапин меньше соответствующих жесткостей для гладких образцов соответствующей минимальной толщины. Этот эффект можно объяснить появлением на поверхностях царапин вдоль канавок пластически деформированных приповерхностных слоев. Описать эти образования практически невозможно, поэтому использование экспериментально - теоретического метода является наиболее эффективным подходом.

*Заключение:* Установлено, что с уменьшением шага царапин жесткости уменьшаются, а с ростом глубины – наблюдается существенное снижение жесткостей. Очевидно, эффект снижения приведенных жесткостей образцов с системой царапин по сравнению с соответствующими жесткостями для гладких образцов соответствующей минимальной толщине можно объяснить появлением в области царапин вдоль канавок пластически деформированных поверхностных слоев.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Oliver W., Pharr G. J. // Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 473, 57 (1997).
2. Якупов Н.М., Нурғалиев А.Р., Якупов С.Н. Методика испытания пленок и мембран в условиях равномерного распределенного поверхностного давления // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2008. Т.74. №11. С.54-56.
3. Якупов Н.М., Нуруллин Р.Г., Якупов С.Н. Методология исследования механических характеристик тонких пленок и нанопленок // Вестник машиностроения. №6. 2009. С.44-47.
4. Yakupov N.M., Nurgaliev A.R., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N. Operation

of structures with corrosive wear // Russian Engineering Research. 2013. Т.33. №2, p.69-73.

5. Якупов Н.М., Нуруллин Р.Г., Нурғалиев А.Р., Якупов С.Н. Патент РФ на изобретение №2310184.

6. Galimov N.K., Yakupov N.M., Yakupov S.N. Experimental - theoretical method for determining mechanical characteristics of spherical films and membranes of complex structure // Mechanics of Solids. 2011. 3. V.46, p.380-386.

7. Галимов Н.К., Нуруллин Р.Г., Леонтьев А.А. // Актуальные проблемы механики сплошной среды. ИММ КазНЦ РАН. Казань: Изд-во КГУ, 2004. С.129-139.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИИ НА КОРРОЗИОННЫЙ ИЗНОС ТОНКОСТЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Якупов Самат Нухович, Якупов Нух Махмудович

Институт механики и машиностроения КазНЦ РАН  
420111, г. Казань, ул. Лобачевского, 2/31

**Аннотация:** Выполнены экспериментальные исследования влияния вибрации на коррозионный износ тонкостенных образцов. Установлено, что большему коррозионному износу в водной среде подвержены образцы при воздействии вибрации. Этот факт имеет важное теоретическое значение при изучении явления коррозии, как сложного электрохимического процесса под воздействием вибрации, так и практическое значение, в частности, при проектировании конструкций и защиты их от коррозии.

**Ключевые слова:** тонкостенные элементы, коррозионный износ, вибрация

**Annotation:** Experimental studies of the influence of vibration on the corrosion wear of thin-walled samples are performed. It has been found that more corrosive wear in an aqueous medium is affected by specimens exposed to vibration. This fact is of great theoretical importance in studying the phenomenon of corrosion, as a complex electrochemical process under the influence of vibration, and practical importance, in particular, when designing structures and protecting them from corrosion.

**Key words:** thin-walled elements, corrosive wear, vibration

**Введение.** Явление пассивности металлов было открыто, очевидно, английским физиком М. Фарадеем [1]. Известно, что на поверхности металла, находящегося в какой либо среде, образуется защитный пассивирующий слой, при разрушении которого начинается коррозионное разрушение [2-4].

Физические поля, в частности, ультрафиолетовое излучение [5-7] и магнитное поле [8-11] способствуют разрушению пассивирующего слоя. На коррозионный износ влияет при этом даже направление магнитных силовых линий [12,13]. Деформация поверхности элементов конструкций также способствует разрушению защитного слоя [14-16]. Не удастся найти работы по

изучению коррозии при вибрации.

*Выполненные исследования.* Тонкие круглые образцы из стали Ст3 с исходной толщиной  $h = 0,6$  мм размещаются вертикально в емкостях с водой, которые устанавливаются на площадке, прикрепленной к компрессору (рисунок 1). Контрольная группа емкостей располагается в спокойной от вибрации области. Образцы выдерживаются в водной среде в течение заданного времени.

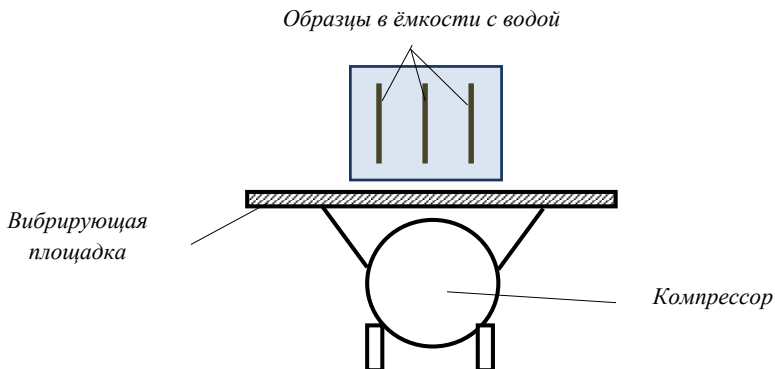


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Компрессор работал в течение четырех месяцев в автоматическом режиме: включался (вибрация) – 30 сек и выключался (без вибрации) – 6 мин. 10 сек.

Для оценки степени коррозии образцов, выдержанных заданное время в водной среде, используется экспериментально-теоретический метод, основанный на синтезе экспериментальных данных и теоретических соотношений, полученных из нелинейной теории тонких оболочек и теории пластичности [17-21].

Для каждого образца определена зависимость максимального прогиба  $H$  от давления  $p$ . По средним значениям максимальных прогибов образцов построены кривые «давление  $p$  - прогиб  $H$ », которые представлены на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, образцы из группы, подверженной вибрации, при одном и том же давлении прогибаются больше, чем образцы из контрольной группы, т.е. образцы под вибрацией подвергаются большему коррозионному износу, чем образцы из контрольной группы.

О степени коррозионного износа рассмотренных образцов, подтверждающего сделанный выше вывод, говорит также изменение значений толщины образцов: среднее значение толщины образцов, подверженные

воздействию вибрации составило 0.556 мм, а для контрольной группы – 0.569 мм.

Обнаруженный эффект можно объяснить тем, что вибрация способствует разрушению защитного пассивирующего слоя, образуемого в процессе коррозии.

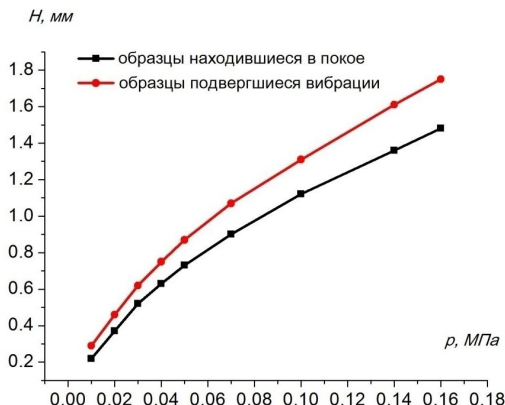


Рисунок 2 – Зависимость «давление  $p$  - прогиб  $H$ »

**Заключение:** Вибрация влияет на коррозионный износ. Большому коррозионному износу в водной среде подвержены образцы, испытывающие вибрацию. Этот факт имеет важное теоретическое и практическое значение, учитывая состояние работы многих конструкций и сооружений из металла.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Faraday M. // Phil.Mag., V.9, №51, 1836. – P. 53-57.
2. Frumkin A.N. // Phys. chem., 1932. В.44. №7. P.116.
3. Колодыркин Я.М., Фрумкин А.Н. // ДАН, 1941. Т.33. №7-8. С.446-451.
4. Сидоренко С.Н., Якупов Н.М. Коррозия – союзник аварий и катастроф. Монография. М.: Издательство РУДН, 2002. 93 с.
5. Thompson E.A., Burleigh T.D. // Corrosion Engineering, Science and Technology, V.42, №3, 2007, pp.237-241.
6. Якупов Н.М., Гиниятуллин Р.Р., Якупов С.Н. Влияние ультрафиолетового излучения на коррозионный износ стальных образцов // Доклады РАН, 2012. Т.446. № 6. С.624-626.
7. Yakupov N.M., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N. Effect of Ultraviolet Radiation on the Corrosive Wear of Steel Samples // Doklady Physics, 2012, Vol.57, No.10, pp.393-395.
8. Yee Chin Tang and Alison J. Davenport // Journal of The Electrochemical Society, 154 (7) 2007, pp.362-370.

9. Якупов Н.М., Гиниятуллин Р.Р., Якупов С.Н. Влияние магнитного поля на коррозионный износ // Доклады Академии наук. 2012. Т.443. №2. С.173-175.
10. Yakupov N.M., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N. Influence of the magnetic field on corrosive wear // 19th European Conference on Fracture: Fracture Mechanics for Durability, Reliability and Safety. Kazan, Russia, 26-31 August, 2012. 203\_proceeding.pdf.
11. Yakupov N.M., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N. Effect of a Magnetic Field on Corrosive Wear // Doklady Physics, 2012, Vol.57, No.3, pp.104-106.
12. Якупов Н.М., Гиниятуллин Р.Р., Якупов С.Н. Влияние направления силовых линий магнитного поля Земли на коррозионный износ // ДАН, 2015. Т.463, №6. С.684-686.
13. Yakupov N.M., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N. Effect of the Direction of the Earth's Magnetic Field Lines on Corrosive Wear // Doklady Physical Chemistry, 2015, Vol. 463, Part 2, pp. 188-190.
14. Якупов Н.М., Гиниятуллин Р.Р., Якупов С.Н. Влияние характера деформирования поверхности элементов конструкции на коррозионный износ // Проблемы прочности, 2012, №2. С.76-84.
15. Yakupov N.M., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N. Corrosion on the deformed surfaces // 19th European Conference on Fracture: Fracture Mechanics for Durability, Reliability and Safety. Kazan, Russia, 26-31 August, 2012. 347\_proceeding.pdf.
16. Yakupov N.M., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N. The Influence of the Character of deformation of structural element surfaces on the Corrosive Wear // Strength of Materials, 2012, 170-176.
17. Якупов Н.М., Нургалиев А.Р., Якупов С.Н. Методика испытания пленок и мембран в условиях равномерного распределенного поверхностного давления // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2008. Т. 74. № 11. С.54 - 56.
18. Якупов Н.М., Нуруллин Р.Г., Якупов С.Н. Методология исследования механических характеристик тонких пленок и нанопленок // Вестник машиностроения, 2009. № 6. С.44 - 47.
19. Yakupov N.M., Nurgaliev A.R., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N. Operation of structures with corrosive wear // Russian Engineering Research. 2013. Т.33. №2. p.69-73.
20. Якупов Н.М., Нуруллин Р.Г., Нургалиев А.Р., Якупов С.Н. Патент РФ на изобретение №2310184.
21. Галимов Н.К., Якупов Н.М., Якупов С.Н. // МТТ №3, 2011. С.58-66.

## ***СЕКЦИЯ № 2***

### **«Инновационные разработки и экономика в машиностроении»**

#### **Модераторы:**

**Кашапов Наиль Фаикович** – проректор по инженерной деятельности КФУ - директор Инженерного института КФУ, к.ф.-м.н, д.т.н., проф., членкор АН РТ, академик Российской академии инженерных наук, заслуженный изобретатель РТ,

**Гильманшин Искандер Рафаилевич** - заместитель директора Инженерного института КФУ по научной деятельности, к.т.н.



## К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ПОРОШКОВ ПОЛИАМИДА 12, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Андреева А.А., Ляхович А.М.

Казанский (Приволжский) федеральный университет 420008, г. Казань,  
ул. Кремлевская, 18

**Аннотация.** Рассмотрено изменение поверхностных свойств порошков полиамида 12, используемых в качестве поддержки сплавляемых деталей, после нескольких циклов спекания. Установлено, что ухудшение технологических свойств повторно используемых порошков связано с изменением химического состава поверхности, которое приводит к потере гидрофобных свойств.

**Abstract.** The change in the surface properties of powders of polyamide 12 used as a support for fusion parts after several cycles of sintering is considered. It is established that deterioration of technological properties of reusable powders is associated with a change in the chemical composition of the surface, which leads to a loss of hydrophobic properties.

**Ключевые слова:** 3D принтер, полиамид, свойства поверхности.

Аддитивные технологии создания изделий с помощью 3D принтеров стали на сегодняшний день неотъемлемой частью человеческого прогресса. Трехмерная печать - это построение реального объекта по созданному на компьютере образцу 3D модели. Наиболее распространенными из разновидностей аддитивной технологии, является селективное лазерное спекание (СЛС) и селективное лазерное плавление (СЛП), в которых используются металлические, керамические или полимерные порошковые материалы.

В работе рассмотрены полимерные порошки полиамида 12 (ПА 12), использующиеся в СЛС технологии. Типичная конструкция СЛС - СЛП установок оснащена лазером и имеет три платформы (Рис.1), которые перемещаются в вертикальном направлении. Правая (1) и левая (2) платформы предназначены для хранения порошка и его предварительного нагрева, центральная платформа (3) служит рабочей зоной построения изделия. Коток (4) перемещает порошок из зоны платформы 1 или 2 и равномерно распределяет его на рабочей платформе 3. Луч лазера, направляемый подвижными зеркалами (5) и фокусирующим объективом (6), сканирует поверхность нанесенного слоя порошка и формирует, согласно 3D-модели, первичный слой изготавливаемого объекта. Спекаются те области, которые соответствуют текущему срезу изделия. После завершения сканирования слоя производится сдвиг рабочей платформы вниз на толщину наносимого слоя

порошка, и осуществляется переход к построению следующего слоя изделия. Процесс многократно повторяется вплоть до полного построения изделия.

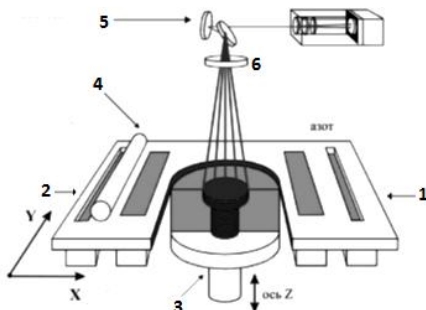


Рис.1. Схематическое изображение 3D принтера с технологией СЛС.

При получении изделий методом СЛС только часть (1\6) порошка подвергается спеканию, оставшийся порошок используется при повторных циклах. При этом вся рабочая камера нагревается до температуры, которая ниже температуры сплавления на 10-15 °С. Температура расплава порошка ПА12 составляет 180 °С.

Однако использование полимерных порошков при повторных циклах приводит к появлению на поверхности деталей так называемой «апельсиновой корки», что ухудшает качество поверхности деталей. Многие исследователи [1, 2] сходятся во мнении, что появление «апельсиновой корки» связано с термоокислением поверхности порошков, которая ведет к агрегации порошков. У порошков прошедших несколько циклов спекания наблюдается ухудшение сыпучих свойств.

Целью работы является восстановление поверхностных свойств порошков ПА12 после нескольких циклов спекания, путем модификации их в шаровой мельнице в присутствии предельного углеводорода (гептана).

В работе использовалась шаровая мельница Retschpm 100, NETZSCH со скоростью вращения 100 об/мин. Время размола изменялась от 2 до 60 мин. Гептан использовался в пропорции к порошку 1:10 и 3:10 масс.долей. Порошки ПА12  $[-NH-(CH_2)_{11}-CO-]_n$  до и после модификации размола исследовались методами электронной микроскопии (ЭМ), рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФС) и инфракрасной спектроскопии (ИК).

Исходные порошки имеют округлую форму и размеры  $50 \pm 10$  мкм (Рис.2 а). После 6-ти циклов использования порошков их размерный ряд не меняется (Рис.2 б), так же как, и после размола (Рис.2 в).

Исследования проведенные методом ИК - спектроскопии показали, что соотношение каминных ( $-NH$ ,  $\nu=3304$   $cm^{-1}$ ), карбонильных ( $=CO$ ,  $\nu=1639$   $cm^{-1}$ ), и  $CH_2$  ( $\nu=2920$   $cm^{-1}$ ) групп в порошках до спекания, после спекания и после размола не изменилась (Рис.3), что свидетельствует о неизменности объемной структуры порошков.

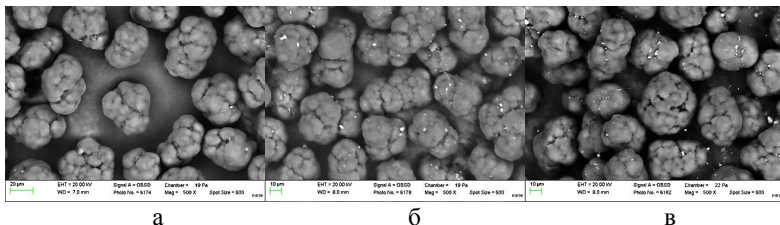


Рис. 2. Порошок ПА 12: а- исходный; б- после 6-ти циклов сплавления; в- после размола в течение 60мин (растворитель 10:1)

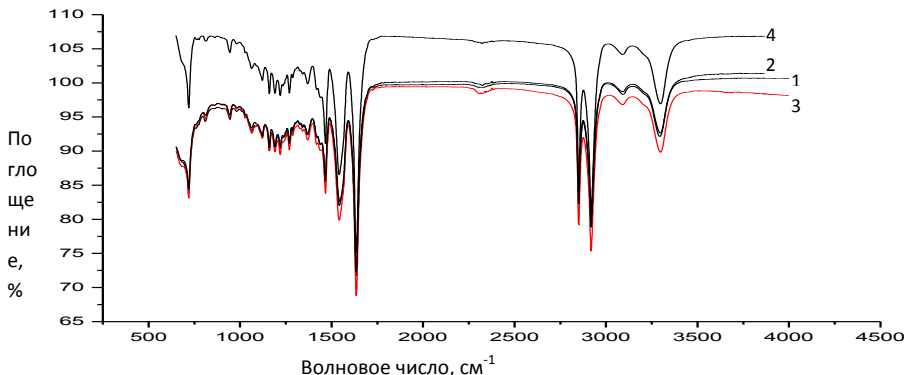


Рис. 3. ИК спектры: 1-исходного порошка, 2-после сплавления, 3- 2 мин размола, 4- 40 минут размола

Согласно химической формуле ПА12 соотношение атомов углерода, кислорода и азота составляет 86: 7: 7 [3]

Данные полученные методом РФЭС установлено, что на поверхности порошков присутствуют кроме атомов С, О, N атомы Si (Табл.1). Анализ спектров  $O1s$  и  $Si2p$  содержания элементов в порошке показал, что Si связан с четырьмя атомами О, которые в свою очередь связаны с гидрофобными  $CH_2CH_3$ -«хвостами»

Возможно, что присутствие кремнийсодержащего компонента с гидрофобными группами в поверхностных слоях придает поверхности исходных порошков высокие текучие свойства.

Температурное воздействие на порошки в процессе спекания деталей приводит к термодеструкции порошков, которой в основном подвержены поверхностные слои. Не исключено, что именно с процессом деструкции связано уменьшение содержания Si и О (а следовательно и уход гидрофобных групп) (Табл.1, Рис.4) в поверхностных слоях порошков после нескольких циклов спекания. На поверхности порошков остаются полярные амидные группы. Поверхность порошков становится гидрофильной и сыпучесть их уменьшается.

Таблица 1 Содержание элементов по данным РФЭС, ат.%

Порошок ПА 12	Количество гептана	С	О	N	Si
Исходный	-	56	33	3	8
После спекания	-	63	26	4	7
Размол 2 мин.	3:10	73	19	3,6	4
Размол 20 мин	3:10	58	25	6	11
Размол 40 мин	3:10	77	15	4	3,8
Размол 60 мин	1:10	65	25	4,5	3,6

Размол порошков в среде предельного углеводорода приводит к механохимической модификации их поверхности. В результате количество полярных групп в поверхностных слоях уменьшается, о чем свидетельствует уменьшение количества атомов О на поверхности порошков (Табл.1, размол 40 мин.). После механохимической модификации в среде предельного углерода сыпучесть порошков повышается.

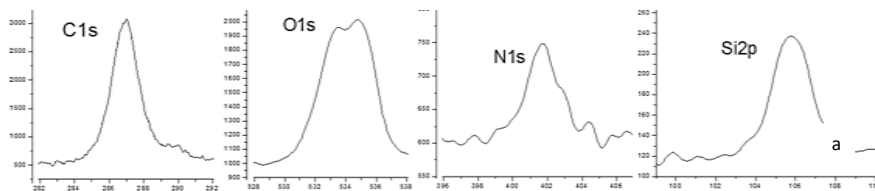


Рис.4. РФЭ - спектр порошка ПА12 после спекания

Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России 11.1300.2017/4.6

### Литература

1. K. Yoshiba, T. Satomi, T. Ishii and T. Dobashi. Thermal properties and dielectric relaxation of a multi-component poly (ether-co-amide) based on polyamide-12. *Polymer International*. 2016, 65, pp. 1214-1220.
2. S. Dadbakhsha, L. Verbelenb, O. Verkinderenc, D. Strobbea, P. Van Puyveldeb, J-P. Krutha. Effect of PA12 powder reuse on coalescence behaviour and microstructure of SLS parts. *European Polymer Journal*. 2017, 92, pp. 250–262
3. G. Beamson, D. Briggs. High resolution XPS of organic polymers. The scienta ESCA 300 database. N.Y.: John Wiley & Sons, 1992. 582 p.

## ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ КАРТЕРА НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ДОВОДКИ ВЫСОКОФОРСИРОВАННОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ

С.М. Андриянов, аспирант 3 года обучения  
В.Н. Никишин, д.т.н. (профессор)  
Набережночелнинский институт Казанского федерального университета,  
Набережные Челны, Россия

А.С. Куликов, главный конструктор по двигателям ПАО «КАМАЗ»  
А.С. Ямаев, Слесарь МСР ПАО «КАМАЗ»  
Научно-технический центр ПАО «КАМАЗ», Набережные Челны, Россия

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются актуальные на сегодняшний день проблемы связанные с разработкой системы вентиляции картера высокофорсированных дизельных двигателей. Выделяются и описываются основные процессы протекающие в системе вентиляции картера дизельного двигателя, а также проблемы и пути их решения. Значительное внимание уделяется основному элементу системы вентиляции картера любого двигателя – маслоотделителю. Рассмотрена оценка работоспособности системы вентиляции картера. Имеются критерии по: оценке расхода попадаемого масла непосредственно в систему вентиляции картера; относительному содержанию масла в картерных газах; эффективности системы вентиляции картера. Имеются данные по моторным испытаниям открытой системы вентиляции картера с запатентованным маслоотделителем современного дизельного двигателя 8ЧН 12/13.

**Annotation.** This article discusses relevant today, problems associated with the development of the crankcase ventilation system highly accelerated diesel engines. Stand and describe the basic processes occurring in the crankcase ventilation system of a diesel engine, as well as problems and their solutions. Considerable attention is given to the main element of the system of crankcase ventilation of any engine is the oil separator. We evaluated the efficiency of the crankcase ventilation system. There are criteria for: the evaluation of consumption Papademos oil directly into the crankcase ventilation system; the relative oil content of crankcase gases; the efficiency of the crankcase ventilation system. Data are available for engine testing open crankcase ventilation system with patented oil separator of the modern diesel engine 8ЧН 12/13.

**Ключевые слова:** автомобильный дизель, система вентиляции картера, маслоотделитель, эффективность, картерные газы.

**Введение.** Экологические показатели дизельных двигателей регламентируются в Европе Правилами ООН с соответствующими поправками и дополнениями. В России дополнительно действуют различные технические регламенты и ГОСТы, требующие выполнение требований Правил Российскими производителями дизелей.

Подобные требования влияют на облик самих дизелей, требуют введения новых конструктивных элементов, реализующих тот или иной способ снижения выбросов вредных веществ с отработавшими газами двигателей. Последнее касается и систем вентиляции картерных газов. В частности, ГОСТ Р 51998-2002. «Дизели автомобильных транспортных средств. Общие технические условия» [1] требует применение в конструкции дизельных двигателей закрытой системы вентиляции картера.

### **Оценка состояния и работы СВК**

Примем в качестве критериев [2]:

1. Расход попадаемого масла непосредственно в СВК определяется косвенно:

$$G_n = G_y + G_o = \frac{m_y}{t} + \frac{m_o}{t} = \frac{m_y + m_o}{t}, \text{ г/мин}, \quad (1)$$

где  $G_y$ ,  $G_o$  — расход унесённого и осаждённого масла маслоотделителем;  $m_n$  — масса попадаемого масла (в смеси на входе в маслоотделитель);  $m_o$  — масса отделённого масла (сливаемого из маслоотделителя);  $m_y$  — масса унесённого (осевшего в фильтре) масла за фактическое время измерения ( $m_n = m_o + m_y$ , г);  $t$  — фактическое время измерения, мин.

2. Относительное содержание масла в КГ (нагруженность системы вентиляции картерных газов):

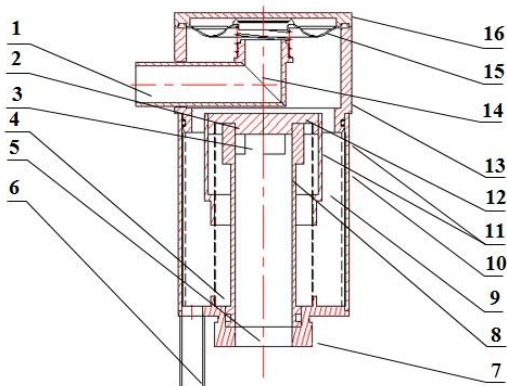
$$a = \frac{G_n}{G}, \text{ г/л}, \quad (2)$$

где  $G$  — расход КГ, г/мин.

3. Эффективность системы вентиляции картера:

$$E = \frac{m_o}{m_y + m_o} \cdot 100 = \frac{m_o}{m_n} \cdot 100, \% \quad (3)$$

Все выше изложенное влечет за собой создание качественно новых элементов системы вентиляции картера, которые бы подходили для данной системы и обладали при этом хорошей эффективностью и работоспособностью. В данном случае это запатентованный маслоотделитель [3] с сопловым аппаратом для открытой и закрытой системы вентиляции картера (рис. 1).



*Рисунок 1 – Основные конструктивные элементы маслоотделителя для закрытой системы вентиляции картера:*

1 – выход для выпуска отсепарированных газов; 2 – сопловой аппарат центральной втулки; 3 – окна соплового аппарата; 4 – успокоитель; 5 – вход для приема маслогазовой смеси от двигателя; 6 – выпускной патрубок для отвода и слива масла; 7 – нижняя часть корпуса; 8 – центральная втулка; 9 – направляющая втулка; 10 – корпус маслоотделителя; 11 – маслоотделительная сетка; 12 – торцевая крышка; 13 – верхняя часть корпуса; 14 – отводящий патрубок отсепарированных КГ; 15 – следящий клапан с пружиной; 16 – крышка

### **Стендовые моторные испытания маслоотделителя открытой СВК**

Были проведены стендовые моторные испытания опытного маслоотделителя на автомобильном дизеле 8ЧН12/13 с имитацией расхода КГ до 400 л/мин.

Результаты испытаний в НТЦ ПАО «КамАЗ» системы вентиляции картера при работе двигателя КамАЗ-740.63-400 в режиме номинальной мощности приведены в табл. 3. Количество отделённого масла определено по формуле (1), а эффективность маслоотделителей рассчитана по формуле (3).

*Таблица 1 – Результаты стендовых моторных испытаний:*

Расход КГ, л/мин	Давление в картере, мм вод ст.	Расход унесенного масла $G_y$ , г/10 мин.	Расход подаваемого масла в маслоотделитель $G_n$ , г/10 мин (1)	Эффективность маслоотделителя $E$ , % (3)
64	3	0	0	100
84	18	0	0	100
90	20	0	0,5	100
130	31	0	2,1	100
180	44	0	6	100
230	59	0	3,9	100

280	77	0,05	3	98,33
330	97	0,05	2,1	97,62
360	107	0,05	2	97,5
400	142	0,1	34,6	99,71

### Заключение

Экспериментальными стендовыми безмоторными и моторными исследованиями подтверждена высокая эффективность системы вентиляции картера с опытным маслоотделителем. Установлено, что в результате стендовых моторных испытаний открытой системы вентиляции картера с применением опытного маслоотделителя предел работоспособности с наименьшей эффективностью (не ниже 97,5 %) определён значениями расхода КГ 360 л/мин.

### Библиографический список

1. ГОСТ Р 51998-2002. Дизели автомобильных транспортных средств. Общие технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. С. 6:
2. С.М. Андриянов, С.В. Башегуров. Анализ формирования требований к системам картера дизелей. // Развитие дорожно-транспортного и строительного комплексов и освоение стратегически важных территорий Сибири и Арктики: вклад науки: материалы Международной научно-практической конференции. Омск СибАДИ, 2014. Кн. 3. С. 241–242;
3. Башегуров С.В., Андриянов С.М., Ямаев А.С. Маслоотделитель системы вентиляции картера двигателя внутреннего сгорания: патент на полезную модель №111582, Российская Федерация. Опубликовано 20.12.2011.

### «НЕМАТЕРИАЛЬНЫЕ АКТИВЫ» –ТАК ЛИ МЫ ИХ ПОНИМАЕМ?

Воробьев Ю.Н.

АО «КНИАТ», 420036, г. Казань, ул. Дементьева, 2в

**Аннотация:** Проведен краткий анализ содержания категории «нематериальные активы». Показано, что основным источником развития организаций в современных условиях служит интеллектуальный капитал.

**Abstract:** The short analysis of content of category "intangible assets" is carried out. It is shown that the intellectual capital is the main source of development of the organizations in modern conditions.

**Ключевые слова:** экономика знаний, нематериальные активы, интеллектуальный капитал

В настоящее время практически общепринятым стало мнение, что современная или, как говорят, «новая экономика» – это «экономика, базирующаяся на знаниях» или более кратко «экономика знаний».



Если в 1962 году данный термин, введенный в обращение Фрицем Махлупом [1], предназначался лишь для определения конкретной ограниченной сферы деятельности, то сегодня под “экономикой знаний” стали понимать такой тип экономики, в которой процессы генерации, накопления, распространения и использования знаний играют решающую роль в обеспечении экономического развития.

Причиной тому стало стремительное распространение достижений научно-технического прогресса последних десятилетий, которое обусловило принципиально новые возможности для человеческой деятельности и существенно изменило образ жизни и способы производства.

Очевидно, что «новая экономика» требует не только создания, освоения и применения передовых производственных технологий, но и разработки и использования новых организационных подходов к управлению предприятиями, поиска нетрадиционных ресурсов для обеспечения надлежащего уровня их экономического роста и повышения конкурентоспособности.

В силу указанных обстоятельств на протяжении последних примерно полутора-, двух десятилетий стал наблюдаться возрастающий интерес к той роли, которую в функционировании любого предприятия играют нематериальные активы. Существует мнение, что отсутствие внимания к нематериальным активам предприятий со стороны лиц, принимающих решения, свидетельствует о недостаточном уровне их компетентности. Более того, в зарубежной практике отдельные авторы утверждают, что «сегодня «руководители, недооценивающие значение нематериальных активов своих компаний, – это руководители, которые в таковые не годятся»[2].

По всей видимости, столь резкая категоричность должна иметь весьма веские основания. Так чем же она обусловлена? Обычно в качестве наиболее убедительного аргумента значимости роли нематериальных активов приводят наблюдаемый в течение последних десятилетий характер изменения структуры рыночной стоимости компаний. На рисунке 1 представлены данные, опубликованные банком «Ocean Tomo, LLC», являющегося торговым банком интеллектуального капитала (Intellectual Capital Merchant Banc<sup>TM</sup>) [3]. Можно видеть, что в течение сорока лет – с 1975 г. до 2015 г., доля, приходящаяся на нематериальные активы, в суммарной рыночной стоимости компаний, присутствующих в фондовом индексе S&P 500, выросла в среднем с 17-ти до 84-х процентов.

Действительно, показанная динамика изменения соотношения представленных компонент рыночной стоимости и стремительность роста нематериальных активов впечатляет. Но одновременно возникает вопрос – а каково же содержание этих нематериальных активов? Что они собой представляют?

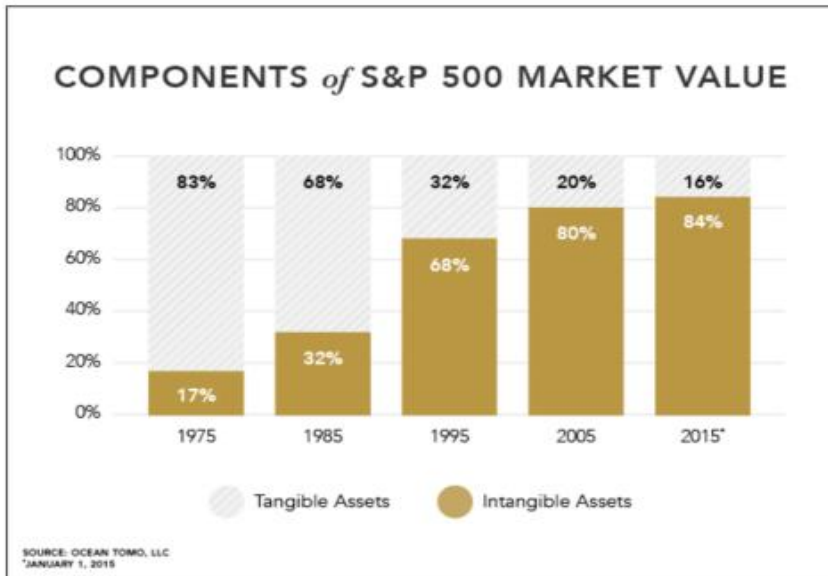


Рис. 1. Компоненты рыночной стоимости компаний S&P 500[3]  
 «Tangible Assets» – материальные активы  
 «Intangible Assets» – нематериальные активы

Как известно, существуют разные профессиональные сферы использования термина «нематериальные активы»– бухгалтерский и налоговый учет, оценочная деятельность, менеджмент. В каждой из них в данное понятие вкладывается своё соответствующее целям и задачам той или иной деятельности содержание. Причём оно бывает отличным не только для разных, но даже для одной и той же профессиональной сферы. Как это имеет место, например, в случае бухгалтерского учёта для различных стандартов. В зарубежной практике во избежание смешения понятий некоторые специалисты в сфере оценочной деятельности вместо употребления устоявшегося в бухгалтерском учёте словосочетания «intangible assets» («нематериальные активы») используют термин «intangibles», исключая слово «assets» («активы»).

Корректности использования категории «нематериальные активы» в том или ином случае уделяется немало внимания [4,5]. Однако, как показывают наблюдения, в ряде случаев по-прежнему сохраняется однажды возникшая и до настоящего времени имеющая место путаница, которая многих сбивает с толку и является причиной выбора неверных ориентиров, когда даже правильное и успешно выполненное решение задач представляется, в лучшем случае, бесполезным, а получаемые результаты ненужными. То и дело встречаются рекомендации, в которых говорится о необходимости увеличения капитализации предприятия за счёт повышения доли нематериальных активов в

общей сумме активов посредством увеличения стоимости объектов интеллектуальной собственности при их оценке и последующей постановке на бухгалтерский учёт в качестве НМА. Для обоснования таких предложений, как правило, и приводят структуру рыночной стоимости компаний, представленную на рисунке 1.

Между тем, если обратиться к публичной отчётности зарубежных компаний, то можно увидеть, что в их бухгалтерских балансах доля НМА с учётом гудвилл в общей сумме активов составляет менее 30%. На рисунке 2 приведены соответствующие данные для некоторых компаний, входящих в список сводного индекса S&P 500 по состоянию на 2017 год [6].

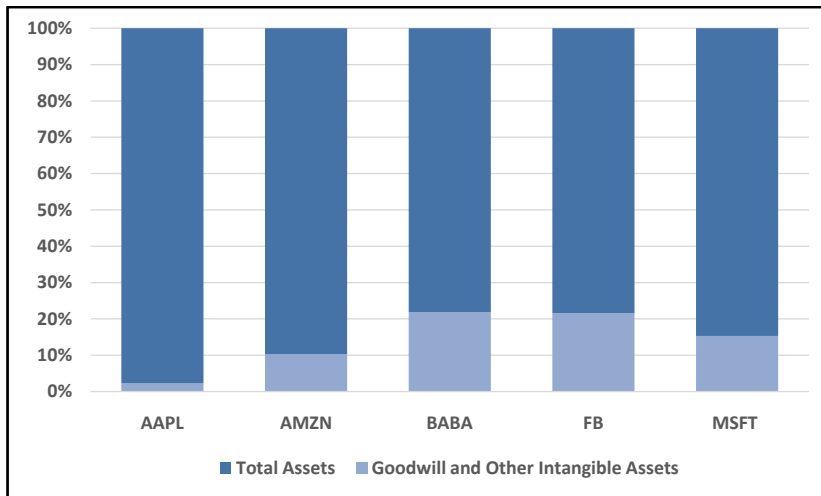


Рис.2. Доля гудвилл и других НМА в суммарных активах компаний[5]

Без учёта гудвилл доля других НМА в общей сумме активов для представленных на рисунке 2 компаний, как можно видеть из Таблицы 1, и того меньше – всего лишь несколько процентов.

Табл.1. Капитализация компаний на 10/30/2017 и данные балансов компаний

Показатель	Компания	AAPL	AMZN	BABA	FB	MSFT
		7/1/2017	9/30/2017	6/30/2017	6/30/2017	9/30/2017
Рыночная капитализация, млрд. \$		842.19	530.66	450.94	516.60	646.56
Гудвилл и другие НМА, млн.\$		8105.0	13271.0	22928.1	20315.0	44987.0
Гудвилл, млн.\$		5661.0	13271.0	19487.2	18129.0	35389.0
Другие НМА, млн.\$		<b>2444.0</b>	-	<b>3440.9</b>	<b>2186.0</b>	<b>9598.0</b>
Сумма активов, млн.\$		<b>345173.0</b>	<b>115267.0</b>	<b>81793.6</b>	<b>73843.0</b>	<b>249097.0</b>

Всё вышесказанное говорит о том, что «intangibles» – нематериальные активы в оценке рыночной капитализации компаний (см. Рисунок 1) представляют собой нечто иное, нежели НМА для целей бухгалтерского учета (Рисунок 2). Пожалуй, наиболее близкой к нематериальным активам как

«intangibles» является категория «интеллектуальный капитал», которая используется в менеджменте.

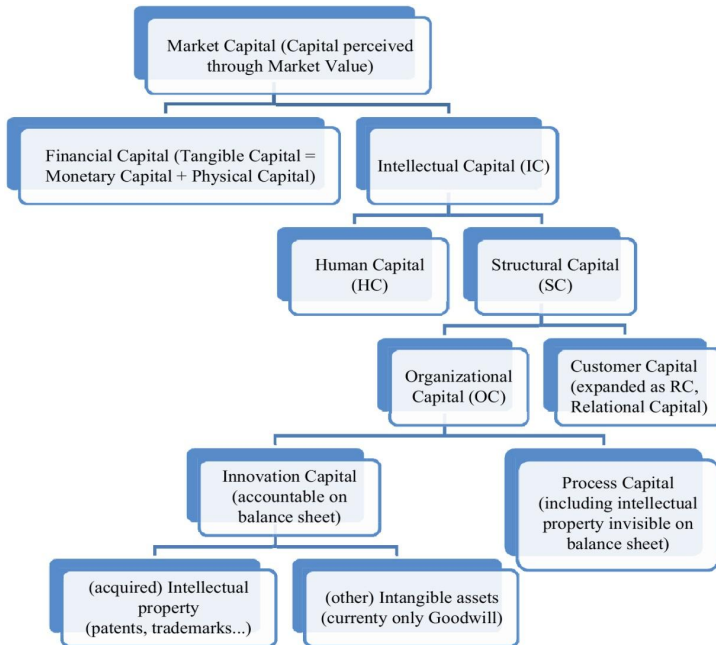


Рис.3. Структура рыночной стоимости компании [6]

Один из вариантов представления структуры рыночной стоимости компании, включающей компоненты интеллектуального капитала, представлен на рисунке 3. Как можно видеть, интеллектуальный капитал достаточно разнохарактерен и включает в себя: человеческий капитал, представляющий собой совокупность компетенций и поведенческих установок персонала организации; структурный капитал, состоящий из клиентского капитала и капитала организационного. Клиентский капитал формируют все те формальные и неформальные отношения, которые существуют у организации с различными юридическими и физическими лицами за её пределами, и влияют на способность создавать ценность. Организационный капитал, представляет собой ту часть накопленных интеллектуальных ресурсов организации, которые были формализованы и принадлежат организации, и, в свою очередь, состоит из процессного капитала и инновационного капитала, где инновационный капитал формируют интеллектуальная собственность и гудвилл, а процессный капитал – это совокупность разработанных и используемых организацией различных процессов, структур, правил и т.п.

Обращает на себя внимание тот факт, что большинство сведений о перечисленных компонентах интеллектуального капитала не отражается на балансах предприятий. Исключение составляют лишь интеллектуальная

собственность и гудвилл. Из чего следует основной вывод проведенного здесь краткого анализа – нематериальные активы организации, которые необходимо рассматривать в качестве источников развития организации, это не только и не столько то, что заключено в бухгалтерской стоимости активов в качестве информации о прошлом, а, главным образом, тенеосязаемые и потому неподдающиеся непосредственному измерению, но тем не менее наиболее важные компоненты интеллектуального капитала, которые содержат в себе возможности будущего.

### Литература

1. Махлуп Ф. Производство и распространение знаний в США / пер.с англ. –М.: Прогресс, 1966. – 426 с. (с.34)
2. Daniel Andriessen, René Tissen. Weightless Wealth: find your real value in a future of intangible assets / Financial Times/Prentice Hall, 2000. – 208 p.
3. <http://www.oceantomo.com/blog/2015/03-05-ocean-tomo-2015-intangible-asset-market-value/>
4. «Капитализация интеллектуальной собственности» – отделяем мух от котлет <http://www.labrate.ru/20101229/stenogramma.htm>
5. Козырев А.Н. Оценка интеллектуальной собственности. Функциональный подход и математические методы / Москва: ЦЭМИ РАН, 2016. – 234 с. ил.
6. <https://www.msn.com/en-us/money/stockdetails/financials>
7. Nenad Gajic. Intellectual property and intellectual capital: defining a relationship. Queen Mary Journal of Intellectual Property, Issue 2: (June 2017) Pages 242–255

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОСТОЙКИХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ УГЛЕРОДНЫХ СИНТАКТНЫХ ПЕН ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Галимов Энгель Рафикович, Тукбаев Эрнст Ерусланович,  
Федяев Владимир Леонидович, Галимова Назиря Яхиевна  
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева  
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Самойлов Владимир Маркович  
НИИ «Графит»  
111524, г. Москва, ул. Электродная, д.2

Орлов Максим Андреевич, Бородулин Алексей Сергеевич  
МИЦ МГТУ им. Н.Э. Баумана  
105005, г. Москва, 2-я Бауманская, 5

Мавлиев Ильдус Рифович  
К(П)ФУ  
423812, г. Набережные Челны, пр. Сююмбике, д.10А

Предложена технология получения изделий на основе углеродных синтактных пен, предназначенных для работы в экстремальных условиях. Определены компоненты и режимные параметры получения пен открытопористой ячеистой структуры с заданными теплофизическими и прочностными характеристиками для изготовления крупногабаритных изделий сложной формы.

The technology of obtaining products based on carbon syntactic foams designed for work in extreme conditions is proposed. The components and modes of obtaining a foam-porous cellular structure with given thermophysical and strength characteristics for manufacturing large-sized products of complex shape are determined.

*Ключевые слова:* углеродные синтактные пены, технология, теплофизические и прочностные свойства.

Синтактные пены представляют собой композиционные материалы, состоящие из полимерной, керамической или металлической матрицы и полых частиц в виде микросфер [1]. Термин «синтактный» означает регулярность строения, когда может быть выделена элементарная ячейка, повторением которой можно описать структуру материала [1-3].

Среди синтактных пеноматериалов особое место по эффективности и перспективности применения занимают углеродные пены, которые обладают повышенными теплофизическими и прочностными свойствами [4].

Целью данной работы является разработка технологии получения углеродных синтактных пен с открытопористой ячеистой структурой для изготовления изделий, в том числе крупногабаритных со сложной геометрией.

В качестве исходных компонентов использовали фенолоформальдегидную смолу (ФФС), растворитель (ацетон) и полые стеклянные микросферы. Приготовление композиций проводили путем смешения ФФС, растворителя и аппретированных полых стеклянных микросфер при определенных соотношениях. Изготовление заготовки изделия проводили в формообразующей оснастке под давлением и повышенной температуре при одновременном воздействии ультразвуковых (УЗ) колебаний частотой 15-18 кГц. Затем проводили карбонизацию заготовки в электровакуумной печи с удалением газовой фазы, и изделие подвергли пироплотнению.

Получение изделия осуществляется в технологической линии, схема которой представлена на рисунке 1.

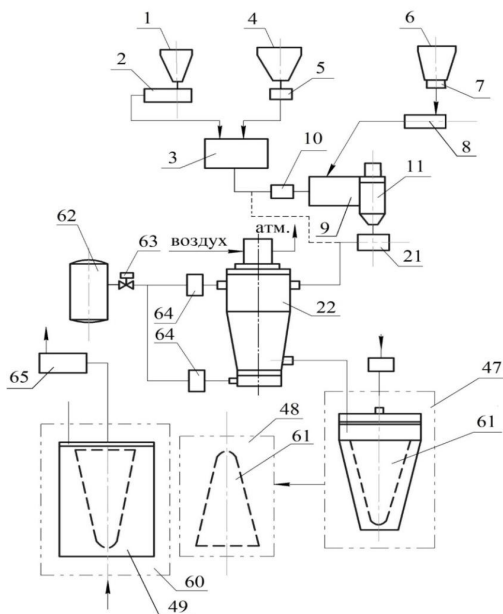


Рисунок 1 – Схема технологической линии

Измельченные гранулы ФФС размером 70-80 мкм загружают в расходную емкость 1 шнекового дозирующего устройства 2 для подачи в узел смешения 3. Растворитель из емкости 4 мембранным насосом-дозатором 5 также подается в узел смешения 3, в котором производится подготовка связующего материала. Смешение связующего с микросферами производится путем их подачи из расходной емкости 6, оснащенной пневматическим вибратором 7 через устройство нагрева 8 в смеситель 9. Подготовленный до необходимой вязкости связующий материал для смешивания с наполнителем подается насосом-дозатором 10, при этом смеситель 9 имеет на выходной прочной части камеру 9 с встроенным в ней волноводом УЗ генератора.

Узел смешения 9 (рисунок 2) связующего материала с наполнителем представляет собой цилиндрический корпус 12, внутри которого расположен неподвижно и без зазора по наружному диаметру сердечник 13 с винтовой линией Архимеда 14. Волновод 15 ультразвукового генератора 16 размещен в камере 11 по оси истечения из нее смешанных компонентов. Связующий материал по входному отверстию 17 через конический зазор 18 проходит по винтовому каналу 19 в камеру 11, приобретая вращательное движение. Во входной части смесителя 9 под углом, параллельном углу наклона винтовой линии 14, через канал 20 в направлении противоположном вращению связующего состава, подается наполнитель. За счет разных направлений движения потоков связующего и наполнителя в объеме связующего происходит дробление и турбулизация наполнителя в связующей массе. Эффект

турбулизации наполнителя в связующем материале повышается дополнительным воздействием УЗ колебаний, в первую очередь на частицы наполнителя, которые имеют плотность, отличающуюся от плотности связующего состава.

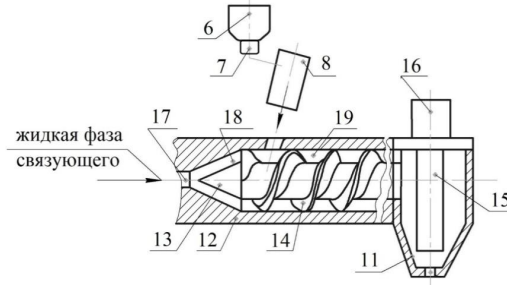


Рисунок 2 – Узел смешения

За счет дозировки объема связующего, подаваемого в специальный узел смешения 9 компонентов, вязкость материала до камеры 11 с волноводом 5 поддерживается в пределах 10-15 Па·с, а после предварительного вакуумирования летучих из камеры 11 при воздействии УЗ колебаний вязкость возрастает до 18-20 Па·с.

Полученный состав с помощью устройства безвоздушного распыления 21 подается в агрегат осушки 22 (рисунок 3) оболочек микроферр закапсулированных в связующем. Агрегат осушки 22 представляет собой цилиндрический корпус 23 с коническим днищем, в нижней части которого располагается камера псевдооживления 24 с фильтровальной перегородкой 25, над которой размещен всасывающий патрубок эжекторного устройства 26 подачи микроферр с осушенной оболочкой в оснастку формования изделия.

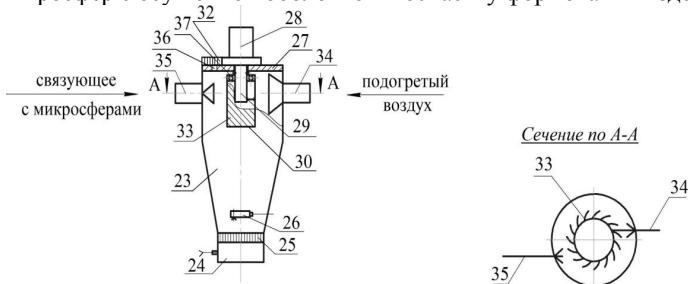


Рисунок 3 – Агрегат осушки

В верхней части цилиндрического корпуса 23, закрытого крышкой 27, установлен пневмодвигатель 28, на валу 29 которого закреплена цилиндрическая обечайка 30 с пневмовибратором 31, а сжатый воздух подводится к нему через центральный канал 32 на валу пневмодвигателя 28. На



наружной поверхности обечайки 30 расположены под углом к оси вращения лопатки 33. Под крышкой 27 цилиндрического корпуса 23 размещены щелевая насадка 34 для подачи на поверхность цилиндрической обечайки подогретого воздуха и с противоположной стороны к ней сопло 35 устройства безвоздушного распыления 21. Избыток воздуха из агрегата осушки 22 удаляется через канал 36 с фильтром 37. Струя вязкой массы, распыленная устройством безвоздушного распыления, распадаясь в мелкие частицы, попадает на поверхность вращающейся цилиндрической обечайки с лопатками, встречается с потоком подогретого воздуха, выпадает вдоль лопаток вниз. Выпавшие с поверхности микросферы встречаются с потоком подогретого воздуха из камеры псевдооживления, находясь постоянно в состоянии барботирования, формируя на них сухую оболочку. Агрегат осушки функционирует в циклическом режиме на определенный объем закапсулированных микросфер. Подача воздуха осуществляется из калорифера 62 через вентиль 63 и регулируется дросселями 64.

Закапсулированные в оболочку из связующего материала и осушенные наполнители эжекторным устройством 26 транспортируются в формовочный узел (рисунок 4), представляющий из себя разъемный корпус 38, внутренняя полость которого имеет наружную конфигурацию изготавливаемого изделия. В разъемный корпус 38 установлен пуансон 39, с наружной стороны имеющий гибкую силиконовую оболочку 40, которые стянуты крышкой 41 к разъемному корпусу 38. Конфигурация пуансона 39 с оболочкой 40 эквидистанты конфигурации внутренней поверхности разъемного корпуса 39 с сохранением канала 42, размер которого соответствует расчетной толщине изделия 61. С наружной поверхности пуансона 39 выполнены проточки 43, соединенные с центральным каналом 44, а на крышке 41 выполнены отверстия 45 для пневмозасыпки закапсулированных в оболочку из связующего материала наполнителей в рабочий объем 42 и выходной канал 46 с фильтровальным элементом (на рис. не показан) для удаления сжатого воздуха при пневмотранспорте.

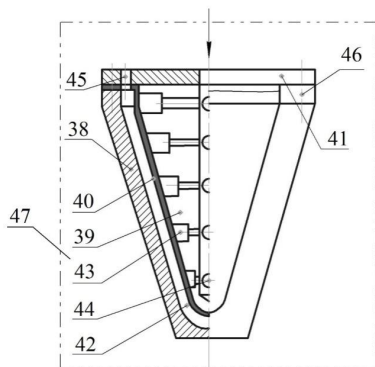


Рисунок 4 - Формовочный узел

Формирование заготовки изделия выполняется в муфельной печи 47 при атмосферном давлении с подпрессовкой засыпки силиконовой оболочки при давлении сжатого воздуха от 0,15 до 1,5 МПа по центральному каналу 44 и при температурах до 200-250°C. После охлаждения сформированной заготовки производится его карбонизации в свободном состоянии в электровакуумной промышленной печи 48 при давлении вакуумирования 10-80 мм. рт. ст. и температуре до 900°C со скоростью подъема температуры 5°C/мин.

Для выполнения операции пироуплотнения наружной рабочей поверхности карбонизированное изделие 38 загружается в специальную оснастку 49 (рисунок 5), внутренняя полость которой идентична наружной конфигурации предварительно карбонизированного изделия.

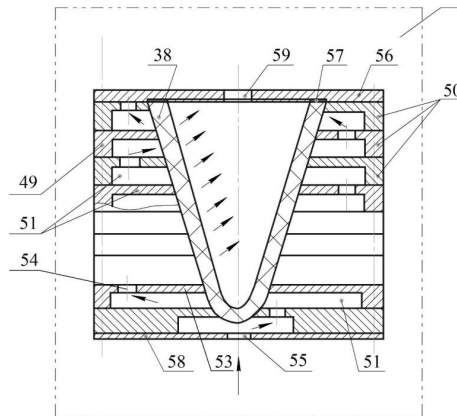


Рисунок 5 – Оснастка для формования изделия

Специальная оснастка 49 представляет собой набор колец 50, герметически соединенных и стянутых между собой шпилькой. Каждое кольцо имеет внутреннюю расточку 51 и отверстие 52 сопрягаемое с наружным контуром изделия. При этом, на герметизирующих контур изделия стенках 53 каждого кольца выполнен ряд отверстий 54 для подачи газовой фазы, а отверстия 54 расположены в горизонтальной плоскости, сдвинутыми на 180° относительно друг друга, начиная с канала 55 подачи газовой фазы. Общая герметизация набора колец оснастки осуществляется стяжкой их верхней 56 и нижней 58 крышками через уплотнитель 57. Для пироуплотнения оснастка с изделием 61 загружается в электровакуумную печь 59. Процесс пироуплотнения предварительно карбонизированной полимерной матрицы осуществляется известным способом подачи природного газа метана на нагретую поверхность изделия с наружной стороны путем инфильтрации газа при наличии градиента давления. Данный способ осаждения пироуглерода на наружной поверхности изделия с открытопористой ячеистой структурой на определенную глубину позволяет обеспечить высокотемпературные свойства наружного слоя при сохранении прочностных и теплозащитных характеристик всего изделия. При этом варианте газ-реагент проходит через пористую

структуру в радиальном направлении к внутренней полости изделия. Вакуумирование внутренней полости через канал 59 осуществляется вакуумной станцией 65.

Таким образом, предложенная технология обеспечивает получение изделия с двухслойной структурой, где наружный рабочий слой, уплотненный пироуглеродом, обеспечивает теплозащитные свойства при эксплуатации до температур 3000°C, сохраняя прочностные свойства внутренних слоев, полученных карбонизацией углеродного пеноматериала.

### Список литературы

1. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения / В.К. Тихомиров // – М.: Химия, – 1975. – С. 11-15.
2. Салосина М.О. Тепловой режим солнечного зонда с учетом ударного воздействия высокоскоростных частиц пыли / М.О. Салосина // Труды МАИ. - 2016. - 86 с.
3. [Электронный ресурс] – Режим доступа:<http://fireflyenergy.com/>, свободный.
4. Chen Y. Preparation and electrochemical properties of pitch-based carbon foam as current collectors for lead acid batteries / Y. Chen, B. Chen, X. Shi, H. Xu, W. Shang, Y. Yuan, L. Xiao // Electrochimica Acta. – 2008. – V.53, – I.5. – P. 2245-2249.

Исследования выполнены в рамках соглашения №14.583.21.0057.

## ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИНТАКТИЧЕСКИХ УГЛЕРОДНЫХ ПЕН

Галимов Энгель Рафикович, Федяев Владимир Леонидович  
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева  
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Самойлов Владимир Маркович, Данилов Егор Андреевич,  
Тимошук Елена Игоревна, Пономарева Дарья Владимировна,  
Находнова Анастасия Васильевна  
НИИ «Графит»  
111524, г. Москва, ул. Электродная, д.2

Орлов Максим Андреевич,  
МИЦ МГТУ им. Н.Э. Баумана  
105005, г. Москва, 2-я Бауманская, 5

Аннотация. Разработаны технологии получения синтактических углеродных пен на основе фенолоформальдегидных связующих и микросфер.

Проведено исследование влияния состава и режимных параметров получения пен на изменение их физико-механических свойств.

Annotation. Technologies for obtaining syntactic carbon foams based on phenol-formaldehyde binders and microspheres have been developed. The influence of composition and regime parameters of foam production on the change in their physico-mechanical properties.

Ключевые слова: синтактические углеродные пены, фенолоформальдегидная смола, микросферы, технология получения, свойства

Синтактические углеродные пены (СУП) представляют собой перспективные материалы упорядоченной структуры, обладающие рядом уникальных свойств: высокие удельные физико-механические характеристики, регулируемый коэффициент теплопроводности, электропроводность, высокая тепло- и термостойкость, устойчивость к действию агрессивных сред, высокая доступная поверхность, регулируемая удельная поверхность и др. [1-4]. Уникальные эксплуатационные свойства синтактических углеродных пен делают эти материалы крайне интересными для использования во многих других областях.

В данной работе рассмотрена технология получения СУП на основе фенолоформальдегидной смолы (ФФС), наполненной фенольными микросферами. Технология получения СУП включала смешение исходных компонентов, прессование смеси, термообработку прессованных заготовок, их пироуплотнение и последующую механическую обработку с получением образцов для испытаний. Исследования физико-механических свойств проводили на призматических образцах с размерами 10x10x20 мм. Микроскопические исследования методом сканирующей электронной микроскопии проводили на свежих сколах разрушенных образцов с использованием прибора Hitachi TM3000.

В качестве наполнителя использовали микросферы на основе ФФС, представляющие собой полые сферы с толщиной стенки 1-2 мкм и характерными дефектами в виде полостей. Средний наружный диаметр микросфер по данным лазерной дифракции (Fritsch Analysette 22 Compact) составлял 34 мкм.

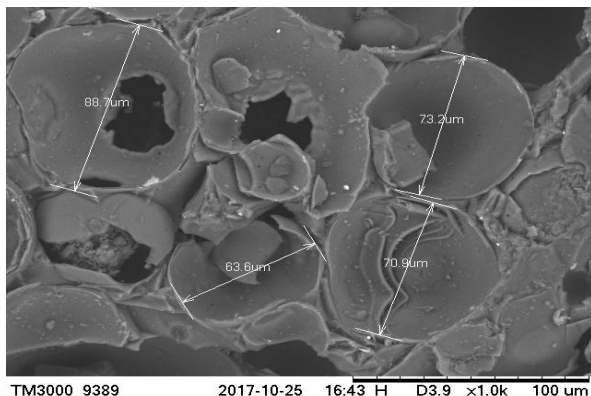


Рисунок 1 – Характерные линейные размеры фенольных микросфер в СУП, полученных сканирующей электронной микроскопией

В качестве связующего использовали ФФС новолачного типа марки СФ-012А. Содержание наполнителя в СУП варьировали в пределах 33-85 масс. %. Смешивание проводили жидкофазным способом в трехгорлом стеклянном реакторе с обратным холодильником. Наполнитель и связующее помещали в реактор, добавляли растворитель (ацетон) из расчета 10 мл растворителя на 1 г связующего, нагревали при перемешивании до кипения и затем кипятили с обратным холодильником в течение 90 мин. Из полученной смеси удаляли растворитель путем отгонки под вакуумом. Реакционную смесь порциями по 200-400 мл переносили в круглодонную колбу объемом 500-1000 мл и упаривали на ротационном испарителе ИР-2М. Условия отгонки: остаточное давление 36-39 кПа, температура 40-45°C. Полученный сыпучий продукт высушивали под вакуумом на ротационном испарителе (остаточное давление 1,3 кПа, температура 110-120°C) с получением гранулированного пресс-порошка с размером частиц порядка 10 мм. Пресс-порошок измельчали до размера частиц < 500 мкм и прессовали через 2-5 суток. Формование проводили на гидравлическом прессе ПГ-10 при комнатной температуре в пресс-форме. Зависимость плотности прессованных заготовок от давления прессования приведена на рис. 2.

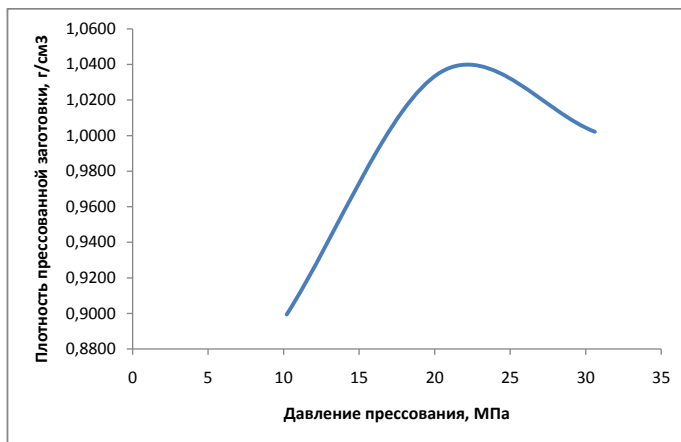


Рисунок 2 – Зависимость плотности прессованных заготовок от давления прессования (смесь 50 масс. % ФФС)

Видно, что максимум плотности «зеленых» заготовок приходится на давление прессования около 21 МПа; при дальнейшем повышении давления прессования наблюдалось растрескивание образцов. Прессование образцов проводили при давлении 20,5-21,0 МПа при скорости набора и сброса давления около 10 МПа/мин и выдержкой при конечном давлении 3 мин. Прессованные заготовки отверждали при температуре 150°C с выдержкой 180 мин в вакуум-сушильном шкафу. Карбонизацию проводили в лабораторной муфельной печи. Заготовки «зеленых» пен заворачивали в бумагу и помещали в стальной контейнер с графитовой засыпкой. Скорость подъема температуры составляла 2,5 г/мин, выдержка при конечной температуре 900°C составляла 180 мин. Карбонизованные заготовки подвергали пироуплотнению при температуре 1050°C и давлении метана 1,1-1,4 кПа в промышленной печи пироуплотнения.

Диаграмма изменения плотности образцов СУП в процессе переработки приведена на рис. 3. Приведенные данные типичны для высокопористых образцов углеродных материалов: заготовка обладает высокой (около 1 г/см<sup>3</sup>) кажущейся плотностью после прессования, в процессе отверждения происходит расширение заготовки и частичная потеря массы связующего, что сопровождается падением кажущейся плотности. При карбонизации потеря массы за счет выделения низкомолекулярных летучих продуктов при термодеструкции связующего доминирует над усадочными явлениями. Далее, в процессе пироуплотнения происходит медленный прирост массы за счет осаждающегося пироуглерода.

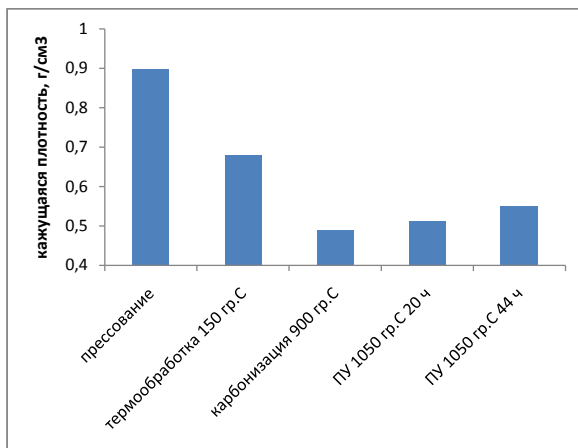


Рисунок 3 - Изменение кажущейся плотности образца СУП в процессе переработки: 1 – прессование, 2 – термообработка при 150°C, 3 - карбонизация при 900°C, 4 - пироуплотнение при 1050°C в течение 20 час, 5 - пироуплотнение при 1050°C в течение 44 час

На рис. 4 приведены зависимости кажущейся плотности образцов после обжига и пироуплотнения от содержания ФФС в исходном пресс-порошке. Видно, что повышение содержания ФФС закономерно приводит к возрастанию плотности карбонизованного материала, причем зависимость имеет линейный характер в широких концентрационных интервалах, что позволяет регулировать плотность СУП в широких интервалах.

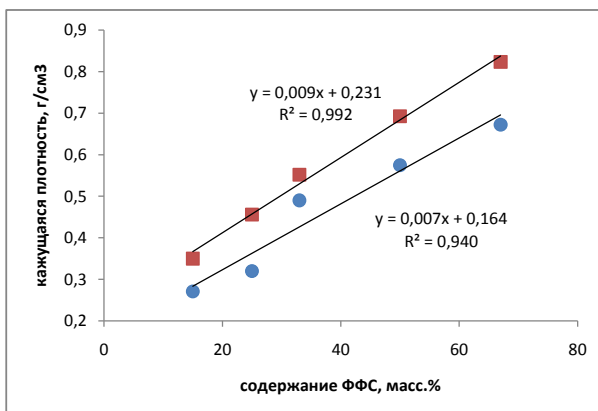


Рисунок 4 - Зависимость кажущейся плотности СУП на основе фенольных микросфер от содержания ФФС в исходной смеси для карбонизованных (●) и пироуплотненных (■) материалов

На рис. 5 в качестве примера представлены зависимости изменения физико-механических свойств СУП от содержания ФФС в исходной смеси.

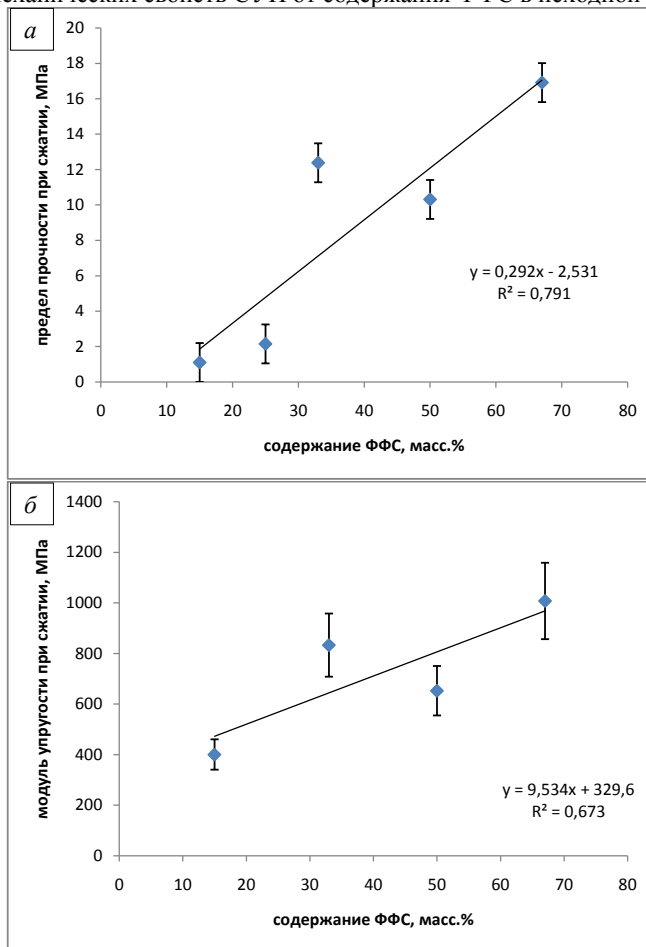


Рисунок 5 - Зависимости предела прочности (а) и модуля упругости (б) при сжатии образцов СУП от содержания ФФС в исходной смеси

Видно, что пределы прочности при сжатии для СУП, содержащих более 33 масс.% ФФС (на исходную смесь) стабильно находятся на уровне выше 10 МПа, модули упругости – свыше 500 МПа, приблизительно линейно возрастают с ростом содержания ФФС в образце. Достигнутый уровень свойств позволяет говорить о возможности применения полученных СУП в качестве конструкционных материалов.



## Литература

1. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения / В.К. Тихомиров // – М.: Химия, – 1975. – С. 11-15.
2. Shutov F.A. Syntactic polymer foams / F.A. Shutov // Advances in Polymer Science. – 1986. – 73-74. – pp. 63–123.
3. Inagaki M. Review Carbon foam: Preparation and application / M. Inagaki, J. Qiu, Q. Guo. Carbon. – 2015. – Vol.87. – pp.128-152.
4. Anghelescu M.S. Integrated Engineering Thermal and Mechanical Analysis of Carbon Foam / M.S. Anghelescu // Ph.D. – 2009. – 122 pp.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОУРОВНЕВЫХ СТРУКТУР ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ В МОДИФИЦИРОВАННЫХ СЕТЯХ ПЕТРИ – ДН-СЕТЯХ

Гильманшин Искандер Рафаилевич<sup>1,2</sup>, Азимов Юсуф Исмагилович<sup>1</sup>,  
Савдур Светлана Николаевна<sup>1</sup>, Гильманшина Сурия Ирековна<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) Федеральный университет»,  
инженерный Институт, г.Казань, ул. С.Сайдашева,12

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический  
университет им. А.Н.Туполева-КАИ», г.Казань, ул. К.Маркса, 10

**Аннотация.** В работе представлен подход к математическому моделированию процессов энергообеспечения в сетевых структурах энергопотребителей с применением дискретного балансового анализа потенциала энергетического потока с применением принципа модифицированных сетей Петри – ДН-сетей на примере сетей теплоснабжения.

**Abstract.** The article presents an approach to mathematical modeling of energy supply processes in grid structures of energy consumers using a discrete balance analysis of the energy flow potential using the principle of modified Petri-Discretely Continuous (DC) networks using the example of heat supply grids.

**Ключевые слова:** моделирование, сети Петри, ДН-сети, энергоэффективность, энергосбережение.

Энергетические потоки на объектах потребления энергии представляют собой сложные замкнутые динамические системы, определенные условием оптимального функционирования в условиях минимизации потребления энергии.[1]Динамизм функционирования сложных многоуровневых структур энергообеспечения определяется рядом физических, (термодинамических) технологических и нормативных параметров:

- регламентируемая температура на объектах потребления тепловой энергии составляет 20-22 °С, (ГОСТ 30494-2011 "Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.");

- в условиях сезонного изменения температуры окружающей среды динамически изменяющийся потенциал тепловой энергии теплоносителя накапливается интегрально;
- дозированная подача в объекты потребления тепловой энергии определяет условия запаздывания реакции сигнала управления энергопотреблением;
- замкнутая система энергопотребления накладывает условия строгого балансирования.

Структура технологических процессов в сетях теплообеспечения потребителей, представленная на рис. 1, характеризуется динамическим изменением теплового потенциала теплоносителя к текущему моменту времени в последовательности сетевого позиционирования, исходя из изменения термодинамических показателей. Происходит распределение показателя энтальпии теплоносителя по температурному параметру на каждом последовательном узлом участке замкнутой цепи [А, В, С, D, E][2].

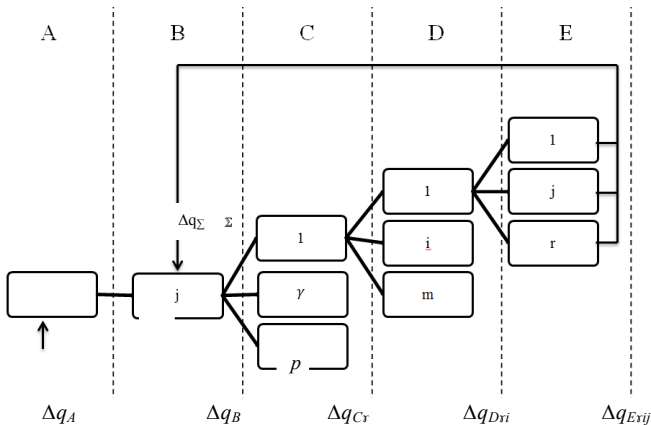


Рис. 1. Структурная схема в сетях теплоэнергообеспечения на объектах потребления. Позиции: А- котловой агрегат; В – бойлер теплоносителя; С – теплопроводы; D–узловые распределители тепла; Е – локальные объекты теплоснабжения.

Описание представленной системы теплообеспечения рационально записать с применением принципа записи балансовых соотношений в модифицированных сетях Петри – ДН-сетях [3]. Одной из особенностей сетей Петри является свойственный сетям и их моделям параллелизм или одновременность событий на каждой из позиций технологического процесса [4]. В модели сетей Петри разрешенные невзаимодействующие события могут происходить независимо друг от друга. Вместе с тем кинетика совокупных событий достаточно просто синхронизируется на текущий момент времени. Таким образом, математический аппарат сетей Петри позволяет моделировать и

исследовать системы с распределенным управлением, в которых несколько процессов выполняются одновременно.

Другая важная особенность сетей Петри и их модификаций – это их асинхронная природа. В сети Петри отсутствует измерение времени или течение времени. Проблемно-ориентированная модификация цветных сетей Петри – ДН-сеть оптимизированная к моделированию непрерывных технологических процессов активно развивалась в работах И.Р. Басырова. Выполнение сети Петри в моделировании непрерывного технологического процесса рассматривается как последовательность дискретных событий длительностью в заданных интервал времени [5].

Структура модели в сетях Петри определяется ее позициями, переходами, входной и выходной функциями. Сеть Петри  $S$  является четверной

$$S = (P, T, J, O) \quad (1)$$

Где:  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  – конечное множество позиций;  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$  – конечное множество переходов;  $J: T \rightarrow P^\infty$  является входной функцией – отображением из переходов в комплексы позиций;  $O: T \rightarrow P^\infty$  – есть выходная функция – отображение из переходов в комплексы позиций.

Балансовое соотношение параметрического процесса  $t_m$  перехода,  $p_n$  позиции в СП записывается как:

$$C(p_n, t_m) = C(p_n, t_{n-1}) - O(t_m) + J(t_m), \quad (2)$$

Интенсивность потока тепловой энергии в моделируемой сети теплотребления определяем интервальной составляющей накопления тепловой энергии  $\Delta Q_n$  соответствующих позиций сети за установленный временной интервал ( $\Delta \tau$ ).

Рассмотрим более детально процесс моделирования участка  $S$  (теплопроводы) структурной схемы теплообеспечения.

$$\Delta q_B = \sum_{\gamma=1}^p (\Delta q_{B\gamma} - \Delta q'_{C\gamma}), \quad (3)$$

где  $\Delta q'_{C\gamma}$  - потеря теплового потенциала теплоносителя в окружающую среду при прохождении по  $\gamma$ -му трубопроводу  $\gamma = 1, 2, \dots, p$  – индексы трубопроводов.

На выходе из трубопроводов теплоноситель с суммарным тепловым потенциалом  $\Delta q_C$  распределяется по узловым сетям потребления с балансом:

$$\Delta q_C = \sum_{\gamma=1}^p \sum_{i=1}^m \Delta q_{C\gamma i}, \quad (4)$$

Представленные балансовые соотношения определяют регулирование процесса теплоэнергообеспечения потребителей тепловой энергии, когда баланс суммарной потери теплового потенциала теплоносителя, циркулирующего в замкнутых сетях теплообеспечения компенсируется интенсивностью теплопроизводства в котельном агрегате путем сжигания расчетного количества топлива [6].

Обобщенно для полной схемы теплообеспечения можно записать:

$$\Delta q_R(\tau) \geq \left( \sum_{\gamma=1}^p \Delta q'_{C\gamma}(\tau) + \sum_{\gamma=1}^p \sum_{i=1}^m (\Delta q'_{D\gamma i}(\tau)) + \sum_{\gamma=1}^p \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^r (\Delta q'(\tau) + \Delta q''(\tau)), \right) \quad (5)$$

Модель участка С рассматриваемой структурной схемы теплоэнергообеспечения в сетях Петри может быть представлена следующим образом: накопление тепловой энергии теплоносителя в  $Cx$ -ом трубопроводе записывается:

$$Q_{C_x}(\tau_n) = Q_{C_x}(\tau_{n-1}) + \Delta q_{B_x}(\tau_n) - \Delta q'_{C_y}(\tau_n) - \Delta q_{C_y}(\tau_n), \quad (6)$$

Здесь  $\Delta q_{B_x}(\tau_n)$  - интенсивность теплового потока теплоносителя на входе в  $Cx$ -ый трубопровод;  $\Delta q'_{C_y}(\tau_n)$  - интенсивность потери потенциала теплового теплоносителя в  $Cx$ -ом трубопроводе в окружающую среду;  $\Delta q_{C_y}(\tau_n) = \sum_{\gamma=1}^p \sum_{i=1}^m \Delta q_{C_{\gamma i}}(\tau_n)$  - интенсивность теплового потока суммарная на выходе по линии трубопровода;

$$\Delta q_{C_{\gamma i}}(\tau_n) = V_{C_{\gamma i}}(\tau_n) C_p t_{C_{\gamma i}}(\tau_n) \Delta \tau, \quad (7)$$

где потенциал тепловой энергии задается как по потоку теплоносителя  $V_{C_{\gamma i}}(\tau_n)$ , так и по температурному параметру  $t_{C_{\gamma i}}(\tau_n)$ .

СП-модель позиции С и Общая сеть Петри схемы в сетях теплоэнергообеспечения на объектах потребления представлена на рис. 2.

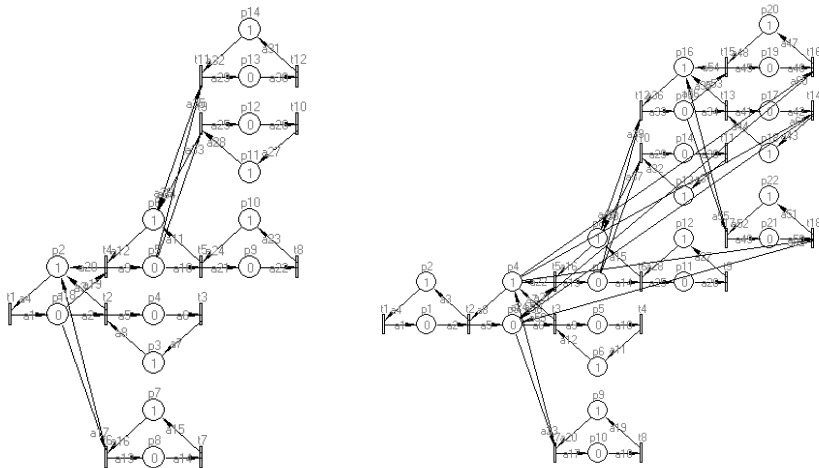


Рисунок 2. СП-модель позиции С и Общая сеть Петри схемы в сетях теплоэнергообеспечения на объектах потребления

### Литература

1. Кафаров А.А., Дорохов И.Н., Липатов Л.Н. Системный анализ процессов химической технологии. М.: Наука, 1982, 343 с.
2. Азимов Ю.И. Моделирование технологических процессов теплообеспечения как инструмент оценки состояния объектов имущественного фонда и инженерных сетей предприятия Азимов Ю.И., Гильманшин И.Р. // Материалы Международной научно-технической конференции МНТК «ИМТОМ-2016, Казань, 07-09 декабря 2016 г. Издательство: АО «КНИАТ» (Казань), С. 244-248.

3. Дж. Питерсон. Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир, 1984. – 272 с.
4. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики. Учеб. пособие. М.: энергетика, 1972. – 376 с.
5. Басыров И. Р. Расширение сетей Петри, проблемно -ориентированное на моделирование многоассортиментных производственных систем/И. Р. Басыров//Ученые записки КФЭИ: сб. науч. трудов. Вып. 16. -Казань: КФЭИ, 2001. -С.177 -182.
6. Гильманшин И.Р. Энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве: построение комплекса централизованной автоматизированной системы сбора, контроля и анализа бытового потребления энергоносителей Гильманшин И.Р., Ференец А.В. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2009. № 9-10. С. 82-88.

## **ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ НАУЧНОГО МЫШЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ УНИВЕРСИТЕТСКОГО ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Гильманшин Искандер Рафаилович,  
Гильманшина Сурия Ирековна  
Iskander Rafailevich Gilmanshin, Syriya Irekovna Gilmanshina

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
420001, Россия, Казань, ул. Кремлевская, 18

**Аннотация.** Рассмотрены типы противоречий, возникающих в процессе объяснения естественнонаучных явлений и технологических процессов в инженерно-техническом образовании. Через анализ этих противоречий, постановку и решение проблем обосновывается возможность и этапы формирования научного мышления студентов инженерно-технических направлений, обучающихся в классических университетах.

**Abstract.** The types of contradictions arising in the process of explaining science phenomena and processes in engineering education were considered. The authors proves the possibility and the stages of formation of scientific thinking of the students of the engineering directions at classical universities through the analysis of these contradictions.

**Ключевые слова:** формирование научного мышления, инженерное образование.

Сегодня имеет место широкое использование интеллектуальных возможностей современной образовательной среды. В этой связи возникла острая необходимость в формировании научного мышления у студентов инженерно-технических направлений, обучающихся в университете.

Формирование научного мышления является длительным процессом поэтапного осуществления целого ряда взаимосвязанных промежуточных целей, одна из которых – перевод умственной деятельности будущих инженеров с уровня репродуктивного на уровень творческой деятельности. Такой переход возможен через приобщение к анализу противоречий и постановке проблем, выдвижению гипотез, их обоснованию и доказательству при объяснении естественнонаучных явлений и технологических процессов (подробнее в [1]). Для формирования научного мышления важно в ходе инженерно-технического образования непрерывно отрабатывать методику решения экспериментальных и расчетно-практических задач на основе межпредметных связей, применяя методы научного познания с постепенным усложнением характера заданий. Мы считаем, что возникающая при этом проблемная ситуация как структурный компонент творческого мышления является единицей уровня научного мышления студентов. Это актуализирует разработку системы проблемных ситуаций и задач на основе познавательных противоречий.

В процессе объяснения естественнонаучных явлений и технологических процессов закономерно прослеживаются пять типов противоречий. Это противоречие эксперимента (противоречие между двумя или несколькими опытными данными); противоречие между опытом и теорией (фактом и обобщением); противоречие между старой и новой теориями (или технологиями); противоречие между двумя сосуществующими односторонними теориями (или технологиями); противоречие между объективными и субъективными факторами в конкретной системе при объяснении естественнонаучного явления, технологического процесса или экологической проблемы. Рассмотрим данные противоречия в соответствии с классификацией педагогических проблемных ситуаций, представленной в [2].

Первый тип противоречий связан с тем, что любое научное объяснение возможно только на почве проверенных, твердо установленных фактов. Противоречие в области учебного эксперимента выступает как противоречие между несовпадающими результатами, полученными в процессе разных опытных измерений одной и той же величины. Способом его разрешения является учет качества опытов, из которых были получены результаты, а также правильной интерпретации и оценки полученных результатов (вычисление погрешности измерения). Следует помнить, что в рамках эксперимента нет эффективных критериев для устранения противоречия. Только теория вносит в эксперимент элемент критического осмысления результатов. Преподаватель университета должен помнить о двойственности науки. Одна сторона познания отражается в определяющей роли экспериментальных фактов, другая сторона связана с эвристической ролью научной теории. Эту двойственность науки следует постоянно иллюстрировать в ходе инженерно-технического образования с акцентом на роль противоречий.

Противоречия второго и третьего типов возникают в вузовской практике при рассмотрении теоретического материала. Известно, что для объяснения совокупности экспериментального фактического материала всегда выдвигается

гипотеза, которая может быть зародышем новой теории (или новой технологии). Однако возможно противоречие несоответствия выдвинутой гипотезы реальной действительности. В этом случае причиной противоречия является ошибочность гипотезы. В качестве примера можно вспомнить гипотезу флогистона (XVIII в), где для объяснения горения привлекалась гипотетическая «огненная материя» – флогистон.

Противоречие третьего типа – между старой и новой (менее и более полной) теориями или технологиями снимается в том случае, если положительное содержание старой теории (или технологии) в преобразованном виде включается в новую теорию (или технологию), а предположительное знание перерастает в достоверное. Противоречия, возникающие в этом процессе, связаны с общими противоречиями, присущими движению человеческой мысли от незнания к знанию и от менее полного знания к более полному. Возможен вариант, когда при наложении определенных условий формулы новой теории могут превратиться в формулы, которыми оперировала старая теория. В истории науки имеют место случаи установления истинности новой теории по этому принципу соответствия. Например, существовало несколько теорий, объясняющих механизм возникновения скачка потенциала на границе металл – раствор, со своими недостатками.

Противоречие четвертого типа возникает в связи с разделением единого объекта в научном познании на противоречивые стороны. Для познания целого, как известно, необходимо сначала расчлнить, противопоставить одно другому, а потом воссоединить единство. Так в результате разрешения противоречия, существовавшего между конкурирующими теориями (теорией радикалов и теорией типов, первая половина XIX в.), возникла новая теория химического строения А.М.Бутлерова, вобравшая в себя рациональные зерна обеих теорий. Однако стержнем последней фундаментальной теории было принципиально новое содержание понятия «структура». Противоречие пятого типа встречается в учебной деятельности в ходе объяснения естественнонаучного явления или технологического процесса. Точнее, благодаря деятельности педагога противоречие между объективными и субъективными факторами в конкретной изучаемой системе постоянно должно привлекать внимание студентов.

Рассмотренные типы противоречий обнаруживаются в условиях инженерно-технического образования в соответствующих педагогических проблемных ситуациях. Их можно классифицировать по двум основаниям: а) согласно теории поэтапного формирования умственных действий – определение типов ситуаций; б) по характеру (типу) противоречия в ситуации – определение видов ситуации. Ниже приведена классификация педагогических проблемных ситуаций, построенная по указанным двум основаниям.

Первый тип. Проблемные ситуации, возникающие при создании мотивации процесса учения и разъяснения ориентировочной основы действия, другими словами, перед изложением теоретического материала на лекциях и при вводных беседах перед началом лабораторных работ. В этих ситуациях возникают противоречия между опытом и теорией (фактом и обобщением), между старой и новой (менее и более полной) теориями (или технологиями),

между двумя сосуществующими односторонними теориями (или технологиями), между объективными и субъективными факторами в конкретной системе (в рамках отдельного вопроса).

Второй тип. Проблемные ситуации, возникающие при формировании действия в материальном или материализованном виде, иначе, при непосредственном выполнении лабораторной работы (выполнение действий с научным оборудованием и учебными моделями). Здесь возникает противоречие между несоответствующими результатами, полученными в процессе разных опытных измерений одной и той же величины, между опытом и теорией (фактом и обобщением).

Третий тип. Проблемные ситуации при формировании действия в форме внешней речи (во время занятий при обсуждении хода и результатов лабораторного эксперимента, в виде устной и письменной речи при выполнении контрольных работ) при объяснении естественнонаучного явления, технологического процесса, решения задач. Это противоречия эксперимента, между опытом и теорией (фактом и обобщением), между знаниями и применением их на практике.

Четвертый тип. Проблемные ситуации, возникающие при формировании действия в форме внутренней речи (во время обязательной самостоятельной внеаудиторной работы неэкспериментального характера). Противоречие между объективными и субъективными факторами в конкретной системе (между знаниями и применением их на практике).

Таким образом, при формировании у студентов научного мышления необходимо различать содержательную (анализ одной из проблем науки или практической деятельности, например проблемы получения продукции с высокими эксплуатационными свойствами [3], формирования региональной системы инжиниринга [4]) и методическую (применение метода проблемного изложения знаний) стороны проблемной лекции.

*Заключение.* Формирование научного мышления в условиях инженерно-технического образования возможно через анализ противоречий и постановку проблем, применение метода гипотез в решении комплексных учебно-познавательных проблем. Этот многофункциональный процесс включает этапы: а) формирование умений анализировать и обобщать данные эксперимента, делать выводы; б) логично объяснять естественнонаучные понятия и технологические процессы; в) формулировать гипотезы, высказывать догадки по решению проблемы, доказывать гипотезы теоретическим и экспериментальным путем с целью объяснения естественнонаучного явления или технологического процесса; г) решать комплексные экспериментальные и расчетные инженерно-технические задачи на основе межпредметных связей и осуществлять критическую самооценку выполненного задания.

### Литература

1. Gilmanshin I.R., Gilmanshina S.I. The formation of students' engineering thinking as a way to create new techniques, technologies, materials // 2016 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 134 012006.



2. Гильманшина С.И. Формирование профессионального мышления будущих учителей на основе компетентностного подхода: Дисс. ...докт. пед. наук / Институт педагогики и психологии профессионального образования РАН. Казань, 2008.

3. Gil'manshin I.R., Kashapov N.F. Energy service contracts in regional engineering center for small and medium businesses // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Bristol-UK. Vol.69, Conf.1, December 2014.

4. Gilmanshin R., Ferenets A. V., Azimov Yu. I., Galeeva A. I., Gilmanshina S. I. Innovative technologies of waste recycling with production of high performance products // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 86, Number 1, 2015, pp.12014-12016(3).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЕКТОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЛИГОНОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ В ЧАСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ СВАЛОЧНОГО ГАЗА

Гильманшин Искандер Рафаилович<sup>1,2</sup>, Кашапов Наиль Фаикович<sup>1</sup>,  
Гильманшина Сурия Ирековна<sup>1</sup>, Галеев Ильдар Анасович,  
Сабитов Линар Салихзанович<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) Федеральный университет»,  
Инженерный институт, г.Казань, ул. С.Сайдашева,12

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический  
университет им. А.Н.Туполева-КАИ», г.Казань, ул. К.Маркса, 10

**Аннотация.** В статье приведен анализ типовых подходов к организации дегазации полигонов ТКО. Определена необходимость проведения комплексных работ по дегазации тела полигона. Предложена авторская декомпозиция задачи дегазации тела полигона. Приведен анализ энергетического потенциала рекультивированного полигона ТКО.

**Abstract.** The article presents an analysis of typical approaches to the organization of degassing of landfill. The necessity of carrying out complex works on degassing the body of the test site is determined. The author's decomposition of the degassing problem of the polygon body is proposed. The analysis of the energy potential of the reclaimed landfill is given.

**Ключевые слова:** свалочный газ, когенерация, энергокомплекс, экология, менеджмент отходов, биомасса.

В настоящее время одним из наиболее динамичных сегментов Российской экономики в 21 веке наряду с повышением эффективности потребления энергоносителей стала область обращения с отходами производства и потребления. Системными предпосылками интенсивного развития послужили: чрезвычайно малая глубина переработки отходов, рост сырьевых цен и развитие технологий глубокой переработки отходов.

Сравнительная характеристика ресурсоэффективности Российской промышленности и промышленности США в части потребления на единицу валового внутреннего продукта наряду с издержками наглядно отражает и коммерческий потенциал работ в данной проблемной области. Ресурсоемкость ВВП в России почти в 2 раза выше, чем в США, и примерно в 4 раза выше, чем в Западной Европе. Сегодня основными источниками образования отходов являются: производство и бытовой сектор. Источниками промышленных отходов являются следующие отрасли хозяйства:

- Открытая добыча полезных ископаемых. Объем образующихся отходов - 4–5 млрд т/год.
- Сжигание органических видов топлива. Отходы – зола и шлаки. ежегодно образуется до 60 млн т золошлаковых отходов. Используется порядка 6% (в Западной Европе 40– 60%).
- Древесные отходы - 60 млн м<sup>3</sup> /год., составляют до 40% от осваиваемой биомассы.
- Добыча и использование нефтепродуктов. Объем образования нефтешламов в РФ - до 0,6 млн. т /год, использование – 50–60% от образующихся отходов.
- Производство и использование стройматериалов. Ежегодно образуется около 50 млн т, используется примерно 20%.
- Кроме того, значительны объемы отходов фосфогипса, ртутьсодержащих и мышьяксодержащих отходов, изношенных шин, гальванических шламов, стеклобоя.

Формирование новых подходов к управлению отходами позволит существенно снизить антропогенную нагрузку и повысить привлекательность отрасли для частных инвестиций. Исторически сложившаяся экономическая модель полигонов ТКО предусматривает эксплуатацию последних исключительно в качестве пассивных площадок захоронения ТКО с минимизированным фондом средств механизации, дополненную малопрозрачными схемами ручной сортировки отходов. Подобная модель обращения с отходами предопределяет потерю значительной части доходов обусловленных нарушением нормативов захоронения отходов, малой глубиной сегментации и сортировки отходов, пассивным характером энергокомплекса полигона ТКО. Вместе с тем необходимо отметить высокий энергетический потенциал ТКО как высококалорийного органического топлива (2,1-3,3 кВт ч/кг) и возможность построения высокоэффективного комплекса энергетической утилизации свалочного газа.

Проводимые в Инженерном институте КФУ исследования направлены на разработку методологических основ управления отходами и отечественных инженерных решений в области управления метаногенезом и энергетической его утилизации.

В качестве объекта выбран полигон ТКО Республики Татарстан. Исследуемый полигон эксплуатировался с 1981г. Площадь полигона составляет 5.0374 Га с периметром тела полигона 1013,94м. Объем накопленных за время эксплуатации отходов составляет 1243тыс.куб.м. Изначально полигон был

сформирован на месте разрабатываемого с целью извлечения грунта на отсыпку дорожного полотна карьера. Тело полигона имеет среднюю высоту порядка 38 метров. Проводится процедура рекультивации. Прием ТКО не осуществляется.

Морфологический состав поступавших отходов согласно экологическому аудиту ЭАЗ № 08/10 от 23.06.2010г. определяют: пищевые отходы – 20%, картоно-бумажные отходы – 36%, древесина – 4,5%, металлы – 3,0%, текстиль – 5,0%, стеклобой – 6,0%, полимерные материалы – 7,0%, неклассифицируемые отходы – 18,5%. В соответствии с составом отходов полигон относится к 4 классу опасности (СП 2.1.7.1038-01, СП 2.1.7.1386-03, ГОСТ 12.1.007-76). Отходы на полигон поступали навалом, складирование производилось послойно с пересыпкой изолирующим грунтом мощностью 0,25м через каждые 2-2,5 м. Уплотнение производилось бульдозером Т-170 массой 12-14т. Коэффициент уплотнения составляет 4.

Значительный удельный объем пищевых отходов, бумаги, картона и древесины предопределяет потенциал полигона в части эмиссии свалочного газа. Процесс разложения указанных фракций отходов и эмиссии свалочного газа сопровождается выделением теплоты создавая предпосылки к самопроизвольному возгоранию отходов в глубинных слоях тела полигона. В целях предотвращения возгорания отходов в рамках работ по рекультивации полигона проведен комплекс работ по дегазации тела полигона. В соответствии с проектной документацией на полигоне смонтирована пассивная система сбора свалочного газа с отводом в атмосферу.

Проектные количественно-качественные характеристики свалочного газа исследуемого полигона рассчитывались по методикам АКХ им. Панфилова.

Удельный массовый выход свалочного газа с тонны складированных отходов рассчитывался по формуле:

$$Q_t = 10^{-6} \cdot R \cdot (100 - W) \cdot (0.92 \cdot F + 0.62 \cdot C + 0.34 \cdot P) = 0,219 \text{ кг/кг ТКО};$$

Расчет плотности свалочного газа проводился по формуле:

$$\rho_{l.g.} = \sum_{i=1}^n C_i \cdot \rho_i \cdot 10^{-3} = 1.263 \text{ кг/м}^3$$

Оценка расчетного удельного объема эмиссии свалочного газа составил:

$$V_{sp.vol.} = Q_t / \rho_{l.g.} = 173 \text{ м}^3 / \text{тн}$$

Суммарные объемные значения эмиссии свалочного газа были вычислены для двух укрупненных временных категорий складированных отходов: «старых» и «новых». Оценка объемов свалочного газа образованного в результате разложения «старых» отходов:

$$V_{old \text{ part of waste}} = V_{l.g.old1} + V_{l.g.old2} = 69 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Оценка объемов свалочного газа образованного в результате разложения «новых» отходов определялась по формуле:

$$V_{new \text{ part of waste}} = V_{waste} \cdot k_{time3} \cdot k_{volume} \cdot V_{sp.vol.} \cdot \delta_{emission3} = 38 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Таким образом, расчетный объем свалочного газа выделенного в атмосферу за 20 лет в результате разложения основной массы отходов составит:

$$V_{landfill \text{ gas}} = V_{old \text{ part of waste}} + V_{new \text{ part of waste}} = 107 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Расчетный среднегодовой и среднесуточный дебет рекультивированной карты полигона составят:

$$V_{l.g. \text{ year rate}} = V_{landfill \text{ gas}} \cdot 0.05 = 5.35 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

$$V_{l.g. \text{ daily rate}} = V_{landfill \text{ gas}} \cdot 137 \cdot 10^{-6} = 14.66 \cdot 10^3 \text{ м}^3$$

Дальнейший анализ свалочного газа как альтернативного топлива позволил определить энергетический потенциал полигона ТКО в натуральном и стоимостном выражении.

Теоретическая теплота сгорания свалочного газа колеблется в пределах 21-27 МДж/м<sup>3</sup>, таким образом, свалочный газ может рассматриваться как альтернативное топливо. 1м<sup>3</sup> свалочного газа по теплотворной способности соответствует: 0,8м<sup>3</sup> природного газа (33,5МДж/м<sup>3</sup>), 0,6 л. дизельного топлива (43,12МДж/м<sup>3</sup>), 7,5 кВт·ч электроэнергии (3,62МДж/м<sup>3</sup>). Следовательно полная утилизация добытого свалочного газа с полигона ТКО позволит сохранить: 4,28 млн м<sup>3</sup> природного газа на сумму более 24 млн руб. в год. При выработке электроэнергии из свалочного газа в формате газовый двигатель-электрогенератор расчетный объем выработки электроэнергии составит порядка 12 млн. кВт·ч электроэнергии на сумму более 60 млн руб. в год. С дополнительным экономическим эффектом от комбинированной выработки тепловой энергии в режиме когенерации. Дополнительная тепловая энергия выработанная на энергоустановках полигона будет востребована для нужд отопления производственных и хозяйственных участков расположенных в непосредственной близости к полигону ТКО.

Приведенный анализ свидетельствует о востребованности работ по организации утилизации свалочного газа не только с точки зрения уменьшения антропогенной нагрузки на окружающую среду, но и сточки зрения обеспечения благоприятных условий развития сортировки и переработки отходов на полигоне ТКО. Однако реализуемые проекты рекультивации полигонов ТКО в настоящий момент не содержат полноценных решений в области утилизации свалочного газа что, принимая во внимание близость к городской черте, обуславливает ухудшение качества жизни населения.

### Литература:

1. Бабаев В.Н., Горох Н.П., Коринько И.В. Энергетический потенциал метанообразования при мезофильном анаэробном разложении органической составляющей отходов. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2011, Т.52.-С.59-65.
2. Общемировой объем выбросов метана и возможности его сокращения // Global Methane Initiative (GMI) URL: [https://www.globalmethane.org/documents/analysis\\_fs\\_rus.pdf](https://www.globalmethane.org/documents/analysis_fs_rus.pdf) (дата обращения 19.03.2013г.).
3. Гильманшин И.Р. Биоорганические отходы Республики Татарстан: особенности и перспективы утилизации с учетом регионального аспекта // Современные проблемы глобализации мирового хозяйства и социально-культурного развития человека: материалы докладов итоговой научно-практической конференции. – Казань: «Отечество», 2014. с. 74-76.

4. Азимов Ю.И., Галеева А.И., Гильманшин И.Р., Гильманшина С.И., Ференец А.В. Инновационные способы переработки отходов производства и потребления с получением продукции с высокими эксплуатационными свойствами // «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2014» материалы научно-технической конференции. – Ч.1. – Казань, 2014. с. 180-184.

5. Multiwell® durable gas ecstraction // Multiwell URL: <http://interactivepdf.uniflip.com/2/74963/290615/pub/> (дата обращения: 19.03.2013г.).

6. Gil'manshin I.R., Kashapov N.F. Energy service contracts in regional engineering center for small and medium businesses // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Bristol-UK. Vol.69, Conf.1, December 2014.

7. Asiya Galeeva, Nafisa Mingazova, Iskander Gilmanshin. Sustainable Urban Development: Urban Green Spaces and Water Bodies in the City of Kazan, Russia // Mediterranean Journal of Social Sciences MCSER Publishing, Rome-Italy. Vol. 5, No. 24, November 2014. p. 356-360.

8. Валитов Ш.М., Гильманшин И.Р. Финансовый контроль хода реализации программ повышения энергоэффективности образовательных учреждений // Казанский экономический вестник. – Казань: КФУ, 2014 № 3 (11).с. 44-51.

9. Gilmanshin I.R., Ferenets A. V., Azimov Yu. I., Galeeva A. I., Gilmanshina S. I. Innovative technologies of waste recycling with production of high performance products // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 86, Number 1, 2015, pp.12014-12016(3).

## **ФОРМИРОВАНИЕ БУДУЩЕЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ЭЛИТЫ В ЛИЦЕЯХ ДЛЯ ОДАРЕННЫХ ПОДРОСТКОВ ПРИ УНИВЕРСИТЕТАХ**

<sup>1</sup>Гильманшина Сурия Ирековна, <sup>1</sup>Халикова Фидалия Дамировна,  
<sup>2</sup>Черкашина Юлия Александровна, <sup>1</sup>Гильманшин Искандер Рафаилевич

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
420001, Россия, Казань, ул. Кремлевская, 18

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»  
420015, Россия, Казань, ул. К. Маркса, 68

**Аннотация.** Изложены инновации в формировании будущей инженерной химической элиты в лицеях для одаренных подростков, созданных при университетах. Это Малый химический институт, профессорские лектории, профессорские школы, профессорское кураторство, регулярные экскурсии на предприятия нефтегазохимического комплекса Татарстана, научное сообщество лицеистов. Представлены результаты дополнительного образования по химии в

виде убедительных побед лицеистов на олимпиадах и конференциях учащихся различного уровня.

**Abstract.** It sets out innovations in formation of the future chemical engineering elite in the lyceums for gifted teenagers created at universities. Such as Small Chemical Institute, professorial lectures, professorial schools, professorial mentoring, regular trips to the enterprises of petrochemical complex of Tatarstan, the scientific community lyceum students. The results of additional education in chemistry are presented in the form of convincing victories lyceum students at the various olympiads and conferences.

**Ключевые слова:** дополнительное образование, одаренные подростки.

Татарстан – один из ведущих регионов России по добыче и переработке нефти. При этом в промышленности наблюдается дефицит квалифицированных инженерных кадров, способных решать сложные технические задачи. В тоже время в Республике Татарстан достаточно много одаренных детей, способных к инновациям и новым научным открытиям. Отбор, воспитание и развитие одаренных школьников в процессе общего образования является не менее важной задачей, чем их дальнейшая образовательная траектория в вузе.

Выше указанное явилось предпосылкой к открытию IT-лицея-интерната и лицея им. Н.И. Лобачевского при Казанском (Приволжском) федеральном университете (КФУ) и лицея-интерната для одаренных детей им. академика П.А. Кирпичникова с углубленным изучением химии при Казанском национальном исследовательском технологическом университете (КНИТУ).

IT-лицей при КФУ был открыт 1 сентября 2012 года. Обучение ведется с 7-го класса. Индивидуальный отбор осуществляется на конкурсной основе в три этапа: заочное тестирование (он-лайн), очный этап (контрольные работы по русскому языку, математике, логике и профильным предметам), собеседование с учетом портфолио учащихся. Лицей является структурным подразделением КФУ, представляет собой резонансное, уникальное учебное заведение не только в России, но и в мире. Учителя работают профессионально по современным сингапурским и европейским методикам школьного обучения. Несмотря на то, что основная дисциплина лицеистов – информатика, ребята проявляют большой интерес, как к робототехнике, так и к химии, после уроков посещают Малый химический институт при Химическом институте им. А.М. Бутлерова КФУ [1, 2].

Малый химический институт [3] – инновационный пилотный проект для одаренных в области химии учащихся, включающий четыре дополнительные образовательные программы «Химия-8», «Химия-9», «Химия-10», «Химия-11» (каждая программа по 72 часа) был запущен в Казанском (Приволжском) федеральном университете в 2013 году. Зачисление проходит по рекомендации учителей химии и результатов входного тестирования. Структурно Малый химический институт включает клуб юных химиков, подготовку к сдаче единого государственного экзамена, олимпиадам, проектную деятельность учащихся на кафедрах Химического института им. А.М. Бутлерова КФУ [4].

В 2013/2014 уч. году Малый химический институт посещали 8 учащихся IT-лицея, в 2014/2015 – 16, а в 2015/2016 уч. году было зачислено уже 20 IT-

лицейстов увлеченных химией, в 2016/2017 – 26, а в 2017/2018 – 39 лицейстов. Количество посещающих Малый химический институт лицейстов хорошо коррелируется с положительной динамикой числа призеров различных этапов Всероссийской олимпиады по химии (Табл. 1).

Например, на региональном этапе Всероссийской олимпиады по химии, соответственно, в 2014 году призеров было 2 человека, в 2015 – уже 4, в 2016 году 9 ИТ-лицейстов стали призерами регионального этапа всероссийской олимпиады по химии, а в 2017 было уже 10 призеров и один победитель.

Таблица 1.

Корреляция между посещающими Малого химического института учащимися ИТ-лицея и числом призеров/победителей различных этапов Всероссийской олимпиады по химии

Этапы Всероссийской олимпиады по химии	Количество награжденных учащихся ИТ-лицея при КФУ							
	2013/2014 уч. год		2014/2015 уч. год		2015/2016 уч. год		2016/2017 уч. год	
	Призеры	Победители	Призеры	Победители	Призеры	Победители	Призеры	Победители
Муниципальный	4	0	12	0	15	1	16	1
Региональный	2	0	4	0	9	0	10	1
Заключительный	0	0	1	0	3	1	2	1
Количество лицейстов, посещающих Малый химический институт при Химическом институте им. А.М. Бутлерова								
	2013/2014 уч.год		2014/2015 уч.год		2015/2016 уч.год		2016/2017 уч.год	
	8 человек		16 человек		20 человек		26 человек	

В целом, за четыре года в ИТ-лицее создана творческая команда по химии, состоящая из призеров Всероссийской олимпиады, Поволжской межрегиональной олимпиады, Межрегиональных предметных олимпиад КФУ, Всесибирской открытой олимпиады, конкурса «Нобелевские надежды – КНИТУ».

Рассматривая долгосрочную перспективу формирования инженерной химической элиты Республики Татарстан, интерес представляет организация инженерных классов в лицее им. Н.И. Лобачевского при КФУ и химического лицея-интерната при Казанском национальном исследовательском технологическом университете (КНИТУ). Подробнее остановимся на лицее-интернате им. П.А. Кирпичникова. Основной его задачей является подготовка талантливых абитуриентов для различных инженерных направлений КНИТУ, четко понимающих свое дальнейшее направление в научной жизни и профессии. Это позволяет республике в целом и предприятиям химической промышленности получить в дальнейшем высоко квалифицированных отраслевых инженеров.

Методологической основой построения содержания обучения в лицее являются комплексный и системно-деятельностный подходы. Особенность дополнительного образования лицейстов обусловлена такими инновационными формами деятельности, как профессорский лекторий, профессорские школы, профессорское кураторство, регулярные экскурсии на предприятия нефтегазохимического комплекса Татарстана, научное сообщество.

Профессорско-преподавательский состав Технологического университета непосредственно участвует в образовательной деятельности. Первую половину дня учащиеся обучаются по программе, предусмотренной Государственным федеральным образовательным стандартом. После обеда занятия продолжают в формате профессорских школ, лекций и исследовательской деятельности в рамках научного сообщества лицеистов.

Профессорский лекторий – это лекции профессоров, работающих в различных направлениях. На занятиях освещаются и обсуждаются с лицеистами в форме беседы самые разные области наук, новейшие направления.

Профессорские школы – это систематизированный (чаще всего еженедельный) курс лекций по заданной преподавателем тематике с жестко поставленными конечными целями. Таких школ в лицее существует семь, в рамках которых проходит подготовка лицеистов к олимпиадам по химии, физике и биологии. С января 2015 года стартовала программа, предполагающая посещение профессорского лектория школьниками других образовательных учреждений г. Казани и Зеленодольского муниципального района Татарстана.

Профессорское кураторство предусматривает фокусное фиксирование лицеиста (либо небольшой группы лицеистов из 2-3 человек) за конкретным преподавателем университета для выполнения научной работы с последующей ее защитой на конкурсах, конференциях. Лучшим лицеистам вручают зачетные книжки, где профессора оценивают их знания, что является дополнительным стимулом к успешной учебной деятельности.

Экскурсии на предприятия нефтегазохимического комплекса Татарстана имеют ярко выраженную практико-ориентированную направленность, где лицеисты свободно общаются с ведущими экспертами в инженерной области знаний.

Подготовка к олимпиадам по естественнонаучному профилю (химия, биология, география, физика) проходит системно в течение всего года и наблюдается положительная динамика призеров и победителей олимпиад.

Например, по итогам 2013/2014 учебного года на Всероссийской олимпиаде школьников по естественнонаучным предметам было 10 призеров, из них победителей – 5, в 2014/2015 учебном году 22 призера и 9 победителей.

Таким образом, применение инновационных форм дополнительного образования по химии, таких как Малый химический институт для IT-лицей при Казанском (Приволжском) федеральном университете, профессорские лектории, школы, кураторство, регулярные экскурсии на предприятия нефтегазохимического комплекса Татарстана, научное сообщество лицеистов в лицее им. П.А. Кирпичникова при КНИТУ, эффективно повышая мотивацию к изучению химии, способствуют достижению лицеистами высоких результатов на олимпиадах и исследовательских конференциях учащихся различного уровня и, что особенно важно, формированию будущей инженерной химической элиты.



## Литература

1. Гильманшина С. И., Халикова Ф. Д. Формы работы с одаренной молодежью в системе университетского образования // Казанский педагогический журнал. – 2015. – № 4. – Ч.2. – С. 294-297.
2. Гильманшина С. И., Халикова Ф. Д., Щавелева Н.Г. Формирование опыта учебного творчества в системе «лицей – университет» (на примере гендерно ориентированного обучения химии // Фундаментальные исследования. – 2015. – №2 (часть 11). – С. 2455–2458.
3. Малый химический институт [электронный ресурс] // URL: <http://kpfu.ru/chemistry/malyj-himicheskij-institut>

УДК 666.972.3

### ВЛИЯНИЕ ГРАФЕНА И ОКСИДА ГРАФЕНА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МИКРОСТРУКТУРУ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

Губин Сергей Павлович<sup>1</sup>, Корнилов Денис Юрьевич<sup>1</sup>,  
Ткачев Сергей Викторович<sup>1</sup>, Кашапов Наиль Фаикович<sup>2</sup>,  
Гильманшин Искандер Рафаилович<sup>2</sup>, Киямов Ильгам Киямович<sup>2</sup>,  
Ибрагимов Руслан Абдирашитович<sup>3</sup>,  
Киямова Лейсан Ильгамовна<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ООО «АкКо Лаб», 129110, г. Москва, ул. Гиляровского, д. 65, стр. 1

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
420008, Россия, Казань, ул. Кремлевская, 18

<sup>3</sup>КГАСУ, 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д.1

<sup>4</sup>МГТУ им Н.Э. Баумана, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

**Аннотация.** В данной работе приводятся результаты влияния графена и оксида графена на физико-механические свойства тяжелого бетона. Определено влияние исследуемых добавок на плотность бетонной смеси, прочность при сжатии тяжелого бетона. Выявлено влияние добавок на фазовый состав цементного камня при нормально-влажностном твердении и морфологию гидратных новообразований.

**Abstract.** In this paper, the results of the influence of graphene and graphene oxide on the physical and mechanical properties of heavy concrete are given. The influence of the investigated additives on the density of the concrete mixture, the compressive strength of heavy concrete is determined. The effect of additives on the phase composition of cement stone during normal-moisture hardening and the morphology of hydrate neoplasms was revealed.

**Ключевые слова:** графен, оксид графена, цементное тесто, тяжелый бетон, гидратация.

Проблема равномерного распределения графенов в объеме бетонной смеси требует необходимости их совместного введения с пластифицирующими, а также суперпластифицирующими добавками [1-3].

Среди них, особый интерес вызывает исследование влияния суперпластифицирующих добавок, наиболее широко применяемых и давно известных в России с нафталинформальдегидной основой, а также, с поликарбоксилатной основой, которые в последние годы привлекают большое внимание специалистов и ученых, на физико-механические свойства цементного камня и бетона [4-6].

Для исследования применялись следующие исходные материалы: портландцемент марки ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н Ульяновского завода, отвечающего требованиям ГОСТ 31108-2003.

В качестве мелкого заполнителя для бетонной смеси применялся песок Камско-Устьинского месторождения с модулем крупности 2,5, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 8736 и ГОСТ 8735.

В качестве крупного заполнителя применялся гранитный щебень Уральского месторождения фракции 5-20 мм, отвечающий требованиям ГОСТ 8269.0-97.

Для исследования были выбраны суперпластифицирующие добавки различной химической основы: добавка Реламикс – на основе натриевых солей полиметиленафталинсульфокислот, производимая по ТУ 5870-002-14153664-04 и добавка Remicrete SP10 – на основе полиэфиркарбоксилатных смол, производимая по EN 934-2.

Оксид графена – мелкодисперсный порошок темно-серого цвета производства ООО «АкКо Лаб». Под действием ультразвука в полярных и гидрофильных растворителях образует устойчивые стабильные дисперсии.

Графен - мелкодисперсный порошок темно-серого цвета производства ООО «АкКо Лаб». Порошок на микро- и наномасштабах представляет собой «чешуйки», содержащие от одного до десяти графеновых слоев [7, 8].

На рис. 1-3 приведены кривые РФА исследуемых образцов.

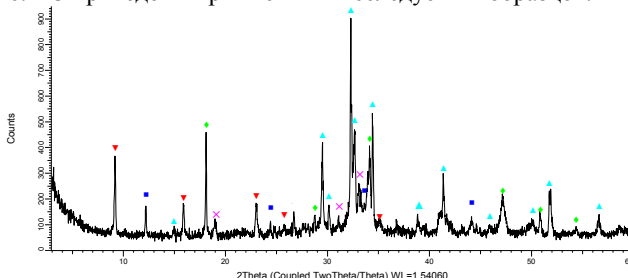


Рис. 1. Кривая РФА контрольного состава в возрасте одних суток. Усл. обозначения:  $\star$  -  $\text{SiO}_2$ ;  $\blacktriangledown$  -  $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ ;  $\times$  -  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$   $\alpha$ - $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ;  $\blacktriangle$  -  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ ;  $\blacklozenge$  -  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;  $\blacksquare$  -  $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe}^{+3})_2\text{O}_5$ ;  $\ast$  -  $\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\bullet$  -  $\text{CaCO}_3$ .

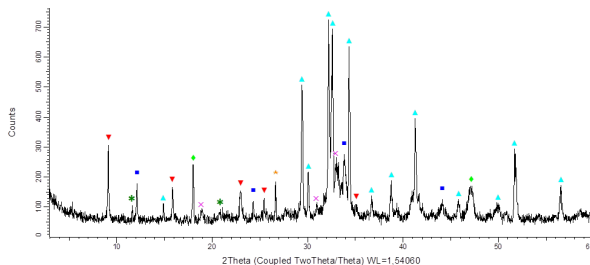


Рис. 2. Кривая РФА состава с комплексной добавкой Реламикс+Графен в возрасте одних суток. Усл. обозначения см. рис. 1.

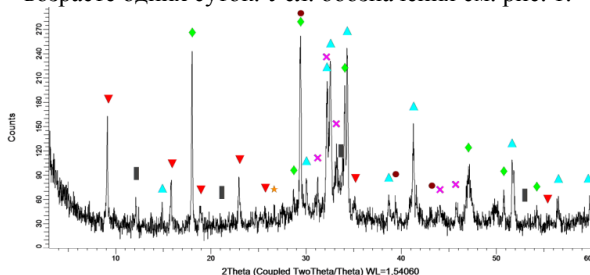


Рис. 3. Кривая РФА состава с комплексной добавкой Remicrete SP10+Оксид графена в возрасте одних суток. Усл. обозначения см. рис. 1.

Как видно из данных табл. 2, наибольшее количество этtringита ( $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ ) образуется в составе №3, что выше на 41 % по сравнению с контрольным составом, а наименьшее – в составе №2.

В составах 1 и 2 наблюдается примерно одинаковое содержание исходных фаз – алита ( $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ ) и белита ( $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$   $\alpha$ - $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ), что свидетельствует об отсутствии существенного замедления гидратации цемента в присутствии суперпластифицирующей комплексной добавки Реламикс+Графен.

Проведены исследования морфологии скола цементного камня на автоэмиссионном сканирующем электронном микроскопе Merlin компании CARL ZEISS. Микроскоп совмещен со спектрометром энергетической дисперсии AZtec X-MAX. Разрешение спектрометра 127 эВ. Предел обнаружения 1500-2000 ppm. Точность измерения составляет 0.01%. Съемка морфологии поверхности проводилась при ускоряющем напряжении 5 кэВ для улучшения глубины резкости изображения. При этом зафиксированные на держатель образцы помещались в камеру электронного микроскопа. Зондирование проводилось с выбранных участков. Объекты предварительно напыляли сплавом Au/Pd в соотношении 80/20.

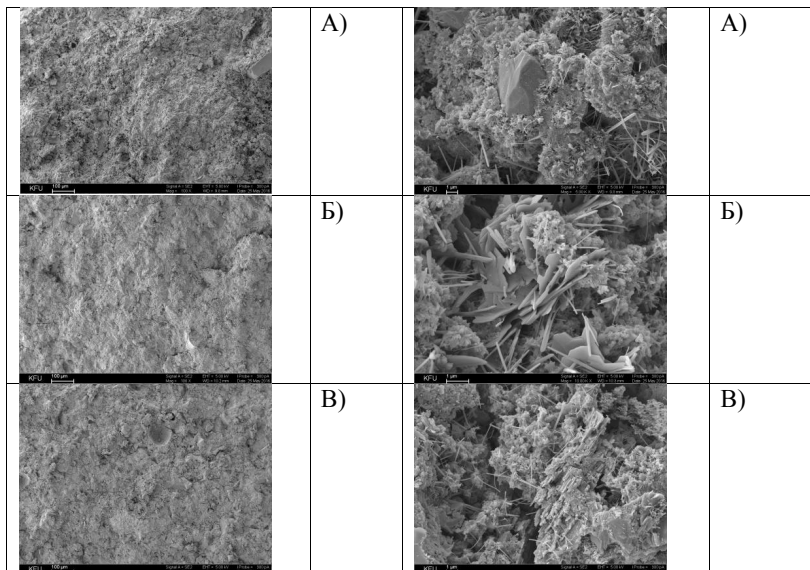


Рис.4. Электронные фотографии скола цементного камня. Увеличение 100 крат: а) контрольный образец; б) состав с комплексной добавкой Remicrete SP10+Оксид графена; в) состав с комплексной добавкой Реламикс+Графен.

Рис.5. Электронные фотографии скола цементного камня. Увеличение 5000-10000 крат. Обознач. см. рис. 4.

Электронные фотографии скола цементного камня, твердевшего 28 сут. в нормальных условиях изображены на рис.4-5.

По данным рис. 4 видно, что структура цементного камня контрольного образца очень рыхлая, имеется большое количество пор. Наиболее плотная структура наблюдается в составе с комплексной добавкой Remicrete SP10+Оксид графена.

При большем увеличении исследуемых образцов (5000-10000) в контрольном образце наблюдается скопление гидросиликатов кальция, пронизанных иглами этtringита, вкрапление портландита.

В составе с комплексной добавкой Реламикс+Графен наблюдается большее число кристаллических новообразований, преимущественно гидросиликатов кальция, кристаллизующихся в мелкодисперсном виде.

Иная структура наблюдается в составе с комплексной добавкой Remicrete SP10+Оксид графена, где портландит представлен пластинчатой формой, который затем кристаллизуется в гидросиликаты кальция. В данном случае оксид графена является подложкой для направленного структурообразования портландита, а следовательно и гидросиликатов кальция. Характерным

является также то, что образующиеся продукты гидратации кальцитируют поры цементного камня, тем самым повышая плотность и прочность.

**Выводы:**

1) Применение комплексной добавки Реламикс+Графен приводит к существенному повышению прочности при сжатии тяжелого бетона, особенно в первые сутки (на 64 %), и сохраняет преимущество в марочном возрасте, что на 27 % больше прочности контрольного состава;

2) Применение комплексной добавки Remicrete SP10+Оксид графена приводит к повышению прочности при сжатии тяжелого бетона, особенно в марочном возрасте (на 40 %), и больше на 59 % в первые сутки твердения по сравнению с контрольным составом;

3) Применение комплексной добавки Реламикс+Графен незначительно влияет на фазовый состав цементного камня при гидратации, фазы и их количество практически не отличается от значений контрольного состава.

**Список литературы:**

1. Baughman, R. H. Carbon nanotubes the rout towards application / R. H. Baughman, A. A. Zakhidov, W. A. Heer // Science. – 2002. – Vol. 297. – P.787-792.

2. Королев, Е. В. Модифицирование строительных материалов нанотрубами и фуллеренами / Е. В. Королев, Ю. М. Баженов, В. А. Береговой // Строительные материалы. – 2006. - № 8. С. 2-4

3. Раков, Э. Г. Нанотрубки и фуллерены: учебное пособие / Э. Г. Раков. – Москва, 2006. – 376 с.

4. Пухаренко, Ю. В. Модифицирование цементных композитов смешанным нанотрубойным материалом / Ю. В. Пухаренко, И. У. Аубакирова, В. А. Никитин, Д. Г. Летенко, В. Д. Староверов // Технологии бетонов. – 2013. – № 12. С. 13-15.

5. Яковлев, Г. И. Модификация цементных бетонов многослойными углеродными нанотрубками / Г. И. Яковлев, Г. Н. Первушин, А. Корженко, А. Ф. Бурьянов, И. А. Пудов, А. А. Лушникова // Строительные материалы. – 2011. – № 2. С. 47-51.

6. Камалова З. А. Суперпластификаторы в технологии изготовления композиционного бетона/ Камалова З. А., Рахимов Р. З., Ермилова Е. Ю., Стоянов О. В.// Вестник Казанского технологического университета.-2013.-№8. С. 148-152.

7. Губин С.П., Ткачев С.В. Графен и родственные нанотрубы углерода // Изд. 4-е, доп. М.: ЛЕНАНД. 2015. 112 с.

8. Ткачев С.В., Буслаева Е.Ю., Наумкин А.В. и др. Графен, полученный восстановлением оксида графена // Неорганические материалы. 2012. Т. 48. № 8. С. 909-915.

**СОВРЕМЕННАЯ АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ В КИТАЕ**

Динаэр Махэсути

Китайская Народная Республика, г. Урумчи,  
кафедра экономики и управления на предприятии, федеральное  
государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технический университет им.  
А.Н. Туполева-КАИ» (КНИТУ-КАИ),  
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Салимов Радий Ильдусович

кафедра экономики и управления на предприятии, федеральное  
государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технический университет им.  
А.Н. Туполева-КАИ» (КНИТУ-КАИ),  
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10

**Аннотация.** Автомобильная промышленность Российской Федерации и Китайской Народной Республики, с учетом проекта «Один пояс, один путь», оказывает большое влияние на экономики обеих стран. Изучение автомобильной промышленности Китая крайне актуально, так как способствует пониманию его современного успешного развития. Одна из таких успешных сфер – это быстрорастущая отрасль беспилотных автомобилей.

**Abstract.** Considering the project "One Belt, One Way" and its impact on the economy between the Russian Federation and the People Republic of China, the automotive industry plays a big role, the self-driving vehicle is a fast-growing industry in this area. The relevance of studying the automobile industry in China is very large, as it contributes to understanding its modern successful development. In addition, it is necessary to highlight the main features of each type. Such trends in modern development suggest that in the near future the leaders in the creation of advanced technologies in production.

**Ключевые слова:** автомобиль, промышленность, беспилотный автомобиль.

### **1. Характеристика отрасли**

Потенциал промышленности Китая постоянно возрастает, растет и актуальность изучения автомобильной отрасли в Китае, так как это способствует пониманию современного успешного развития Китая. Изучение глобальных тенденций современного развития автомобильной отрасли предполагает определение в ближайшем будущем мировых лидеров в создании передовых технологий.

После многих лет и различных проектов изобретатели смогли разработать функциональный общий дизайн, который используется основными автопроизводителями в качестве основы их разработок. Технологические достижения привели к разработке автомобилей, работающих не только на

традиционном топливе, но и на электричестве, водороде и даже воде.

Продукты автомобильной промышленности, такие как средства передвижения, способствуют увеличению мобильности населения, экономическому обмену и развитию. Автомобиль в современном обществе выступает как символ идентичности и статуса.

## **2. Классификация автомобилей**

Классификация автомобилей в Китае имеет следующий вид.

1) По назначению автомобили подразделяются на два типа: транспортные средства и специальная транспортная техника. Легковой автомобиль, автобус, грузовик, тягач относятся к группе транспортных средств. Основные типы автомобилей специального назначения – автомобили для отдыха (трейлеры или *recreational vehicle*), гоночные автомобили и автомобили специального назначения (медицинские, пожарные, коммунальные). Бронетехника и боевые машины не относятся к этой группе, а классифицируются как военная специальная техника.

2) Классификация автомобилей по типу источника энергии. В основном они подразделяются на автомобили с двигателем внутреннего сгорания (бензиновые, газовые, дизельные), электромобили и автомобили газотурбинными установками.

3) Классификация автомобилей в соответствии с дорожными условиями. В основном они подразделяются на дорожные и внедорожные транспортные средства.

4) Классификация автомобилей по типу шасси. Автомобили подразделяются на колесные и гусеничные транспортные средства, транспортные средства с салазками, с использованием воздушных подушек, шагающие транспортные средства и так далее.

5) Один из современных типов автомобилей – автономный (беспилотный) автомобиль. Мы видим здесь значительный рост таких автомобилей.

## **3. Автомобильный рынок Китая**

На автомобильном рынке Китая представлены следующие типы транспортных средств:

1) Легковой автомобиль: относится к категории автомобиля с числом мест менее девяти (включая водителя), грузовые автомобили, спортивные, внедорожные.

2) Коммерческие транспортные средства подразделяются на: автобусы, грузовые автомобили, тягачи.

## **4. Классификация автомобильной промышленности**

Автомобильная промышленность Китая в основном включает в себя производство автомобилей, автомобильных кузовов, модифицированное автомобильное производство, производство трамваев, автомобильных запчастей и аксессуаров, а также и авторемонт. Автомобильная промышленность имеет узкий и широкий смысл.

К сфере автомобильных услуг относятся продажи и обслуживание клиентов. Широкая индустрия автосервиса способствует плавному росту автомобильной промышленности, к прямым и косвенным продуктам

обслуживания для предоставления разнообразных сервисных услуг в целом. Например, в процессе производства автомобилей требуется логистика и транспорт, дизайн продукции, анализ рынка и другие услуги; в процессе продаж автомобилей развиваются автомобильное страхование, автомобильное кредитование, реклама и другие услуги. Растет потребность в автомобильных испытаниях, поставках автозапчастей, ипотеке автомобилей, обслуживании автомобилей, заправке автомобилей и других услугах. Наконец, развивается сфера сделок с подержанными автомобилями, утилизации отходов, социологических опросов потребителей и другие услуги.

### **5. Состояние отрасли и ее характеристики**

Автомобильная промышленность является важной отраслью национальной экономики Китая с богатой производственной цепочкой и другими отраслями, тесно связанными с широким спектром занятости, где стимулируется потребление, чтобы укрепить национальную экономику, улучшить международную конкурентоспособность, увеличить доходы населения. Автомобильная промышленность Китая – капиталоемкая, технологически интенсивная, талантливая, всесторонняя и сильная промышленность.

Характеристики отрасли:

1) Состав продукта. Структура продукта сложная: машина – это твердый металл, электричество, жидкость, мягкие компоненты.

Структура автомобильной продукции сложна, состоит из тысяч элементов (с разработкой модульных, меньших и меньших частей), а также включает механические, электронные, гидравлические, контрольные и другие сферы. Кроме того, процесс производства автомобильной продукции комплексный с гибкой маршрутизацией производственных процессов, частым изменением дизайна, с тяжелой координацией производственных ресурсов.

2) Разработка продукта: сегодня межрегиональная разработка продукта стала нормой. Развитие автомобильной продукции не ограничивается различными подразделениями на одном предприятии, а также включает кооперацию предприятий из разных регионов, разных областей, использование различных прикладных инструментов для участия в продукте членов девелоперской компании, а также с внешними предприятиями, цепочкой поставок между сотрудничеством и сотрудничеством вверх и вниз по течению.

3) Производство продукции. Производство нескольких видов продукции, небольшое серийное производство стало тенденцией развития в новом контексте растущего спроса на продукцию, в кратчайшие сроки наименьшие затраты на проектирование и производство персонализированных продуктов для удовлетворения потребностей клиентов - это ключ к победе в автомобильном бизнесе.

4) Проверка продукта. Глобальная система TS16949 является основным направлением сертификации автомобильной промышленности, но также и поставщиков автозапчастей в автомобильной промышленности. Система TS16949 применяется для гарантирования того, что продукт на протяжении всего жизненного цикла останется основным направлением сертификации



автомобильной промышленности для производителей автозапчастей и получения пропуска для входа на международные рынки.

5) Характеристики. В разных регионах мира для разных клиентов автомобильные компании должны соблюдать различные законы и правила. В процессе разработки продукта автомобильные предприятия должны в полной мере учитывать законы и положения различных регионов мира, включая таможенные услуги и т. д. Например, 27 стран в ЕС имеют жесткие требования в отношении утилизации автомобиля, а ставка восстановления не продается. Это включает в себя расчет восстановления транспортного средства, а коэффициент извлечения должен основываться, на желании вхождения китайского автомобиля в страны ЕС с сертификацией ЕС.

6) Качество продукции. При определении требований к качеству готовой продукции отслеживаются его важные части. Для некоторых из более высоких значений требований к качеству продукта относятся чрезвычайно жестко, так как неэффективное отслеживание качества ведет к отзывам автомобиля.

7) Автозапчасти, представляют собой слои, зажатые между поставщиками и автомобильным заводом, как «сэндвич». С другой стороны, предприятия автозапчастей в «сэндвичском» государстве необходимо тесно сотрудничать с OEM-производителями, в соответствии с производственным ритмом завода, с учетом своевременной поставки и цены на автозапчасти.

#### **6. Цель нашего исследования**

Одной из причин представленного исследования является тот факт, что автомобильная промышленность Китая является одной из важнейших отраслей экономики промышленности и, в частности, производство беспилотных автономных автомобилей, как быстрорастущая отрасль.

## **ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ КАК ИННОВАЦИОННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭТАП В РАМКАХ ИНДУСТРИИ 4.0**

Зиятдинов А.М.<sup>1</sup>, Ахмадуллин А.М.<sup>2</sup>, Матухин Е.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Филиал ФГБОУ ВО «УГНТУ» в г. Октябрьском, 452600, Республика Башкортостан, г. Октябрьский, ул. Девонская 54А;

<sup>2</sup>ФКП «КГКПЗ», 420032, Республика Татарстан, г. Казань, ул. 1 Мая, д.14

**Аннотация.** Авторы рассматривают происходящие процессы в промышленности как новый этап в экономическом сценарии страны. Инновации выступают двигателем и переводящей силой из одного технопоколения в другое. В качестве наиболее мощного элемента прогрессии рассматривается цифровизация.

**Annotation.** The authors consider the ongoing processes in the industry as a new stage in the country's economic scenario. Innovations are the engine and the translating force from one technology to another. Digitalization is considered as the

most powerful element of the progression.

**Ключевые слова:** Цифровизация, инновации, индустрия 4.0, трансформация машиностроения.

«Цифровая экономика относится к широкому спектру экономической деятельности, который включает в себя использование - цифровой информации и знаний в качестве ключевого фактора производства» - это цитата из итогового документа G20 (Программа по развитию и сотрудничеству в сфере цифровой экономики).

Именно документы G20 2016 года, подготовленные с российским участием, и послужили одним из оснований для Указа Президента Российской Федерации, фактически определившему масштабную трансформацию промышленности в цифровой экономике России и смену парадигм ее развития. Промышленность мира вступила в новую эру производства. Это сдвиг в разработке и производстве товаров не является результатом единого тренда, но приводится в действие широким спектром комплексных и взаимосвязанных факторов [1]. Эти факторы варьируются от достижений в области цифровых технологий и автоматизации до изменений климата и требований рынка. Коллективный следствием этого является сдвиг в сторону проектирования и дизайна инновационных процессов, который происходит все более и более быстро и предполагает открытую и совместную работу в рамках оговоренных экономических союзов, таких, как, например, ЕЭК. Экономическая картина также меняется [2]. В прошлые два десятилетия, движимые дешевой и обильной рабочей силой в Азии, доминировали глобальные поставки промышленных товаров. Это означает, что для того, чтобы продолжать свое производственное господство, Азии потребуется расширить свои собственные внутренние и региональные рынки, в то время, как быстрыми темпами происходит повышение конкурентности во всех производственных секторах. Открываются новые возможности для России в части производственно-экономических союзов в новых производствах, модернизированном цифровыми технологиями строительстве, инфраструктурных проектах на новых принципах, робототехники, 3D печати и др.

Тем не менее, с момента начала мирового финансового кризиса в 2008, спрос со стороны стран с развитой экономикой замедлился, в то время как заработная плата и другие расходы возросли [3]. Происходит масштабная кастомизация продуктов и вырастает доступность электронных компонент за счет процессов производств для массового потребителя или консьюмеризации. Эти и другие тенденции могут также оказать давление на модели работы заводов и фабрик, а также на выбор своего промышленного пути России. Практически оформилась часть экономики, которая в качестве конечного продукта предлагает на рынке только цифровые результаты своих производств.

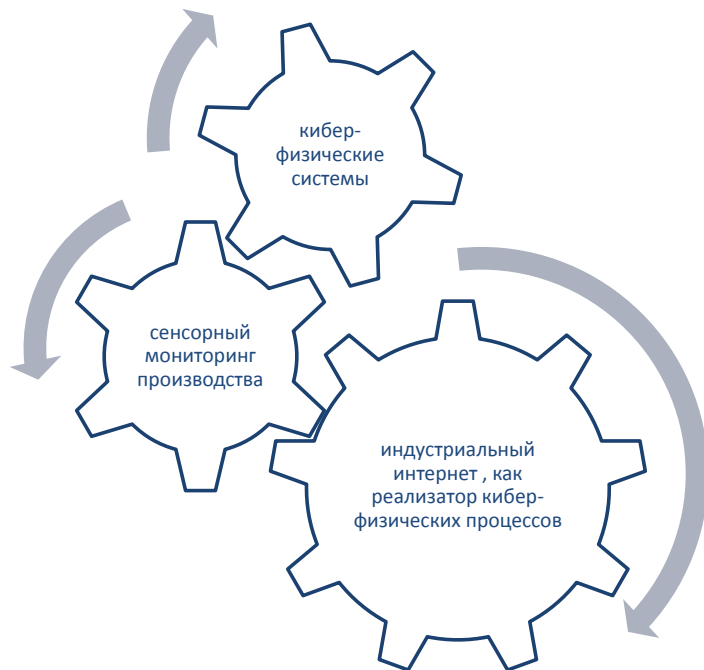


Рис. 1. Структурная схема движущих элементов цифровизации.

В мире производственных изменений, путь планируемого развития заводов трансформируется, их строительство и эксплуатация также будут меняться. Они должны стать более гибкими и уметь адаптироваться, достичь более тесной интеграции между сооружениями и процессами, а также иметь устойчивость к экономическим и экологическим сдвигам [4].

Указанные будущие направления будут вынуждены работать на более высоком уровне использования исходных материалов и более эффективно использовать энергию, обеспечивая при этом безопасные и здоровые условия труда для более квалифицированной и разнообразной рабочей силы [5]. Беспроводные конструкции в производствах фокусируются на всё более широком использовании больших объёмов данных, идей, инноваций и умных машин, чтобы оптимизировать производственные процессы и обеспечить большую настройку сложных продуктов. Происходит быстрое перемещение идей и решений между разными отраслями, и возникают совсем новые отрасли с новыми знаниями и с качественно новыми элементами структуры. На рис. 1 приведены структурные элементы цифрового машиностроения.

Ключевая роль информационного моделирования в цифровой экономике имеет цель внедрение в строительную индустрию, строительство умных городов, проектирование и запуск цифровой железной дороги.

Необходимо отметить, что промышленные решения, в основе которых лежит цифровой трансформационный уклад, могут стать катализатором развития цифровой экономики в России. Также важно подчеркнуть, что развитие цифровой трансформации в машиностроении принесёт отличные результаты и в смежных областях и отраслях – таковы свойства цифровой экономики.

### Литература

1. Ziyatdinov, A.M. Innovations in the Financial Management System of Oil and Gas Industry [Text] / A.M. Ziyatdinov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10. – № 20. – Pp. 41185-41189.;

2. Зиятдинов, А. Управление устойчивым развитием региона в современных экономических условиях [Текст] / А. Зиятдинов // Сегодня и завтра Российской экономики. – 2011. – № 48. – С. 152-154.;

3. Направления инновационного развития регионов в рамках устойчивого развития [Текст] / А.М. Зиятдинов, Р.М. Зиятдинова, Е.Л. Матухин, И.Ю. Крошечкина // Инновации и инвестиции. – 2016. – № 4. – С. 14-19.;

4. Зиятдинов, А.М. Условия регионализации факторов устойчивого развития современной российской экономики [Текст] / А.М. Зиятдинов // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2016. – № 4. – С. 166-168.;

5. Зиятдинов, А. Теоретические основы исследования устойчивого развития региона [Текст] / А. Зиятдинов // Сегодня и завтра Российской экономики. – 2011. – № 48. – С. 139-141.

УДК 62.621

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ В СЕТЯХ С РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ НА ПАК RDTs

Исаков Руслан Геннадьевич<sup>1,2</sup>, Ференец Андрей Валентинович<sup>1,3</sup>,  
Метелев Иван Сергеевич<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУВПО "Казанский национальный исследовательский университет им. А.Н. Туполева – КАИ", Казань, Россия

<sup>2</sup>ruslanisakov@yandex.ru, <sup>3</sup>favkai@mail.ru, <sup>4</sup>ivan0893@mail.ru

*Аннотация.* В данной статье рассмотрены проблемы, связанные с увеличением количества источников распределённой генерации, и предложены методы поиска путей решения этих проблем путём создания кибер-физической

модели. Предлагается строить модель на основе программно-аппаратного комплекса RTDS с подключением к устройству релейной защиты и автоматики через усилитель тока и напряжения.

Ключевые слова: Microgrid, моделирование, RTDS.

*Annotation.* This article deals with problem connected with increasing number of distribution generatin sources. Solving method is suggested using cyber-pysic model based on RTDS complex with connection to relay protection cabinet throug current and voltage amlifier.

Keywords: Microgrid, modeling, RTDS.

### **Введение**

На сегодняшний день одним из направлений развития электроэнергетики является стремление к меньшей степени зависимости от внешних источников. Это реализуется в виде систем, в которых источники электрической энергии рассредоточены, или распределены. В качестве таких источников могут выступать источники, использующие возобновляемую энергию (например, ветроэлектростанции или солнечные электростанции), источники, использующие топливо (дизельные генераторы, газотурбинные установки и т.д.) или аккумуляторы.

Системы распределённой генерации совместно с нагрузкой, питающихся от них, объединяются в системы, которые получили название Microgrid. При этом, сеть Microgrid по своим режимам работы отличается от традиционных сетей с одним централизованным источником, что влияет на работу устройств, подключённых в данной сети, в частности, устройств релейной защиты и автоматики. Встаёт вопрос о необходимости усовершенствования устройств защиты и автоматики для данной сети [1,2], что ведёт к необходимости исследования режимов работы подобных сетей.

### **Источники распределённой генерации**

Классификация источников распределённой генерации показана на рис.1. Выделяются две большие группы: источники, контролируемые диспетчером и источники, не контролируемые диспетчером [2].

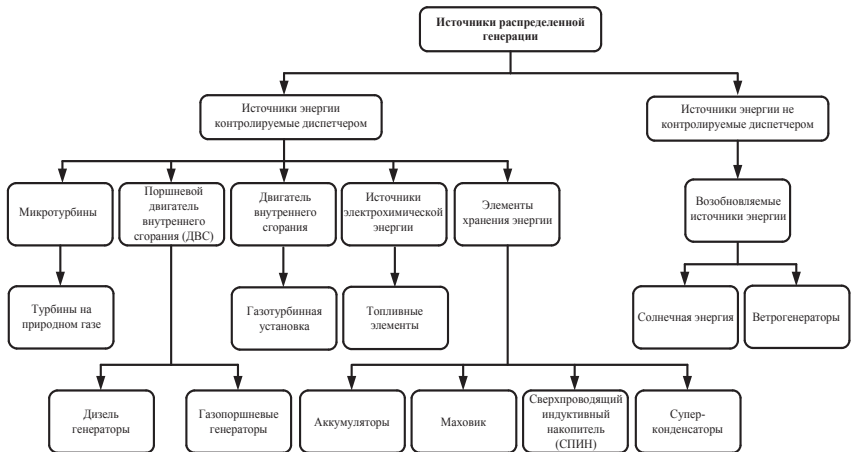


Рис. 1. Источники распределённой генерации.

В России в настоящее время большее развитие получили станции малой и средней мощности, такие как газотурбинные электростанции, в том числе мобильные, дизельные и газопоршневые электростанции.

При включении системы с распределённой генерацией в систему с централизованным источником могут возникать проблемы, показанные на рис.2.



Рис. 2. Проблемы при внедрении малой генерации.

Из перечисленных выше факторов следует, что проблемы будут возникать и при работе релейной защиты и автоматики, что ведёт к необходимости пересмотра устройств защиты для сетей с распределённой генерацией и созданию новых алгоритмов работы таких сетей. В то же время, алгоритмы должны быть не только теоретическими, но и иметь своё применение на практике.

Проведение испытаний и верификация алгоритмов на реальном существующем объекте в настоящее время является нецелесообразным, так как такой процесс будет сложным и затратным. Для изучения режимов работы, построения алгоритмов и применения их на практике самым оптимальным методом является моделирование, в частности, моделирование в режиме реального времени с подключением модели к устройствам управления, релейной защиты и автоматики. С каждым годом цифровое моделирование в реальном времени современных систем электроснабжения становится неотъемлемой частью проектирования.

### **Описание кибер-физической модели**

Предлагается создание кибер-физической модели сети. Кибер-физическое моделирование предполагает использование и программной части (т.е. программного обеспечения), и аппаратной части (в виде шкафов для моделирования и вторичных устройств).

В качестве основы для моделирования будет использован программно-аппаратный комплекс RTDS (Real Time Digital Simulation, RTDS Technologies, Canada) с с подключением к устройству релейной защиты и автоматики. Структурная схема моделирования показана на рис.3.

Программная часть (цифровая модель) системы будет построена в программной среде RSCAD, установленной на персональном компьютере. Компьютер соединяется с аппаратной частью комплекса (шкаф RTDS), и моделируемые в режиме реального времени сигналы будут передаваться на усилитель токов и напряжений PonoVo. Далее сигналы последуют на устройство релейной защиты и автоматики, которая будет реагировать на изменения в цифровой модели и выдавать обратные сигналы. При этом, будет обеспечено взаимодействие таким образом, что цифровая схема влияет на работу устройства защиты, и устройство защиты, в свою очередь, будет влиять на параметры цифровой модели. При этом шкаф релейной защиты и автоматики будет работать таким образом, как он работал бы при подключении к реально существующей сети.

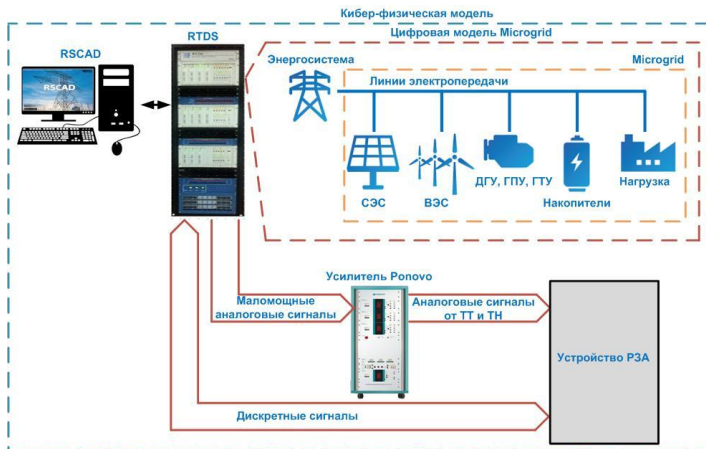


Рис. 3. Структурная схема кибер-физической модели Microgrid

### Выводы и дальнейшие планы

Применение программно-аппаратного моделирования систем электроснабжения в режиме реального времени с подключением устройств релейной защиты и автоматики позволит создать технологию (методику) построения систем электроснабжения с распределенной генерацией, позволит выполнить анализ всех необходимых режимов работы данной системы при различных вариантах подключения распределенной генерации к энергосистеме, а также разработать методику построения устройств релейной защиты и автоматики систем электроснабжения, что позволит повысить надежность электроснабжения предприятий и снизить материальные затраты на производство.

### Литература

1. Rashid Al-Abri. Voltage Stability Analysis with High Distributed Generation (DG) Penetration / Rashid Al-Abri // University of Waterloo.- 2012, - 121pp.
2. Onyinyechi Nzimako. Real-Time Simulation of a Microgrid System with Distributed Energy Resources / Onyinyechi Nzimako // Department of Electrical and Computer Engineering Faculty of Engineering University of Manitoba. – 2015.-156 pp.
3. Самойленко В. О. Проблемы подключения и эксплуатации малой генерации / В. О. Самойленко, С. А. Ерошенко, А. В. Паздерин // Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии : сб. докл. 5-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках специализир. форума «Expo Build Russia» (Екатеринбург, 14 апреля 2016 г.). — Екатеринбург : Изд-во УМЦ УПИ, 2016. — С. 45-47.
4. Онисова О.А. Совершенствование релейной защиты электроэнергетических систем с малыми распределёнными электрическими



станциями [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.14.02)/ Онисова Ольга Александровна; ФГБОУ ВПО «Чувашский Государственный Университет им. Н.И.Ульянова», 2016.-20 с.

5. Исаков Р.Г., Гарке В.Г. Концепция развития релейной защиты системы электроснабжения крупного промышленного предприятия. - Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2012. № 7-8. С. 46-54.

## **ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ, СОЗДАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ НА СЕРИЙНОМ АВИАПРЕДПРИЯТИИ**

Казакова Алёна Игоревна,  
начальник отдела управления правами на результаты интеллектуальной  
деятельности ПАО ААК «ПРОГРЕСС»,  
г. Арсеньев, Россия, e-mail: alena-ocean@mail.ru

Шестакова Полина Юрьевна,  
студентка Дальневосточного федерального университета, г. Арсеньев, Россия

Научные руководители:  
Денисенко Юрий Петрович, управляющий директор ПАО ААК «ПРОГРЕСС»,  
Бердиев Олег Шамильевич, советник управляющего директора ПАО ААК  
«ПРОГРЕСС», г. Арсеньев, Россия, e-mail: berdiev553@mail.ru

В период активно формирующегося отечественного рынка интеллектуальной собственности перед каждым крупным предприятием, таким как ПАО ААК «ПРОГРЕСС», стоит задача непосредственного участия в процессе.

Именно в такой период, независимо от основы деятельности (коммерческой или по государственным заказам) российская промышленность может «проявить себя». Сейчас построение единой системы предприятия по управлению его интеллектуальным потенциалом и развитие «необходимого» мышления у персонала было положено в основу деятельности отдела управления правами на результаты интеллектуальной деятельности ПАО ААК «ПРОГРЕСС», приемы и методы которой изложены в данной работе.

In the period of the actively developing domestic intellectual property market, every major enterprise, such as PJSC AAK PROGRESS, faces the task of directly participating in the process.

It is in this period, regardless of the basis of activity (commercial or state orders), Russian industry can "manifest itself." Now the construction of a unified system of the enterprise to manage its intellectual potential and the development of "necessary" thinking among the personnel was laid in the basis of the activity of the department for managing intellectual property rights for PJSC AAK PROGRESS, the methods and methods of which are set forth in this paper.

Ключевые слова: результаты интеллектуальной деятельности, предложения по улучшениям, рационализация, изобретательство.

В стране активно ведется работа по инновационному развитию: в соответствии со «Стратегией инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года» предприняты значительные усилия по стимулированию исследовательской деятельности. ПАО ААК «ПРОГРЕСС», входящая в Холдинг «Вертолеты России», не является исключением. В декабре 2016 года приказом по Холдингу была утверждена Патентная стратегия. Для безусловной реализации Патентной стратегии Холдинга 18 июля 2017 года на ПАО ААК «ПРОГРЕСС» была утверждена Дорожная карта по реализации Стратегии с определением ключевых сегментов развития предприятия в краткосрочной перспективе.

Так, основными направлениями стали: анализ состояния изобретательской и патентно-лицензионной деятельности, выявление результатов интеллектуальной деятельности, необходимых для осуществления деятельности организации, обеспечение защиты интеллектуальных прав организации, реализация мероприятий по коммерциализации интеллектуальной собственности, планирование рационализаторской и изобретательской деятельности, методическое сопровождение научно-исследовательских работ и взаимодействие с авторами НИР, изобретателями, рационализаторами, мотивация и стимулирование творческой активности персонала, организация учета объектов интеллектуальной собственности организации, формирование базы нормативной документации по управлению результатами интеллектуальной деятельности.

На момент принятия решения о необходимости «централизации» политики по интеллектуальной собственности система управления РИД на ПАО ААК «ПРОГРЕСС» выглядела несколько раздроблено.

Для построения единой эффективной системы по каждому из выбранных ключевых направлений необходимо было в свою очередь предпринять ряд мероприятий, приняв во внимание ключевые проблемы, такие как нехватка квалифицированного персонала и отдаленность от инновационных технологических центров страны. Однако прежде требовалось изложить общую стратегию ИС в понятной и наглядной форме.

С целью решения задачи была разработана стратегическая матрица на основе использования инструмента бережливого производства – Хосин Канри (развертывание стратегии) [5].

Следующим шагом стало создание трехступенчатой системы предложений по улучшениям: «зарождение» идеи в виде Кайдзен-предложений, развитие идеи в виде рационализаторских предложений, оформление состоявшихся идей сотрудников, новых и полезных не только для организации, в виде полноправного результата интеллектуальной деятельности [6].

Немаловажным шагом на пути построения системы управления правами на результаты интеллектуальной деятельности организации стала реализация

мероприятий по планированию рационализаторской и изобретательской деятельности. Кроме того, поскольку основа всех производимых изменений – ориентация на персонал, приказом управляющего директора по организации был утвержден график обучения сотрудников производственных цехов на местах, а также периодических инструктажей, круглых столов с сотрудниками, ответственными в подразделениях за реализацию мероприятий по развитию системы предложений по улучшениям.

Для плодотворной работы очень важно было создать не только систему стимулов для сотрудников, но и побудить их к внутренней «самостоятельной» мотивации к изменениям. Для этого необходимо постоянно демонстрировать всем сотрудникам успешные примеры реализации идей их коллег.

На ПАО ААК «ПРОГРЕСС» систематически проводятся мероприятия в данном направлении: формируются и выпускаются сборники лучших предложений по улучшениям, ежеквартально выпускается информационная газета, распространяемая по всем подразделениям, организован конкурс среди авторов предложений по улучшениям [6].

Результатом предпринятых усилий стал ряд преобразований.

С целью обеспечения производимых работ был выпущен ряд организационно-распорядительных документов либо внесены корректировки в ранее созданную документацию с целью приведения ее к единому стандарту управляющей компании.

В результате развития активной деятельности, направленной на становление системы управления правами на результаты интеллектуальной деятельности и развития системы предложений по улучшениям кроме внутренних ресурсов предприятия для обмена опытом были задействованы и сторонние организации.

Внутренние преобразования отразились и на внешнем имидже предприятия.

Кроме издания собственного сборника по результатам ежегодно проводимой конференции, сотрудники предприятия активно стали публиковать результаты своей работы в печати.

В общем, о результатах работы по предпринятым мероприятиям говорят следующие цифры, представленные в таблице.

Таблица 1 - Результаты в цифрах

№	Показатель	Результат
1	Количество поданных Кайдзен-предложений за 2016, шт.	458
2	Количество поданных Кайдзен-предложений за I-III кварталы 2017, шт.	927
3	Количество реализованных предложений на текущий момент, шт.	559
4	Общая сумма заключенных договоров с авторами РИД, руб.	78 964,98

5	Суммарный экономический (косвенный) эффект от внедренных предложений по улучшениям на текущий момент, руб.	8 596 243,36
6	Количество поданных заявок на патенты РФ, в т.ч. совместно со сторонними организациями, шт.	11
7	Количество проводимых НИР, шт.	23
8	Процент сотрудников, подающих предложения от общего количества, %	14,8

На данный момент предприятие делает только первые шаги в сфере развития своего потенциала – происходит формирование базы, на основе которой в дальнейшем можно будет говорить о коммерциализации имеющегося потенциала.

Далее планируется в продолжение развития обозначенных направлений предпринять действия по отработке алгоритма постановки на баланс ОИС в качестве НМА, формированию мотивационной системы молодых специалистов, активно участвующих в мероприятиях (конкурсах, форумах и т.д.) от имени предприятия, системы оценки созданных ОИС, представлению результатов проводимых НИР в открытой печати.

Все это должно стать импульсом к развитию технического потенциала предприятия, решению его актуальных задач и, в конечном итоге, выходу на создающийся рынок ИС.

ПАО ААК «ПРОГРЕСС» предстоит еще много работы в процессе становления на рынке интеллектуальной собственности. Успех здесь определяет не только умение создавать и защищать РИДы, но и их коммерциализировать, а именно грамотно представлять потенциальным партнерам. Движение в данном направлении – приоритетная задача для предприятия на ближайшие годы.

#### Список литературы:

1. Алексеев В.И. Обеспечение прав организации на результаты интеллектуальной деятельности: Методические рекомендации / В.И.Алексеев. - М.: ИНИЦ «Патент», 2013. - 248 с.
2. Комиссаров А.П. Защита интеллектуальной собственности: учебник / А.П.Комиссаров; Урал. Гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. - 160с.
3. Анализ методов реализации мероприятий технического прогресса на производственном предприятии / И.В. Быков, О.Ш. Бердиев // ИННОВАЦИИ журнал об инновационной деятельности ОАО «ТРАНСФЕР» / гл. ред. Б.А. Новиков; вып. редактор С.А. Кожевников – С-Петербург, 2014 – № 11(193). ISSN2071-3010 с.20-22.
4. Внедрение LEAN – технологий на ПАО ААК «ПРОГРЕСС» /Переверзева Л.В., Бердиев О.Ш., Казакова А.И., Слободчикова Ю.С. //Сборник публикаций научного журнала “Globus” по материалам III-й международной научно-практической конференции: «Экономика и юриспруденция: теория и

практика» г. Санкт-Петербурга: сборник со статьями (уровень стандарта, академический уровень). – С-П. : Научный журнал “Globus”. 2015. – 148с. с.60.

5. Об опыте взаимодействия отделов управления правами на результаты интеллектуальной деятельности и LEAN-технологий на ПАО ААК «ПРОГРЕСС» / А.И. Казакова, Л.В. Переверзева, Ю.П. Денисенко, О.Ш. Бердиев // Вестник Дальневосточного регионального учебно-методического центра №26/2016. – Владивосток: ДВФУ, 2016.-164с. С.105-115 ISSN 2078-3906 УДК 378.12 ББК 94.3 В38

6. Особенности постановки результатов интеллектуальной деятельности на баланс предприятия в качестве нематериальных активов (на примере ПАО ААК «ПРОГРЕСС») / А.И. Казакова (под научным руководством Денисенко Ю.П., Бердиева О.Ш.) // Молодёжь XXI век: V-ая научно-практич. конф., г. Арсеньев, 15 апреля М 2016г.: сборник трудов/под общ.ред. Ю.П. Денисенко, О.Ш. Бердиева, Ю.Ф. Огнева. - Владивосток: изд-во «Дальиздат», 2016. – с. 23-27. ISBN 978-5-905754-60-9 УДК 62 ББК 64

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ, НА ОСНОВЕ ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ, КАК ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД ВОДОПОДГОТОВКИ

Каратаев О. Р.<sup>1</sup>, Каратаева Е.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, К. Маркса, 68

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) Федеральный университет», инженерный институт, г.Казань, ул. С.Сайдашева,12

**Аннотация.** В работе описывается способ очистки сточных вод в гидроциклоне частицами твердой фазы. Для достижения более эффективной очистки предлагается методика расчета сепарационных процессов в гидроциклонах на основе уравнения радиального движения частицы, связанной с пузырьком воздуха.

**Abstract.** The method for aste water treatment in a hydrocyclone pressure is described. To achieve more efficient cleaning method it is proposed for calculating the separation process in hydrocyclones based on the equation of the radial motion of the particle associated with air bubbles.

**Ключевые слова:** гидроциклон, сепарация, сточные воды, центробежная сила, частицы твердой фазы.

Большинство природных и технологических жидкостей представляет собой многофазные неоднородные системы, содержащие различные включения и характеризующиеся нелинейным поведением в пористых средах. Эффекты, наблюдаемые при фильтрации гетерогенных систем, отличаются большим разнообразием, что предопределяет качественно различный вид законов фильтрации для них.[1]

Процесс извлечения взвешенных частиц из сточных вод в поле центробежных сил в гидроциклоне, позволяет интенсифицировать процесс и достичь практически полного извлечения частиц твердой фазы за счет выделения частиц наиболее мелких фракций[2].

Гидроциклон (рис. 1) состоит из цилиндрической камеры, в которую тангенциально подаются через входной патрубок 1, установленный в ее верхней части, при повышенном давлении (до 0,8 МПа) сточные воды производства, предварительно насыщенные растворенным газом (азотом) и конической части с углом конусности  $\alpha$ . Поступившая в гидроциклон суспензия стекает, образуя вращающуюся пленку, по его стенкам вниз, обладая окружной  $V_\phi$ , осевой  $V_z$  и радиальной  $V_r$  составляющими скорости [3]. При снижении давления до атмосферного создается перенасыщение растворенного газа и суспензия «вскипает». Частицы твердой фазы под действием центробежной силы движутся к стенке корпуса гидроциклона, а пузырьки газа под действием выталкивающей центростремительной силы Архимеда – навстречу им к поверхности пленки. При столкновении частиц твердой фазы с пузырьками газа происходит образование флотокомплексов, выносящих частицы твердой фазы на поверхность пленки в пенный слой, который удаляется через верхний отводящий патрубок 2. Кроме того, частицы твердой фазы служат непосредственными центрами образования пузырьков газа, выделяющихся при снижении давления, что приводит к существенному повышению кинетического коэффициента напорной флотации. Осветленная суспензия удаляется из аппарата через нижний сливной патрубок 3 [3].

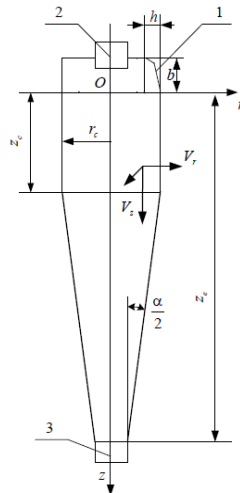


Рис. 1 - Схема очистки сточных вод в гидроциклоне под напором

Простота конструкции и отсутствие движущихся частей - преимущества, отличающие гидроциклоны от других аппаратов центробежного принципа действия. Разделение неоднородных систем в аппаратах гидроциклонного принципа действия может быть интенсифицировано при использовании процесса флотации [4].

Нами предложена методика расчета сепарационных процессов в гидроциклонах на основе уравнения радиального движения частицы, связанной с пузырьком воздуха [5],

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = \pm m \frac{V_t^2}{r} \left(1 - \frac{\rho_c}{\rho_\phi}\right) \mp \beta (V_r \pm \frac{dr}{dt}) \mp F,$$

где верхний знак при слагаемых относится к случаю движения системы частица-пузырек к стенке аппарата, а нижний - к оси аппарата;  $m$ - масса частицы;  $V_t$  - тангенциальная составляющая скорости;  $V_r$ - радиальная составляющая скорости;  $\rho_c$ ;  $\rho_\phi$  - плотность дисперсионной среды и дисперсной фазы, соответственно;  $r$ - текущий радиус, на котором находится частица-пузырек;  $\beta$ - коэффициент сопротивлений Стокса;  $F$ - сила Архимеда, действующая на пузырьрек воздуха.

С учетом специфики гидродинамики гидроциклонов проведя ряд преобразований, находим выражение функции времени от перемещения

$$t = -0.5 \left(\frac{m}{\beta}\right) \ln \left| \frac{\frac{A}{B^*} - r^2}{\frac{A}{B^*} - r_1^2} \right| - 1.5 \left(\frac{m}{\beta}\right) \ln \left| \frac{r^2 \frac{A}{B^*} - r^2}{r_1^2 \frac{A}{B^*} - r_1^2} \right| \mp \ln \left| \frac{\frac{A}{B^*} - r^2}{\frac{A}{B^*} - r_1^2} \right|$$

$$B^* = \frac{Q_B}{2\pi h},$$

$$A = \frac{\pi(A^*)^2}{6\beta} \left[ d_T^3 \rho_\phi \left(1 - \frac{\rho_c}{\rho_\phi}\right) - d_n^3 \rho_c \right],$$

где  $d_T$  - диаметр твердой частицы; диаметр пузырька воздуха  $d_n$  может определяться различным образом, например, через критическое значение числа Вебера.

Условие связи пузырька с частицей

$$\pi \frac{d_n}{2} \sigma_{жг} \sin \theta \geq \frac{\pi d_n^3}{6} \rho_c \frac{A^2}{r^3} + \frac{\pi d_T^3}{6} \rho_\phi \frac{A^2}{r^3} + \frac{\pi a^2}{4} \left( \frac{A \sigma_{жг}}{d_n} - 1.3 \rho_c d_n \frac{A^2}{r^3} \right) + F_{mp}$$

где  $a$  - диаметр окружности, по которой пузырек прикрепляется а поверхности частицы;  $\theta$  - краевой угол смачивания;  $\sigma_{жг}$  - поверхностное натяжение на разделе жидкость-газ;  $F_{mp}$  - сила вязкостного трения;  $A$  - постоянная величина для данных геометрических и режимных параметров работы гидроциклона.

Далее, была получена зависимость для определения основного размера гидроциклона -  $D$ :

$$D = \frac{2.56 V_{вх} (t g a)^{0.4} (d_T^3 - n d_n^3)}{n d V t g \left(\frac{a}{2}\right)}$$

где  $d = d_n$  при  $d_n > d_T$  или  $d = d_T$  при  $d_n < d_T$ , в свою очередь, в данном уравнении  $d_r = d_{\min}$  - минимальный диаметр твердых частиц (капель), который должен быть отделен в цилиндрикоконическом гидроциклоне с диаметром цилиндрической части  $D$ ;  $V_{ex}$  - скорость потока в питающем патрубке гидроциклона диаметром  $d_{вх}$ ;  $\alpha$  - угол конической части корпуса;  $n = \frac{\rho_c}{\rho_{\phi} - \rho_c}$ ;  $\nu$  - кинематическая вязкость потока суспензии (эмульсии).

Таким образом, проведение процессов разделения неоднородных жидких систем в поле центробежных сил в гидроциклонах обеспечивает высокую эффективность. Данный метод актуален при очистке сточных вод нефтеперерабатывающего сектора, так как является ресурсосберегающим.

### Литература

- Лагутин М. Г., Павловский Г. В. /Анализ возможности организации процесса флотации в гидроциклоне// Тез. Докл. 12 Международной науч. конф. «Математические методы в технике и технологиях» Великий Новгород, 1999, Том 2, с.214-215.
- Масагутов Д.Ф., Пушнов А.С., Кашапов Н.Ф., Влияние геометрических характеристик регулярных структурированных насадок на гидравлическое сопротивление и эффективность процессов тепло- и массообмена Химическая технология. 2014. Т. 15. № 9. С. 564-571.
- Яблонский В. О. / Выбор конструкции и режимов работы гидроциклона для очистки сточных вод производства ПВХ напорной флотацией// Известия Волгоградского государственного технического университета, № 5, Т 1, 2012 г., с.68-70.
- Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки сточных вод. – М.: Государственное научно-техническое изд., 1958. – 251 с.
- Каратаев О. Р., Маркина А. А., Шамсутдинова З. Р. / Очистка сточных вод нефтехимической промышленности методами кристаллизации и флотации // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 23, с. 351-355.

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПРОДОЛЬНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ АДСОРБЕНТА В НЕПОДВИЖНОМ СЛОЕ С УЧЕТОМ ТРЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ

Каратаев О. Р.<sup>1</sup>, Каратаева Е.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, К. Маркса, 68

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) Федеральный университет», инженерный институт, г.Казань, ул. С.Сайдашева,12

**Аннотация.** В работе представлена теоретическая одномерная модель динамики адсорбции в неподвижном слое с учетом химической реакции



первого порядка. Рассматривается общий случай, когда сопротивление массопереносу сосредоточено как во внешней, так и во внутренней фазах

**Abstract.** In the article is described theoretical model of adsorption dynamics accompanying chemical first order reaction in direction one coordinate axis parallel of cross section motionless layer of absorbent. It is taken into consideration general case when resistance by mass transfer distribute between internal and external of phases.

**Ключевые слова:** адсорбция, химическая реакция, преобразование Лапласа, оригинал, изображение.

Сорбционная очистка сточных вод наиболее рациональна, если в них содержатся преимущественно ароматические соединения, неэлектролиты или слабые электролиты, красители, непредельные соединения или гидрофобные (например, содержащие хлор или нитрогруппы) алифатические соединения. При содержании в воде только неорганических соединений, а также низших одноатомных спиртов этот метод не применим.

Между количествами вещества, адсорбированного сорбентом и оставшегося в растворе, в разбавленных растворах наступает равновесие, подчиняющееся закону распределения, по которому одновременно учитываются как продольное перемешивание, так и сток вещества за счет химической реакции (отрицательный источник вещества) [1, 2].

$$\frac{\partial C(x, \tau)}{\partial \tau} + \delta \frac{\partial C_a(x, \tau)}{\partial \tau} + W \frac{\partial C(x, \tau)}{\partial x} = D_L \frac{\partial^2 C(x, \tau)}{\partial x^2} - K_c C(x, \tau), \quad (1)$$

$$C_a(x, \tau) = AC^*(C_a) - B. \quad (2)$$

Здесь  $A$  и  $B$  - константы,  $C_a(x, \tau)$  - концентрация адсорбированного вещества в сорбенте в сечении  $x$  в момент времени  $\tau$ ;  $C(x, \tau)$  - концентрация адсорбтива в потоке на расстоянии  $x$  в момент времени  $\tau$ ;  $W$  - скорость потока;  $K$  - коэффициент массообмена;  $K_c$  - константа скорости реакции;  $\delta = \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon}$  - коэффициент;  $\varepsilon$  - доля свободного сечения адсорбента (постоянная по объему порозность неподвижного слоя);  $C^*$  - концентрация целевого компонента в потоке равновесная со средним содержанием адсорбтива  $C_a$  в слое;  $D_L$  - коэффициент продольной диффузии (перемешивания)

Первые два слагаемых в левой части уравнения (1) представляют собой скорость изменения массы целевого компонента в зазорах между частицами и

внутри частиц соответственно. Третье слагаемое соответствует приращению массы целевого компонента за счет конвективного переноса с потоком. Первое и второе слагаемые в правой части (1) учитывают изменение массы целевого компонента за счет молекулярной диффузии (продольное перемешивание) и протекания химической реакции соответственно.

В начальном сечении неподвижного слоя в произвольный момент времени  $\tau$  концентрация целевого компонента постоянна и равна  $C_0$ , поскольку в (1) представлена вторая производная концентрации по времени, вследствие учета продольного перемешивания [3].

Движущей силой рассматриваемых процессов является разность рабочего (избыточного) давления над исходным раствором и осмотического давления раствора. Наиболее перспективны обратный осмос и ультрафильтрация в системах локальной обработки сточных вод при небольших их расходах для концентрирования и выделения относительно ценных компонентов и очистки воды. Например, очистка сточных вод, образующихся при металлообработке, травлении, окраске, нанесении гальванических покрытий от таких токсичных веществ, как цианиды, хром, никель, медь, цинк и другие, которые к тому же могут быть регенерированы [4].

Преобразования (2) с учетом позволяют записать:

$$\frac{\partial C(x,\tau)}{\partial \tau} + W \frac{\partial C(x,\tau)}{\partial x} = D_L \frac{\partial^2 C(x,\tau)}{\partial x^2} - \delta K \left[ C(x,\tau) - \frac{C_a(x,\tau)}{A} - \frac{B}{A} \right] - K C(x,\tau),$$

$$0 \leq x < \infty, 0 < \tau < \infty, \quad (3)$$

$$\frac{\partial C_a(x,\tau)}{\partial \tau} = K \left[ C(x,\tau) - \frac{C_a(x,\tau)}{A} - \frac{B}{A} \right], 0 \leq x \leq \infty, 0 \leq \tau \leq \infty. \quad (4)$$

В отличие от микрофильтрации и ультрафильтрации, примеси, задерживаемые в процессе обратного осмоса, имеют размеры на уровне молекул, ассоциатов, ионов, кислотных остатков.

Величина потока, проходящего через обратноосмотическую мембрану, является столь же важной характеристикой, как и ее селективность по отношению к различным типам растворенного вещества. Одной из причин образования поверхностного слоя является особый характер нагружения материала при трении. Главной отличительной чертой процесса трения является дискретный, стохастический характер фрикционного контактного взаимодействия [5]. Такой характер взаимодействия для поверхностей, вступающих в контакт в первый раз, обусловлен изначально неидеальным поверхностным рельефом. В случае взаимодействия приработанных поверхностей - наличием микрорельефа (равновесной шероховатости), сформировавшегося на поверхностях в процессе трения [3]. В предложенной модели материал представляется набором  $N$  элементов, представляющих собой силовые центры и обладающих способностью поступательного движения. Вязкая сила взаимодействия между двумя элементами (концентрацией

вещества С от времени разделения  $\tau$ ) определяется относительной скоростью движения элементов и направлена противоположно вектору этой скорости [4].

$$F(x, s) \cdot C(x, \tau) = \left[ C_0 F(\tau) - B \delta \gamma \int_0^{\tau} F(t) F_1(\tau - t) dt \right] e^{\frac{Wx}{2a^2}} +$$

$$+ B \delta \gamma \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{a_2}} e^{-\frac{a_1 \tau}{2}} \sin \sqrt{a_2} \tau \text{ при } a_2 > 0, \\ \frac{1}{\sqrt{-a_2}} e^{-\frac{a_1 \tau}{2}} \operatorname{sh} \sqrt{-a_2} \tau \text{ при } a_2 < 0. \end{cases}$$

$$\Phi(x, s) \cdot C_a(x, \tau) = \left\{ k C_0 \int_0^{\tau} e^{-\gamma(\tau-t)} F(t) dt - k B \delta \gamma \times \right.$$

$$\left. \int_0^{\tau} e^{-\gamma \xi} \left[ \int_0^{\tau-\xi} F(t) F_1(\tau - t) dt \right] d\xi \right\} e^{\frac{Wx}{2a^2}} + \frac{k B \delta \gamma e^{-\gamma \tau}}{(\gamma^2 - a_1 \gamma + a_0)} \times$$

Для каждого слоя материала можно задавать свои свойства, отличные от свойств других слоев, поэтому разные пары слоев могут иметь различные характеристики. Такой подход позволяет конструировать микровыступ из нескольких материалов с различными свойствами, тем самым, моделируя материал с покрытиями.

На результат решения температурной задачи и, следовательно, на поведение системы трения в целом большое влияние оказывает выбор граничных условий [5].

### Литература

1. Каратаев О.Р., Анаников С.В. Вест. Казан. технол. ун-та, 16, 14, 59-65 (2013).
2. Г. Дёч. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа. ГИФМЛ, Москва, 1958. 208 с.
3. А.В. Пантелеев, А.С. Якимова. Теория функций комплексного переменного и операционное исчисление в примерах и задачах. Высшая школа, Москва, 2001. 445 с.
4. Т.Б. Двайт. Таблицы интегралов и другие математические формулы. Наука, Москва, 1964. 228 с.
5. В.Е.Рубцов. Моделирование деформационных и тепловых процессов в поверхностном слое упруго-пластического материала при трении : Дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.04.07 : Томск, 2004 145 с.

## УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ С ПОЛУЧЕНИЕМ БИОГАЗА И ОРГАНИКИ

Кашапов Н.Ф., Нафиков М.М., Гильманшин И.Р.  
Казанский (Приволжский) Федеральный Университет

Нигматзянов А.Р.

Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса

Петрова В.Я.

Казанский государственный аграрный университет

Аннотация. В большинстве регионов РФ сегодня имеется высокоразвитое сельское хозяйство, а также перерабатывающие предприятия, соответственно с высокой концентрацией ресурсов для производства биогаза. На Приволжский и Южный округа приходится в сумме около 58% биогазового потенциала. При переработке всех отходов сельского хозяйства и перерабатывающих предприятий можно полностью обеспечить газом сельские районы.

Abstract. In most regions of the Russian Federation today has a highly developed agriculture and processing enterprises, respectively with a high concentration of resources for production of biogas. On the Volga and southern districts account for a total of about 58% of the biogas potential. In the processing of all wastes of agriculture and processing enterprises can fully supply gas to rural areas.

Ключевые слова: биогаз, отходы производства, сельское хозяйство, ресурсы.

Ежегодно при производстве сельскохозяйственной продукции на территории Российской Федерации продуцируется до 14-15 млрд. т. биомассы. Энергия химических связей при разложении данного количества биомассы эквивалентно 8,1 млрд. т. условного топлива.

По результатам исследований Института энергетической стратегии России общее количество органических отходов агропромышленного комплекса РФ в 2015 г. составило 225 млн. т., включая:

- животноводство - 58,3 млн т;
- растениеводство - 147 млн т;
- перерабатывающая промышленность АПК 14 млн. т. (сахарные и консервные заводы, мясокомбинаты, спирт и винозаводы и т.д.).

Выше приведенные данные свидетельствуют, что наибольшую массу среди органических отходов сельскохозяйственного производства занимают отходы растениеводства (солома, стебли, лузга, ботва, солома и т.д.). Их переработка в биогаз одновременно с отходами животноводства и птицеводства требует разработки универсальной биогазовой технологии и соответствующего оборудования.

Анализ отечественной и мировой литературы в области биогазовых технологий следует начать с освещения работ, проведенных в начале 60-х гг. прошлого столетия в Институте биохимии им. А.Н.Баха АН СССР. Именно эти исследования и их промышленное воплощение явились точкой отсчета в

создании отечественной промышленной биоэнергетики и активного фундаментального исследования процессов биосинтеза метана и биогазификации [1,2,3,4,5].

Идея была разработана и просчитана в 1972-1973 гг. и воплотилась в проект в 1979 г. Этот проект был поддержан руководством Союза ССР и в 1980 г. включен в программу Государственного Комитета СССР по науке и технике. По этой программе в период с 1980 г. по 1990 г. было построено три крупных биогазовых станции.

Развитие рыночной экономики и появление новых форм собственности в сельскохозяйственном производстве потребовали разработки высокорентабельных технологий и оборудования, работающих в любой климатической зоне и в любой российской глубинке, удаленной от централизованного энергообеспечения.

Сельхозтоваропроизводители ежегодно сталкиваются с проблемой утилизации навоза. Уходят немалые средства, которые требуются для организации его вывоза и складирования.

Известно, что навоз является очень ценным удобрением, и если в хозяйстве имеются несколько коров, то и проблем с его применением не возникает. Другое дело, когда речь идет о крупных хозяйствах с большим поголовьем, где в год образуются тысячи тонн биологического материала. Чтобы навоз превратился в качественное удобрение, нужны оборудованные площадки, а это лишние расходы. Поэтому многие Сельхозтоваропроизводители складировуют его не соблюдая условий хранения, а затем вывозят и заделывают в почву.

Биогаз – это летучее вещество без цвета и какого-либо запаха, в котором содержится до 70% метана. По своим качественным показателям он приближается к традиционному виду топлива – природному газу. Отличается хорошей теплотворной способностью, 1м<sup>3</sup> биогаза выделяет столько тепла, сколько получается при сгорании полутора килограмм угля. Образованию биогаза мы обязаны анаэробным бактериям, которые активно трудятся над разложением органики, в качестве которого используются навоз сельскохозяйственных животных, птичий помет, отходы перерабатывающих предприятий, солома и т.д. [9,10,11].

Таблица 1 - Количество и состав горючего газа, получаемого при переработке различных видов биомассы

Вид биомассы	Пропорции компонентов	Удельный выход биогаза, м <sup>3</sup> /кг	Содержание метана, %
Куриный помет	100	0,311	59,8
Куриный помет и органика (солома, ботва)	50/50	0,368	66,1
Навоз крупного рогатого скота и солома	50/50	0,268	51,0
Свиной навоз и солома	50/50	0,473	65,0

Участвуют в процессе мезофильные бактерии. Их жизнедеятельность происходит при температуре +30 – +40 градусов. Поэтому для активизации процесса необходимо создать наиболее благоприятные условия их жизнедеятельности. Они должны быть схожи с теми, в которых микроорганизмы развиваются в естественных условиях, в желудке животных, где тепло и созданы анаэробные условия. Это и есть два основных условия, способствующих естественному превращению гниющей навозной массы в экологически чистое топливо и ценные органические удобрения[6].

Для получения биогаза нужен герметичный реактор без доступа воздуха, где будет происходить процесс брожения навоза и разложения его на составляющие: метан (до 70%); углекислый газ (примерно 30%) и 1-2% - другие газообразные вещества (Рисунок 1).

Образовавшиеся газы поднимаются в верхнюю часть емкости, откуда их затем выкачивают, а вниз оседает – высококачественное органическое удобрение, сохранившее в результате обработки все ценные элементы, имеющиеся в навозе макро и микроэлементы, погибшие патогены, а также потерявшие жизнедеятельность семена сорных растений [7,8].

Расчеты эффективности применения биогаза и оценить все преимущества использования альтернативного биотоплива, помогут несложные расчеты. Одна корова весом 500 кг производит в сутки примерно 35-40 кг навоза. Этого количества хватит для получения около 1.5 м<sup>3</sup>. биогаза, из которого в свою очередь можно выработать 3 кВт/ч электроэнергии.

Если в хозяйстве содержится 100 голов коров не трудно рассчитать сколько м<sup>3</sup> биогаза можно получить на выходе.

Важным условием является то, что для получения биотоплива необходимо использовать как один вид органического сырья, так и смеси из нескольких компонентов, имеющих влажность 85-90%. Перед закладкой биореактора, из массы необходимо удалить посторонние химические примеси, отрицательно влияющие на процесс действия микроорганизмов.

Таким образом, утилизация отходов агропромышленного производства и сельских поселений позволит поддержать сельское хозяйство, обеспечит создание новых рабочих мест, рациональное использование местных отходов и гарантирует сохранность ландшафтов окружающей среды.

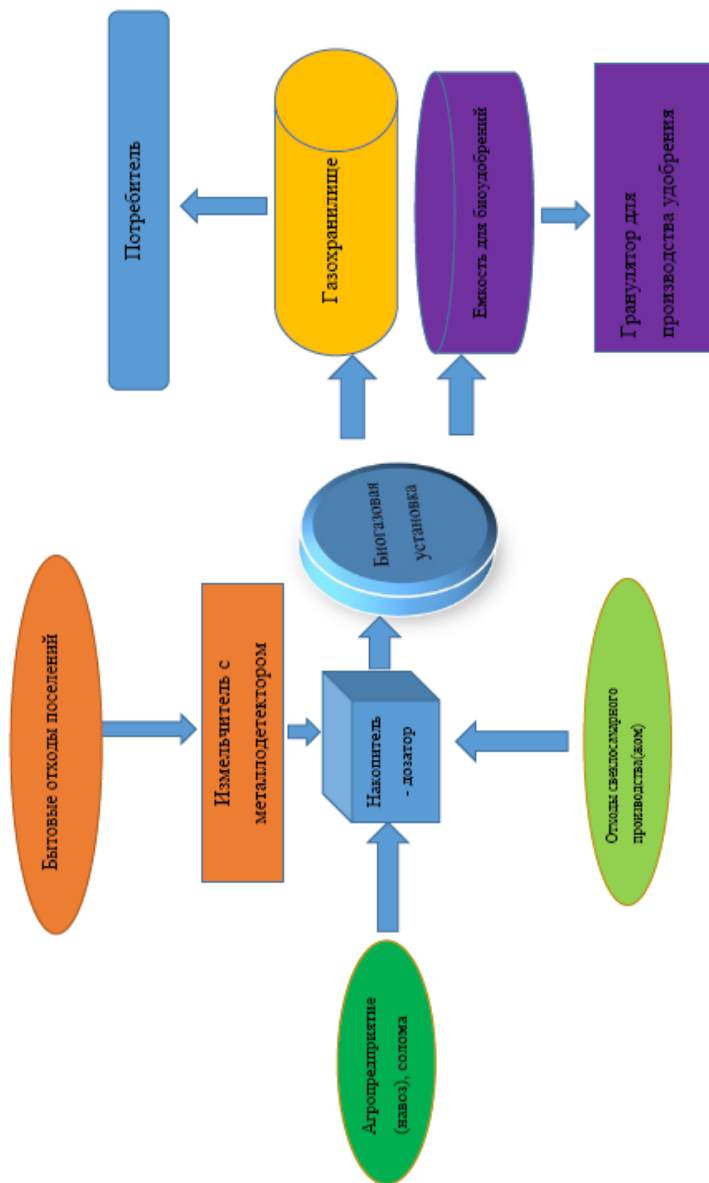


Рисунок 1. Схема производства биогаза из отходов сельскохозяйственного производства и бытовых отходов сельских поселений

## Литература

1. Баадер В. Биогаз: теория и практика. – М: Колос, 1982 – 148 с.
2. Биомасса как источник энергии: Пер. с англ./Под ред. С. Соуфера, О. Заборски.-М.: Мир, 1985.-368 с., ил.
3. Бойлс Д. Биоэнергия: технология, термодинамика, издержки. М.:Агропромиздат 1987
4. Веденев А.Г., Маслов А.Н. Строительство биогазовых установок. Краткое руководство. Бишкек 2006 г. – 28 с.
5. Жирков В., Герман А., Матвеев Ю., Уланов М. Основы строительства биогазовой установки для анаэробной переработки сельскохозяйственных отходов. "Экомузей", г. Караганда, Агентство по возобновляемой энергетике, г. Киев 2005 г. – 17 с.
6. Мастепанов А.М., Степанов А.Д., Горевалов С.В., Белогорьев А.М. Нетрадиционный газ как фактор регионализации газовых рынков– М.: ИЦ «Энергия», 2013. – 128 с.
7. Четошникова Л.М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. – 69с.
8. Шомин А. А. Биогаз на сельском подворье. — Балаклея: Информационно-издательская компания "Балаклійщина", 2002 — 68с.
9. Гильманшин И.Р., Кашапов Н.Ф., Галеева А.И. Энергетическая утилизация свалочного газа как способ формирования новой модели управления отходами Проблемы и перспективы инновационного развития экономики материалы научного форума (XXI международной научно-практической конференции). 2016. - С. 239-242.
10. Kashapov N.F., Nafikov M.M., Gazetdinov M.X., Nafikova M.M., Nigmatzyanov A.R. Justification of the choice of units for mains-noah soil cultivation of sweet sorghum and their effectiveness/ IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Ser. "International Scientific-Technical Conference on Innovative Engineering Technologies, Equipment and Materials 2015, ISTC-IETEM 2015" 2016. С. 012013.

## ВЫБОР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПОД САХАРНОЕ СОРГО

Кашапов Н.Ф., Нафиков М.М.

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет

Нигматзянов А.Р., Сайфутдинов Р.Ф.

Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса

Аннотация. При внедрении любой культуры основной обработке почвы придается большое внимание, так как она в значительной мере влияет на водно-физические, биологические и агрохимические свойства плодородного почвенного слоя, что в конечном итоге определяет величину урожая.



Abstract. The implementation of any culture is the basic processing of soil are given great attention, as it largely affects the water-physical, biological and agrochemical properties of the soil that ultimately determines yield.

Ключевые слова. Обработка почвы, сорго, технология, энергоэффективность

Анализируя перспективы и противоречия минимализации обработки почвы, многие учёные предостерегают от опасности упрощенчества и шаблонов. Они отмечают, что нынешняя кампания, в отличие от прежних, партийно-государственных, носит рыночно-чиновничный характер. Инициатива в ней принадлежит фирмам – поставщикам пестицидов и техники. Вместо государственной агротехнологической политики, опирающейся на рекомендации ученых, обществу навязывается новый стиль рыночного саморегулирования технологического обеспечения земледелия, который представляет серьезную экономическую и экологическую опасность. Причем достоинства минимальной и даже нулевой обработок почвы рекламируются без серьезных указаний на недостатки, которые должны преодолеваются системой агроприемов.

Нулевая и близкие к ней обработки, эффективны лишь в условиях равнинного рельефа, дефицитного водного режима и относительно благополучных в отношении водо-проницаемости почв. Правильная система обработки почвы – довольно наукоемкая задача, требующая профессиональной подготовленности специалистов.

Таким образом, еще в начале века на технологию обработки почвы практически были две точки зрения: одни доказывали необходимость ее минимализации, а другие – повышения интенсивности. Предпочтение получило второе направление, что и повлекло за собой интенсификацию обработки (включение дополнительных приемов, увеличение глубины).

Полевые опыты по изучению приемов основной обработки почвы проводились в 2013-2015 гг. по схеме:

1. Отвальная вспашка на глубину 22-24 см, плугом ПН-5-35;
2. Вспашка плугом Мальцева на 22-24 см;
3. Обработка комбинированным агрегатом АПК-6 на 22-24 см;
4. Обработка противэрозионным культиватором КПЭ-3,8 на 20-22 см.;
5. Обработка тяжёлым культиватором КТС-10 на 20-22см .

Результаты определения засоренности посевов, которую рассчитывали непосредственно перед уборкой урожая, свидетельствуют, что самой низкой засоренность была на варианте с отвальной зябью (16-24 шт./м<sup>2</sup>).

Наибольшая засоренность отмечена при проведении основной обработки почвы КПЭ-3,8 (49-55 шт./м<sup>2</sup>) и КТС-10 (49-56 шт./м<sup>2</sup>). Среди сорняков преобладали овсюг и куриное просо (Рисунок 1).

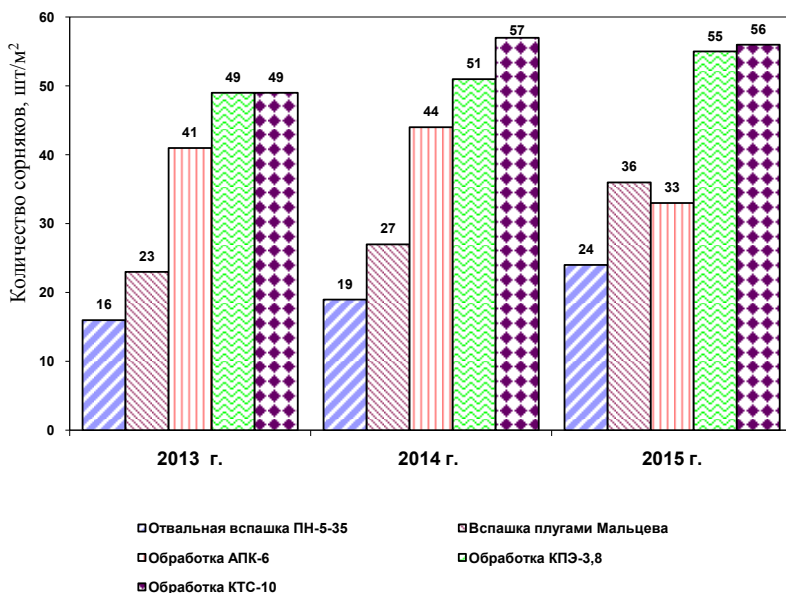


Рисунок 1 – Засоренность посевов сорго в зависимости от приемов основной обработки почвы, шт./м<sup>2</sup>

В наших исследованиях в плотности сложения почвы перед посевом сорго по вариантам обработки почвы существенных различий не было, однако перед уборкой в слое 10-30 см почва была плотнее на вариантах при обработке АПК-6, КПЭ-3,8 и КТС-10 (табл. 1).

Таблица 1 – Плотность сложения почвы в зависимости от систем обработки, г/см<sup>3</sup>

Основная обработка почвы	Перед посевом				Перед уборкой			
	0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
Отвальная вспашка ПН-5-35	1,06	1,12	1,14	1,11	1,08	1,15	1,17	1,13
Вспашка плугами Мальцева	1,07	1,13	1,16	1,12	1,10	1,17	1,20	1,16
Обработка АПК-6	1,09	1,16	1,20	1,15	1,14	1,22	1,25	1,20
Обработка КПЭ-3,8	1,08	1,14	1,18	1,13	1,12	1,20	1,23	1,18
Обработка КТС-10	1,08	1,15	1,19	1,14	1,13	1,21	1,24	1,19

Анализы показали, что твердость почвенных слоев зависела от систем обработки почвы и степени ее увлажнения (табл. 2). Данные таблицы 2 показывают, что в слое 0-15 см между системами обработки этот показатель существенно не различается, а на глубине 20 см и ниже он был выше на делянках плоскорезного рыхления.

Таблица 2 – Твердость почвы в зависимости от систем обработки почвы, г/см<sup>3</sup>, 2013-2015 гг.

Основная обработка почвы	В начале вегетации					Перед уборкой				
	5 см	10 см	15 см	20 см	25 см	5 см	10 см	15 см	20 см	25 см
Отвальная вспашка ПН-5-35	2,9	5,2	14,1	17,1	30,2	12,1	18,5	27,3	32,1	33,8
Вспашка плугами Мальцева	3,0	5,3	14,4	18,0	30,3	12,6	19,3	28,2	33,5	35,1
Обработка АПК-6	3,2	5,7	16,5	22,1	31,6	13,4	22,3	34,1	37,6	41,4
Обработка КПЭ-3,8	3,0	5,4	15,6	20,1	30,5	12,9	21,2	31,8	36,3	38,2
Обработка КТС-10	3,1	5,5	15,8	20,3	30,7	13,0	21,4	32,9	36,7	40,1

В опытах вели систематические наблюдения за состоянием питательного режима почвы. Три раза за вегетацию, в течение трех лет по двум слоям пахотного слоя в двухкратной повторности проводили анализы по определению содержания каждого из основных элементов питания – NO<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O в почве нами выведены (из 15 определений) средние показатели за 3 года в разрезе слоев 0-15, 15-30 и 0-30 см. В результате применения АПК-6, КПЭ-3,8, КТС-10 под посевами четко проявляется дифференциация частей пахотного слоя по плодородию. В слое 0-15 см содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на отвальной обработке составило 164 мг/кг, при обработке АПК-6 – 176 и КТС-10 – 173 мг/кг, K<sub>2</sub>O соответственно 179,186 и 184 мг/кг. Превышение варианта АПК-6 по P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 12, по K<sub>2</sub>O – 15 мг.

Щелочно-гидролизуемого азота по вспашке содержалось 78, а при обработке почвы агрегатом КТС-10 – 85 мг/кг почвы. В нижележащем слое (15-30 см) противоположная закономерность. По вспашке обнаружено 71 мг, а при обработке почвы КТС-10 – 55, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> соответственно 150 и 133, K<sub>2</sub>O – 161 и 150 мг/кг.

Следовательно, внесённые удобрения, особенно фосфорные и калийные при плоскорезном рыхлении задерживаются в основном в верхнем (0-15 см) слое и в нижний слой (15-30 см) проникают в значительно меньших количествах, чем это имеет место при плужной обработке.

Дальнейшее наращивание объемов производства кормов требует согласованных мер, важнейшими из которых являются: создание биологически

полноценной и экономически рентабельной кормовой базы с учетом достижений интенсификации.

Наибольшая экономическая эффективность при возделывании сахарного сорго получена с применением отвальной вспашки. Чистый доход на этом варианте составил 1964 руб./га, уровень рентабельности 64,3%, коэффициент энергетической эффективности 6,7 против 383- 1426 руб./га, 13,4-48,3% и 4,4 – 5,7 полученных на других вариантах.

В последние годы все большее значение в мировой практике приобретает биоэнергетическая оценка проводимых агротехнологических операций, которая представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Энергетическая оценка основной обработки почвы при возделывании сорго

Основная обработка почвы	Урожайность зеленой массы, т/га	Накоплено энергии, ГДж/га	Затрачено энергии, ГДж/га	Энергетический коэффициент эффективности	БЭП агроэкосистемы
Отвальная вспашка ПН-5-35	41,1	189,88	30,23	6,3	4,5
Вспашка плугами Мальцева	35,9	165,86	29,11	5,7	2,6
Обработка АПК-6	26,5	122,43	28,01	4,4	1,1
Обработка КПЭ-3,8	31,4	145,07	27,91	5,2	1,7

Она позволяет сравнивать различные технологии производства сельскохозяйственной продукции. Самый высокий (6,7) в опыте коэффициент энергетической эффективности получен при обработке почвы отвальными плугами ПН-5-35, самым низким (4,4) он был при обработке почвы комбинированным агрегатом АПК-6. Биоэнергетический показатель агроэкосистемы (БЭП) в данных вариантах составил соответственно 4,5 и 1,1.

### Литература

1. Алабушев А.В. Оценка экономической и энергетической эффективности производства зернового и сахарного сорго по интенсивной технологии для степной зоны РФ / А.В. Алабушев, Н.В. Шишкин, Л.Н. Анипенко // Тез. докл. Российской науч.-практ. Конф. В Поволжском НИПТИ сорго и кукурузы. – Саратов, 1995. – С.103-105.

2. Жученко А.А. Энергетический анализ в сельском хозяйстве/ А.А.Жученко, В.Н.Афанасьев. -Кишинев, 1988. -с.45-53

3. Зиганшин А.А., Шарифуллин Л.Р. Рекомендации по программированию урожаев сельскохозяйственных культур. Казань, 1981, 60с

4. Пупонин А.Н. Оценка энергетической эффективности возделывание сельскохозяйственных культур в системе земледелия: Учебно-методическое пособие/ А.И. Пупонин, А.В. Захаренко. –М.: Изд-во МСХА, 1998.-40с.

5. Kashapov N.F., Nafikov M.M., Gazetdinov M.X., Nafikova M.M., Nigmatzyanov A.R. Justification of the choice of units for mains-noah soil cultivation of sweet sorghum and their effectiveness. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Сер. "International Scientific-Technical Conference on Innovative Engineering Technologies, Equipment and Materials 2015, ISTC-IETEM 2015" 2016. С. 012013.

6. Нафиков М.М., Якушкин Н.М., Фомин В.Н., Кашапов Н.Ф., Нигматзянов А.Р. Сахарное сорго: технологические и экономические аспекты возделывания в Республике Татарстан. Учебное пособие. Казань: Издательство «ЗнакС» ИП Сизиков - 2016. - 40с.

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНОВОГО СОРГО**

Кашапов Н.Ф., Нафиков М.М.,  
Казанский (Приволжский) Федеральный Университет

Нигматзянов А.Р., Мингазов Р.А.  
Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса

Аннотация. В статье представлены материалы по производству из зерна сорго пищевых продуктов, что позволяет полностью устранить из рациона питания продукции содержащей глютен, растительного масла из зародышей зерна сорго, наноцеллюлозы, танина, амилопектинового соргового крахмала и глюкозо-фруктозного сиропа.

Abstract. The article presents materials for the production of grain sorghum food products that allows you to completely eliminate from the diet foods containing gluten, vegetable oil from germ of grain sorghum, nanocellulose, tannin, amylopectinosis sorghum starch and glucose-fructose syrup.

Ключевые слова: сорго зерновое, инновации, наноцеллюлоза, крахмал, сироп.

В Российской Федерации сорго хотя и не является основой рациона населения, но мука из этой культуры широко используется в диетическом питании людей, страдающих аллергией к глютену. Непереносимость глютена (целиакия), получила в последнее время довольно широкое распространение в мире. Болезнь провоцируется употреблением глютенсодержащих продуктов питания из пшеницы и ржи. Мука из зерна пшеницы и ржи обладает улучшенными хлебопекарными свойствами, но при гидролизе нового вида белка могут образовываться метаболиты, обладающие в определенных случаях токсичностью или аллергенностью из-за отсутствия в организме ферментов для их переваривания. Одним из способом устранения симптомов целиакии

является диета, то есть - полное устранение из рациона глютенсодержащих продуктов. Поэтому в ряде случаев таким заменителем могут стать продукты с использованием муки из сорго.

Сорговый зародыш в сухом виде содержит до 55% жира и служит сырьём для получения растительного масла. Оно относится к пищевым растительным маслам, которое по своим физико-химическим показателям и кислотному составу подобно кукурузному [1,2]. Наряду с другими растительными маслами сорговое масло применяют для приготовления салатов и других блюд.

В медицине танины находят применение как вяжущие лекарственные средства, в качестве антидота при отравлении солями свинца и ртути, противодиарейное, кровоостанавливающее и противогеморроидальное средство [3, 4]. Танины могут быть использованы в качестве лечебно-профилактического средства для уменьшения риска кардиологических и онкологических заболеваний. Большое количество глютаминовой кислоты в зерне сорго, а также наличие незаменимых аминокислот делают отходы соргокрахмального производства (глютен и экстракт) перспективным сырьём для получения глютаминовой кислоты, аминокислотных гидрализатов и паст, потребность в которых в медицинской и пищевой промышленности всё возрастает [5].

Замороженный клейстер из амилопектинового соргового крахмала быстро и полностью растворяется при оттаивании, почти без явления синерезиса. Это свойство используют при промышленном замораживании пищевых продуктов. Амилопектиновый сорговый крахмал находит широкое применение в текстильной промышленности, хорошая текстильная шлихта должна легко и полностью вымываться из готовой ткани, а клейстеры амилопектинового соргового крахмала дают плёнки, обладающие высокой растворимостью и одновременно высокой способностью шлихтования. При этом отмечается улучшение качества ткани и уменьшение количества разрывов нити. Обычный сорговый крахмал используют в качестве клея и шлихты при изготовлении бумаги, картона и различных изделий из бумаги, для обогащения бокситных руд. Декстрин, полученный из амилопектинового соргового крахмала, лучше декстрина из топиока. Клейстеры из декстринов восковидного сорго прозрачны и устойчивы, а их плёнки обладают высокой прочностью, гибкостью и мгновенно повторно растворяются. Кроме того, амилопектиновый крахмал используют при многокрасочной печати на ткани и бумаге. Крахмал используют также в горнорудной, металлургической и других отраслях промышленности [6].

Также извлечённые из зерна сорго танины используются для дубления кожи и меха, приготовления чернил, протравливания текстильных волокон, для придания различным напиткам терпкого и вяжущего вкуса и как пищевой краситель.

В качестве красителей в пищевой промышленности используются выделенные пигменты из плёнок сорго.

Наружный слой зерна сорго содержит воск. Путём экстракции оболочек зерна сорго гексаном можно получить 5-10% сырого воска к массе оболочки.

При применении для экстракции этилового спирта можно вместе с сырым воском удалить и пигменты. Свойства этого воска приближаются к свойствам карнаубского, применяемого при изготовлении мебели высшего качества [7].

Сорго в большей степени выступает как техническая и кормовая культура, основными продуктами переработки является глюкозо-фруктозные сиропы, сорговый крахмал и спирт [8]. Крахмал из сорго - это универсальный продукт, свободный от каких-либо антипитательных компонентов. Поскольку эндосперм сорго часто имеет оттеночную окраску, сорговый крахмал также может быть слегка окрашенным. Цветность крахмала может быть усилена также и пигментами семенных оболочек, которые в процессе производства выделяются в технологические растворы. Во многих случаях это не имеет принципиального значения, однако для изготовления некоторых продуктов предпочтение отдается белому крахмалу. Поэтому при производстве крахмала для пищевых целей предпочитают использовать в качестве сырья сорта сорго со светлыми семенными оболочками и белым эндоспермом. По своим физико-химическим свойствам (вязкость, температура клейстеризации, прозрачность клейстеров) крахмал из сорго подобен кукурузному. В нем в общем сходное соотношение амилозы и амилопектина, поэтому сферы использования этих крахмалов также совпадают. Сорговый крахмал применяют в производстве соусов, начинок для пирогов, пудингов, десертов на молочной основе. Его используют как добавку при выпечке булочных и кондитерских изделий в тех случаях, когда необходимо ослабить действие клейковины и придать большую мягкость и нежность продукту с одновременным уменьшением добавки сахара и жира (бисквитный полуфабрикат, вафельные стаканчики для мороженого, печенье, пекарские смеси и т. п.). Этот крахмал используют в технических целях в бумажном производстве, в текстильной и медицинской промышленности (рисунок 1).

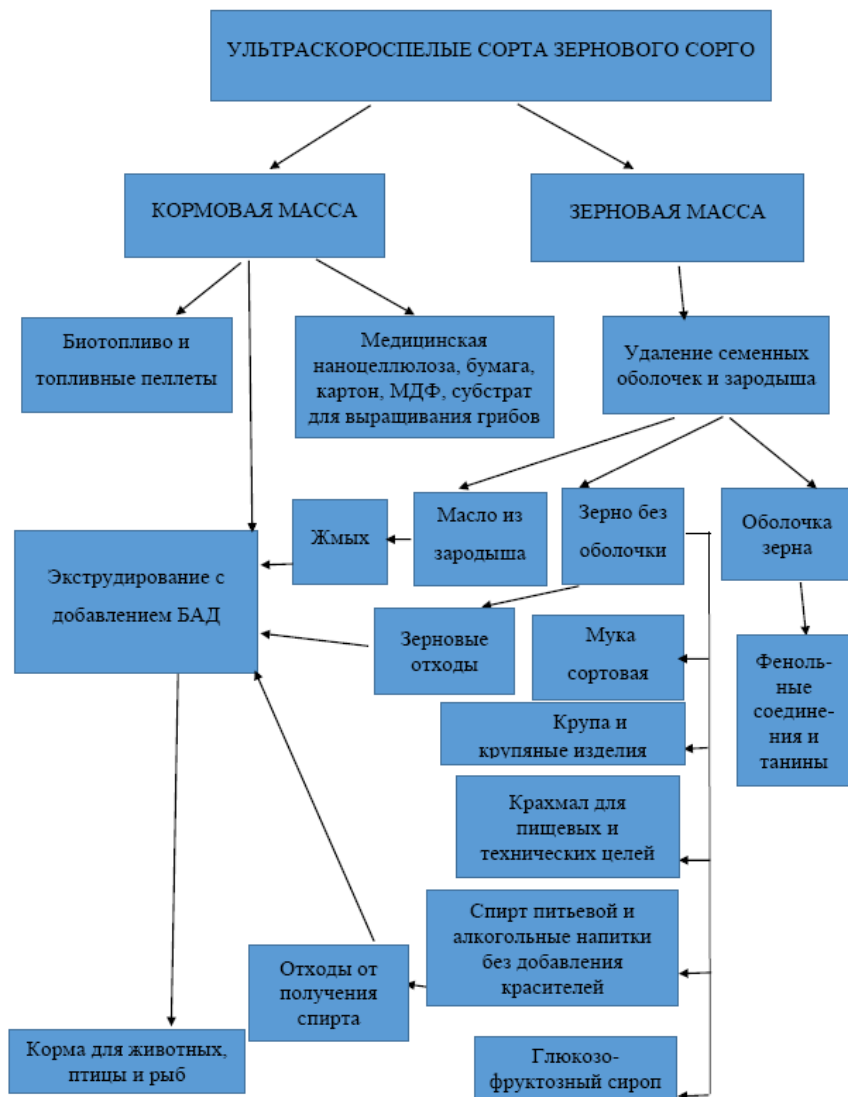


Рисунок 1 - Схема использования зернового сорго



Процесс производства соргового крахмала подобен процессу производства крахмала из зерна кукурузы. Так же, как и кукурузный крахмал, крахмал из сорго является хорошим сырьем для производства сахаристых веществ. На его основе вырабатывают глюкозо-фруктозные сиропы (ГФС) с заданным соотношением компонентов. Схемы производства ГФС из соргового и кукурузного крахмала идентичны и включают следующие основные стадии: декстринизация крахмала  $\alpha$ -амилазами  $\rightarrow$  получение глюкозы (осахаривание глюкамилазами)  $\rightarrow$  очистка раствора глюкозы адсорбентами  $\rightarrow$  изомеризация глюкозы глюкоизомеразами.

Более низкая по сравнению с кукурузой стоимость зерна сорго и более высокое содержание в нем крахмала обеспечивает лучшие показатели рентабельности для производства ГФС из сорго. По этим же причинам производство из сорго спирта более рентабельно по сравнению с кукурузой.

#### Литература

1. Нафиков М.М. Сахарное сорго: технологические и экономические аспекты возделывания в Республике Татарстан // Нафиков М.М., Якушкин Н.М., Фомин В.Н., Кашапов Н.Ф., Фомин Д.В., Нигматзянов А.Р. Казань: Издательство «ЗнакС» ИП Сизиков - 2016. - 40с.
2. Шепель, Н.А. Сорго / Н.А. Шепель. – Волгоград: Комитет по печати, 1994 – 448 с.
3. Большаков, А.З. Время чествовать сорго / А.З. Большаков, С.М. Бондаренко, С.В. Кадыров, Ю.Н. Клепко и др. – Ростов-на-Дону: ЗАО «Ростиздат», 2008 – 60 с.
4. Кадыров, С.В. Сорго в ЦЧР / С.В. Кадыров, В.А. Федотов, А.З. Большаков и др. – Ростов-на-Дону: ЗАО «Ростиздат», 2008 – 80 с.
5. Алабушев, А.В. Рекомендации по приготовлению кормов из сорго и использованию в рационах сельскохозяйственных животных и птицы / А.В. Алабушев, О.И. Алабушева, Л.Н. Анипенко. – зерноград, 2004 – 32 с.
6. Ковтунов В.В. Основные направления использования сорго зернового // В.В. Ковтунов, С.И. Горпиниченко, // Зерновое хозяйство. 2011.- №6 (18). - С.28-32.
7. Amira, C.D. Small grains in monogastric and ruminant feed formula-tions: Prospects and problems. In: Utilisation of sorghum and millets. Eds. Gomez M.I., House L.R., Rooney L.W., Dendy D.A.V., International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, India, 1992, pp. 183-190.
8. Кашапов Н.Ф. Безотходная технология производства спирта из сахарного сорго. Материалы Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2015» (МНТК «ИМТОМ–2015») // Кашапов Н.Ф., Нафиков М.М., Газетдинов М.Х., Нафикова М.М. Ч. 1. – Казань, 2015. 348с. – С. 288-291.
9. Kashapov N.F. Innovative production technology ethanol from sweet sorghum // N.F. Kashapov, M.M. Nafikov, M.X. Gazetdinov, M.M. Nafikova, A.R. Nigmatzyanov IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – V. 134. – 012012.

## ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Козлов А.Е.

Публичное акционерное общество «Арсеньевская авиационная компания «Прогресс» имени Н.И. Сазыкина», 692342, г. Арсеньев, Приморский край, пл. Ленина, 5

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные понятия экспортного потенциала, описана модель прогнозирования экспортного потенциала, ориентированная на предприятие ОПК. Приведены результаты прогноза с использованием данной модели.

**Abstract.** The article describes the main concepts of export potential, describes the prediction model of export potential, focused on the military factories. The results of predictions using this model.

**Ключевые слова:** объем, потенциал, прогноз, фактор, экспорт

В условиях действующих санкций и развития импортозамещения выявление резервов деятельности промышленных предприятий на внешнем и внутреннем рынке является одним из ключевых факторов их развития без привлечения дополнительных ресурсов. Значительную роль для расширения связей и обеспечения конкурентоспособности экономики играет экспортный потенциал.

Экспортный потенциал следует рассматривать как неотъемлемую составляющую экономического потенциала, выраженную в объемах поставок на экспорт конкурентоспособной продукции, услуг. Экономический потенциал экспортноориентированного предприятия можно определить как средства и ресурсы, которые реально могут быть мобилизованы и использованы предприятием для достижения заданной в рамках внутрифирменного планирования производственно-коммерческой цели на внутреннем и внешнем рынках.

Развитие отечественного экспорта носит однобокий характер. На мировой рынок поставляются топливно-сырьевые не возобновляемые ресурсы. Продукция машино- и приборостроения занимает в структуре российского экспорта весьма скромные позиции (5-7%). При этом общая ситуация в мировом хозяйстве в значительной степени определяется развитием высокотехнологичных отраслей и секторов, непрерывно обновляющих производственный аппарат, организацию производства и процессы управления, создающие всё новые и новые виды продукции и услуг.

Определенно многие отечественные предприятия обладают экспортным потенциалом, в том числе и предприятия машиностроения, производящие сложную продукцию. Однако в отличие от предприятий топливно-сырьевой

отрасли они не в полной мере его используют либо не используют вовсе. Вследствие этого основное развитие получают предприятия добывающих отраслей, а не обрабатывающих; в международном разделении труда за РФ закрепляется позиция поставщика энергоресурсов, исключенного из международного товарообмена высокотехнологичной продукцией, не участвующего в международных производственных и кооперационных процессах.

Прерогативным путем развития должно быть инновационно-промышленное развитие экономики, построенное на эффективном участии страны в международном разделении труда в качестве поставщика и потребителя технической продукции, её узлов и компонентов, сложной продукции, результата применения высоких технологий, включая нанотехнологии. В связи с этим исследование направлений формирования и развития экспортного потенциала отечественных предприятий представляется актуальной задачей для экономики страны.

Изучая экономическую литературу, хочется отметить, что существует довольно много подходов к классификации факторов, оказывающих влияние на экспортный потенциал. Исследуя процесс развития экспортного потенциала, выделим ключевые факторы, управление которыми обеспечивает его эффективную реализацию, а влияние - оказывает непосредственное действие на причинно-следственную связь:

- конкурентоспособность продукции, возможность производства экспортного ассортимента в заданных объемах;
- качество сбытовой сети;
- наличие отдела внешнеэкономических связей в организации;
- характер используемых коммуникаций.

Совокупное влияние системы выделенных факторов затрагивает все стадии управления экспортным потенциалом предприятия.

В современных экономических условиях, которые отличаются сложными политическими и экономическими процессами, приобретает необходимость диверсификация экспортного потенциала России, поскольку сохранение структуры экспорта, имеющего сырьевую направленность (экспорт важнейших видов минерально-сырьевой продукции является важнейшим источником наполнения бюджета, обеспечивая до 70% валютных поступлений РФ) и необоснованное наращивание объема внешней торговли могут привести к сохранению уязвимости и к нежелательным диспропорциям в экономике[1].

Немаловажный показатель удельного веса машин и оборудования в мировом экспорте составил к началу нынешнего десятилетия лишь 0,4% по сравнению с 2,7% доли всего российского экспорта в общем мировом экспорте. Отечественный экспорт машин и оборудования был в 25 раз ниже аналогичного показателя США, в 10 раз - Республики Корея, в 8 раз - Сингапура, в 4 раза - Малайзии, и в 6 раз - Тайвана [2].

Чтобы оценить возможности предприятия к началу экспортной деятельности, была разработана математическая модель, в которой экспортный потенциал определяется исходя из производственных мощностей предприятия,

представляющих собой максимально возможный объем выпуска конкурентоспособной продукции при заданной номенклатуре и оптимальных режимах работы оборудования и может быть представлен следующей формулой (1):

$$ЭП = \sum_{i=1}^j П_i \cdot K_j \quad (1)$$

где ЭП – экспортный потенциал предприятия;

$П_i$  – производственный потенциал выпускаемой на предприятии продукции;

$K_j$  – интегральный коэффициент экспортного потенциала.

Для характеристики положительных и отрицательных сторон в формуле используется интегральный коэффициент экспортного потенциала, представляющий собой комплексную оценку предприятия на базе многокритериальной свертки структурных факторов экспортного потенциала и на основании нижеперечисленных показателей[3]:

- 1) эффективности использования производственных ресурсов;
- 2) эффективности использования капитала;
- 3) эффективности использования трудовых ресурсов;
- 4) эффективности управления предприятием;
- 5) финансового положения предприятия;
- 6) эффективности использования научно-технического потенциала;
- 7) эффективности использования информации;
- 8) влияния на экспортный потенциал внешних воздействий.

Представленная модель прогноза экспортного потенциала предприятия оборонно-промышленного комплекса была апробирована на одном из предприятий авиастроительной отрасли промышленности РФ - Публичном акционерном обществе «Арсеньевская авиационная компания «Прогресс» им. Н.И. Сазыкина»[4]. В результате апробации можно сделать вывод о том, что для ПАО ААК «ПРОГРЕСС», как и для большинства предприятий в 1990-2012 гг. наблюдалось отсутствие объемов производства, не говоря уже об экспорте продукции. Однако, начиная с 2012 года, в прогнозной модели присутствует положительная динамика, свидетельствующая о целесообразности развития экспорта продукции. Нарращивание производственных мощностей, увеличение объема выпуска продукции, совершенствование технической и технологической базы теперь позволяют предприятию выйти на новый рынок – внешний (рисунок 1).

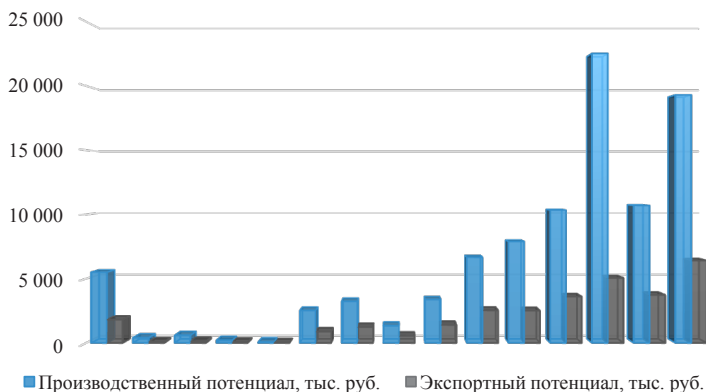


Рисунок 1. Изменение объемов производства и возможного экспорта продукции ПАО ААК «ПРОГРЕСС» в 2000-2014 гг.

### Литература

1. Инновационный вектор развития экспортного потенциала России [Электронный ресурс]: Режим доступа: World Wide Web. URL: <http://refleader.ru/jgebewatybewpol.html>.

2. Российский внешнеэкономический вестник 2009, №1, с.30.

3. Лосев В.С. Производственный потенциал: оценка, управление. Хабаровск: РИОТИП, 2000.

4. Прогресс (авиационный завод, Арсеньев) [Электронный ресурс]: Режим доступа: World Wide Web. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Прогресс\\_\(авиационный\\_завод,\\_Арсеньев\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Прогресс_(авиационный_завод,_Арсеньев)).

### ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОМЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ВИБРОДУГОВОЙ НАПЛАВКОЙ

<sup>1</sup>Коломейченко Александр Викторович, <sup>1</sup>Титов Николай Владимирович,

<sup>1</sup>Кузнецов Юрий Алексеевич, <sup>1</sup>Калашникова Лариса Валентиновна,

<sup>1</sup>Багринцев Олег Олегович

<sup>1</sup>Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина, Россия, e-mail: kolom\_sasha@inbox.ru

<sup>2,3</sup>Шарифуллин Саид Насибуллович

<sup>2</sup>Казанский федеральный университет, Россия

<sup>3</sup>Казанский государственный аграрный университет, Россия e-mail: Saidchist@mail.ru

**Аннотация:** Представлено описание метода упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин, работающих в условиях абразивного износа.

Метод включает вибродуговую наплавку нанометаллокерамических композиционных порошковых материалов с одновременным термодиффузионным упрочнением. Определены оптимальные состав и концентрация компонентов материала, обеспечивающие наилучшие физико-механические свойства и ресурс упрочненных рабочих органов почвообрабатывающих машин.

**Abstract:** The paper Presents a description of the method of hardening the working bodies of agricultural machines, working in conditions of abrasive wear. The method includes wyprodukowany nonmetallocene surfacing of composite powder materials with a simultaneous thermal diffusion hardening. The optimal composition and concentration of components of the material, ensuring the best physical and mechanical properties and resources of the hardened working bodies tillage machines.

**Ключевые слова:** вибродуговая наплавка, нанометаллокерамический композиционный материал

### 1. Введение.

Во многих странах мира ведутся исследования по получению высокоэффективных металлокерамических твердых сплавов, способных повысить ресурс рабочих органов почвообрабатывающей техники в несколько раз. Однако первые результаты применения зарубежных металлокерамических пластин для упрочнения лемехов плугов, работающих на супесчаных и суглинистых почвах, не обеспечили повышения их износостойкости из-за повышенной хрупкости пластин [1, 2].

В этой связи в настоящее время продолжают работы по созданию новых металлокерамических материалов, имеющих как высокую износостойкость, так и ударную вязкость в условиях интенсивного абразивного изнашивания при значительных статических и динамических нагрузках. В настоящее время в результате комплекса проведенных научных исследований разработан нанометаллокерамический композиционный материал (НМКМ), который позволит решить поставленную задачу. Он состоит из стальной матрицы (наплавочного порошка), с включением в нее оксидов алюминия  $Al_2O_3$  или кремния  $SiO_2$ , карбида бора  $B_4C$ , измельченных до наноразмерного состояния, а также легирующих элементов: бора, азота и алюминия. Бор входит в состав порошкового композита в виде буры  $Na_2B_4O_7$ , азот содержится в азотнокислом натрии  $NaNO_3$  [3]. Алюминий используется для раскисления железа, а также образования керамической фазы путём превращения его в оксид алюминия  $Al_2O_3$  и, при последующем расплавлении, в корунд. Последний в минералогической таблице по твердости занимает 9-е место, что очень близко к твердости алмаза. Матрица является противоударным, удерживающим и композитным каркасом НМКМ. Поэтому в качестве матричного материала целесообразно использовать стальные наплавочные порошки с высокой твердостью и абразивной стойкостью, например, ПГ – 10Н – 01, ПР – Н70Х17СЗР4, ПГ – СР4.

## 2. Методика.

Для получения износостойкого упрочняющего покрытия из предлагаемого НМКМ нами разработан метод вибродуговой наплавки с использованием графитового электрода. При его использовании одновременно с наплавкой происходит термодиффузионное упрочнение поверхности рабочего органа бором, азотом и углеродом (боронитроцементация). Углерод при наплавке выделяется за счет сублимации графитового электрода. Электродуговая вибрация электрода обеспечивает получение более прочного и плотного покрытия за счет сплавления материала рабочего органа и смешивания керамических и легирующих компонентов НМКМ [4].

Вибродуговая наплавка образцов производилась на установке ВДГУ-2, которая разработана и производится в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. В состав установки входит инверторный тиристорный источник тока типа MASTER 162 на 200...250А, пульт управления и вибратор с закрепленным в нем графитовым электродом диаметром 6...10 мм. Наплавка осуществлялась при горении прямой дуги на следующих режимах: сила тока  $I = 70...80\text{А}$ , напряжение  $U = 60\text{В}$ , частота вибрации графитового электрода – 100...110 колебаний в секунду.

Твердость наплавленного слоя и упрочненной подложки образца определяли с использованием компьютеризированного микротвердомера КМТ-1 (рис. 1, а) по методу Виккерса при нагрузке  $F=1\text{Н}$  и времени выдержки  $t=15\text{ с}$ . При этом проводилось 32 замера: 16 – по глубине наплавленного слоя, 16 – по глубине упрочненной подложки. Измерение отпечатков производилось с помощью видеоустройства, подключенного к персональному компьютеру, посредством специализированного программного обеспечения, со статистической обработкой и возможностью автоматического анализа изображения в соответствии со стандартами измерения твердости.

## 3. Результаты исследований.

Результаты проведенных исследований показали, что наибольшую твердость как наплавленного слоя, так и упрочненной подложки имеет образец, обработанный с использованием НМКМ с массовым соотношением компонентов в пасте: порошок стальной ПГ-10Н-01 – 20%, карбид бора  $\text{B}_4\text{C}$  – 63%, бура  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  – 12% и алюминиевый порошок  $\text{Al}$  – 5%. Анализируя составы паст, которые были использованы для упрочнения образцов, можно прийти к выводу, что определяющую роль в получении наиболее высокой твердости играют карбид бора  $\text{B}_4\text{C}$  и бор, содержащийся в буре  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ . В результате расплавления пасты также происходит образование атомарного азота, который совместно с углеродом, образующимся в результате сублимации графитового электрода при горении дуги, диффундирует в упрочняемую подложку, образуя твердый раствор, который повышает её твердость.

Проведенные исследования позволили установить, что микроструктура упрочнённых образцов независимо от состава используемых паст состоит из 3-х зон (рис. 1).

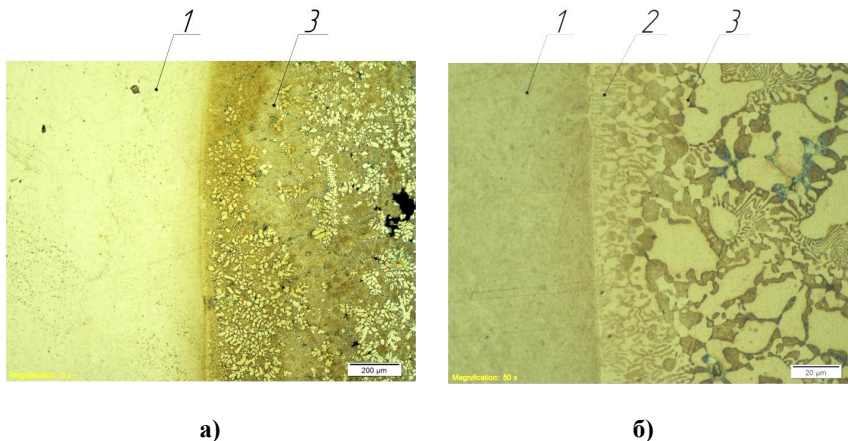


Рисунок 3 – Микроструктура образца обработанного с использованием вышеприведенной пасты: (а) – увеличение 5х, (б) – увеличение 50х. Зоны: 1 – подложка; 2 – переходная; 3 – основная упрочненная

Подложка (зона 1) имеет выраженные фазовые изменения до линии раздела за счёт диффузии элементов, входящих в состав наплавленной пасты, и углерода. Наплавленный слой состоит из 2-х зон – переходной и основной упрочненной. Переходная зона представляет собой сплав расплавленного верхнего слоя подложки и материала пасты. Основная упрочненная зона является наиболее твёрдой и состоит из стальной матрицы, удерживающей образованные карбиды железа  $\text{FeC}$ ,  $\text{Fe}_2\text{C}_3$ , бориды  $\text{FeB}$  и  $\text{Fe}_2\text{B}$  и керамические фазы – железную шпинель, карбид бора и корунд. Линия перехода наплавленного слоя в подложку более чётко прослеживается на снимках микроструктуры при малом увеличении.

Металлографические исследования также показали, что структура наплавленного металлокерамического покрытия гетерофазная и представляет собой пространственно распределенные кристаллические фазы, которые составляют многофазное кристаллическое твёрдое тело. Гетерофазность структуры покрытия отчетливо проявляется при увеличении 50х, где светлая фаза является стальной матрицей, которая удерживает образованные карбиды, бориды и керамические фазы – включения тёмного цвета. В результате фазовых превращений в исходной фазе возникают отдельные области или кристаллы новых термодинамически более устойчивых фаз, которые растут, взаимодействуют и, в результате, образуют гетерофазную структуру [5].

#### 4. Выводы.

Результаты проведенных исследований позволили установить, что по всем показателям (твёрдость, однородность структуры, износостойкость)



наиболее оптимальной является упрочнение с пастой, содержащий карбид бора  $B_4C$  и буру  $Na_2B_4O_7$ .

### Литература

1. Литовченко Н.Н., Куликов В.Н., Титов Н.В. Вибродуговая наплавка графитовым электродом нанометаллокерамических композиционных материалов // Сварочное производство. 2013. №2. С. 51-53.
2. Титов Н.В., Виноградов В.В., Слободчиков Д.А. Импортзамещающая технология упрочнения стрелчатых лап почвообрабатывающих машин // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. №1(16). С. 138-141.
3. Titov N.V., Kolomeichenko A.V., Logachev V.N., Kravchenko I.N., Litovchenko N.N. Investigation of the hardness and wear resistance of working sections of machines hardened by vibroarc surfacing using cermet materials // Welding International, 2015. V.29. №9. P. 737–739.
4. Титов Н.В. Повышение износостойкости рабочих поверхностей стрелчатых лап почвообрабатывающих машин карбовибродуговым упрочнением // Техника и оборудование для села. 2015. № 11. С. 38–41.
5. Титов Н.В. Упрочнение рабочих органов машин, эксплуатируемых в абразивной среде // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании-2012: сб. мат. Междунар. науч.-практ. конф. Т. II. Одесса: КУПРИЕНКО. 2012. С. 46-48.

## МЕТОД ЦЕЛЕВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОБЪЕКТОВ ЖКХ

Конахина Ирина Александровна  
Хамидуллина Гульнара Рафкатовна  
Кузьмина Марина Андреевна  
Хуснутдинова Эльвира Мусавировна

Казанский (Приволжский) федеральный университет  
420008 г. Казань, ул. Кремлевская, 18

**Аннотация:** Рассматриваются аспекты создания структур целевого энергетического мониторинга на промышленных предприятиях и объектах жилищно-коммунального хозяйства.

**Abstract:** Aspects of energy monitoring and targeting structures creation at the production enterprises and objects of housing and communal services are considered.

**Ключевые слова:** энергосбережение, энергоменеджмент, целевой мониторинг.

Энергосбережение является одной из актуальнейших задач стратегического развития Российской Федерации в ближайшие десятилетия. От того, насколько успешно будет решаться данная задача, зависит, насколько успешным будет вхождение нашей страны в число стран, наиболее развитых в экономическом отношении, а также напрямую зависит благосостояние населения и эффективность отечественной промышленности [1-5]. Особенно актуальна данная проблема для жилищно-коммунального сектора, так как порядка 70% всех энергоресурсов в структуре энергобаланса страны, потребляется именно в данной сфере.

Развитие техники и модернизация оборудования невозможно без экономических стимулов. Если внедрение не дает прибыли, оно не может быть признано эффективным [4]. В условиях жесткого финансирования, когда все риски по внедрению методов совершенствования технологий и технического оборудования целиком ложатся на внедряющую организацию, и отсутствуют финансовые механизмы господдержки, решение может лежать в области формирования целостного механизма управления энергоресурсосбережением, который включает в себя инструменты управления и мероприятия по обеспечению рассматриваемых процессов. Основным методом, позволяющим создать такой механизм и поддерживать его в работоспособном состоянии является целевой энергетический мониторинг (ЦЭМ).

Метод ЦЭМ требует создания четкой организационной структуры, ответственной за организацию сбора информации, ее обработку, анализ и принятие решений. В связи с этим, за рубежом, такая структура обычно выделяется в отдельное подразделение (чаще всего это отдел энергетического менеджмента – специальный орган управления, подчиняющийся одному из директоров предприятия и независимый от главного энергетика)[1]. Как показывает опыт, внедрение энергетического менеджмента позволяет снизить затраты на энергоресурсы на 10-12% только за счет эффективного учета, без дополнительных расходов на модернизацию технологий.

В нашей стране энергетический менеджмент как отдельная структура, как правило, отсутствует, но метод ЦЭМ для анализа энергоэффективности применяется достаточно широко. В частности, он позволяет создать условия для быстрого реагирования на случаи высокого энергопотребления [3].

Для решения проблем управления в области энергосбережения разработан международный стандарт ISO 50001:2011 «Energy management system – Requirements with guidance for use»(Системы энергоменеджмента – Требования с руководством по применению). Положения стандарта содержат основы для создания систем ЦЭМ на различных уровнях управления, от отдельных организаций и промышленных предприятий, до крупных муниципальных и производственных объединений и целых регионов (рис.1).



Рис. 1. Схема функционирования системы ЦЭМ на промышленном предприятии [2]  
ЭР – энергетический ресурс

Стандарт основан на методологии PDCA (Plan-Do-Check-Act «Планируй — Действуй — Проверьй — Совершенствуй»), основные элементы методологии отражены на рис.1. Первичные данные об уровне энергопотребления и выпуска продукции используются для установки целевых показателей. Отчет о достижении (или не достижении) целевых показателей используется для разработки мер по изменению целевых показателей в сторону дальнейшего усовершенствования объекта в области энергоэффективности. Создается обратная связь корректирующего воздействия. Так функционирует система непрерывного усовершенствования.

Таким образом, целевой энергетический мониторинг является одним из четырех базовых элементов системы управления энергоэффективностью (рис.2).

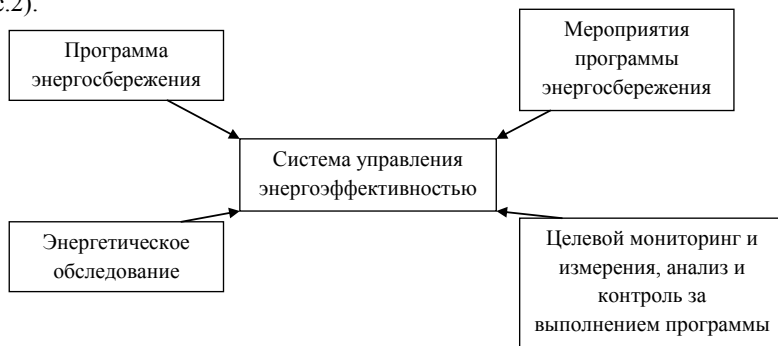


Рис. 2. ЦЭМ в структуре системы управления энергоэффективностью [5]

Система управления энергоэффективностью подразумевает создание целевой программы энергосбережения, на основе которой ведется разработка мероприятий программы. Реализация мероприятий осуществляется в условиях непрерывного целевого мониторинга, анализа полученной информации и

контроля за выполнением программы. Периодическое обследование в форме энергоаудита дает информацию о достижении (или не достижении) целевых показателей, на основе которой формируется «обратная связь» (рис. 1).

Методология ЦЭМ для промышленных предприятий и объектов ЖКХ включает в себя:

- 1) Мониторинг энергопотребления с использованием локальных счетчиков, устанавливаемых на узлах учета расходования энергоносителей (энергоучетных центров (ЭУЦ)).
- 2) Постановку целевой функции энергопотребления для каждого ЭУЦ на основе анализа мониторинговой информации. Для предприятий сюда же включается мониторинг выхода продукции и установление зависимости между энергопотреблением и выходом продукции.
- 3) Организация периодической системы отчетности.
- 4) Создание рабочих групп в каждом подразделении, которые на основе полученной информации мониторинга разрабатывают и внедряют мероприятия по повышению энергетической эффективности своих подразделений.
- 5) Создание механизма «обратной связи» на всех уровнях организационной структуры предприятия или объекта ЖКХ для улучшения мотивации и стимулирования работников предприятия к энергосбережению[2].

### Литература

1. Беляев А.С. Метод целевого энергетического мониторинга и его усовершенствование для анализа работы предприятия, выпускающего несколько видов продукции / А.С. Беляев, Е.К. Бубенок, Н.В. Мухин // Энергобезопасность и энергосбережение. 2011. №2. С.10-14.
2. Хайд Д. Целевой энергетический мониторинг в системе энергетического менеджмента. / Д. Хайд, А.В. Лоскутов // Промышленная энергетика. - 1998. - № 4.
3. Гонин В.Н. Совершенствование механизмов реализации энергосберегающих мероприятий в системе ЖКХ региона / В.Н. Гонин, Ж.Э. Бадмажапова // Вестник ЗабГУ. 2014. №6. С.97-103.
4. Ферару Г.С. Организационно-экономические подходы к энергосбережению в муниципальных организациях (на примере предприятий ЖКХ) / Ферару Г. С. // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2010. №19-1 (90). С.73-79.
5. Федоськина Л.А. Методологические аспекты формирования системы энергоменеджмента в организации / Л.А. Федоськина, Е.И. Абрамов // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. №22. С.23-30.

## ПОВЫШЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПОЛОПАСТНОЙ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ НЕСУЩЕГО ВИНТА БЕЗ ДИНАМИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ

Кумченко Иван Игоревич, инженер-конструктор;  
Зинченко Андрей Анатольевич, инженер-технолог  
Научные руководители: Денисенко Юрий Петрович, управляющий директор;  
Бердиев Олег Шамильевич, советник управляющего директора

Публичное акционерное общество «Арсеньевская Авиационная Компания  
«Прогресс» имени Н.И.Сазыкина (ПАО ААК «ПРОГРЕСС»)  
пл. Ленина, д.5, г. Арсеньев, Приморский край, 692335  
E-mail: info@aacprogress.ru; berdiev553@mail.ru

**Аннотация.** Проблема взаимозаменяемости лопастей несущего винта, применительно к лопастям изготовленных из полимерно-композиционных материалов (ПКМ) вертолётов соосной схемы АО «Камов», до конца не решена. В случае выхода из строя одной лопасти может потребоваться замена всего полукомплекта (верхнего или нижнего) несущего винта (НВ) с последующей его динамической балансировкой на вертолёт. Возможен и другой вариант, замена неисправной лопасти на новую путем подбора схожих параметров (массы, положения центра массы, статического момента) указанных в паспорте меняемой лопасти. После «длительного» подбора, также потребуются перебалансировка всего полукомплекта лопастей. В основе причин лежит разброс масс при серийном изготовлении лопастей, положения центра массы (ц.м.) и как следствие разброс данных по статическому моменту.

**Abstract.** The problem of the interchangeability of rotor blades, applied to blades made of polymer-composite materials (PCM) helicopters coaxial scheme JSC "Kamov", is not completely solved. In case of failure of one blade, it may be necessary to replace the entire half-set (upper or lower) of the main rotor (HB) with its subsequent dynamic balancing on the helicopter. Another option is possible, replacement of the faulty blade with a new one by selecting similar parameters (mass, position of the center of mass, static moment), indicated in the passport of the changeable blade. After a "long" selection, it will also be necessary to rebalance the entire half-set of blades. At the root of the reasons lies the mass dispersion during the mass production of the blades, the position of the center of mass (cm) and, as a consequence, the dispersion of data over the static moment.

Ключевые слова: балансировка, взаимозаменяемость, разброс масс, контроль массы, лопасти несущих винтов.

1. Определение производственных факторов, влияющих на балансировку лопастей и их взаимозаменяемость

Лопастей статически и динамически сбалансированы, если они имеют одинаковый вес и их центры тяжести находятся на равных расстояниях от узлов

крепления к втулке НВ и от передней кромки. При одновременном выполнении этих условий лопасти не будут вызывать дополнительной вибрации.

Балансировка лопастей обычно выполняется в несколько этапов:

- подгонка статического момента полностью собранной и подготовленной к окраске лопасти, путём установки в канале её лонжерона балансировочных грузов, выбираемых из комплекта и имеющих различную массу в достаточно широком диапазоне;
- подгонка статического момента окрашенной лопасти путём установки балансировочного груза в концевую балансировочную камеру (схема определения статического момента относительно оси вращения и балансировки лопастей представлена на рис. 1);
- динамическая регулировка, весовая балансировка НВ в составе изделия, проводится по методике, изложенной в руководстве по технической эксплуатации и выполняется при работающих двигателях. В этом случае балансировочный груз устанавливается в концевой части лопасти.

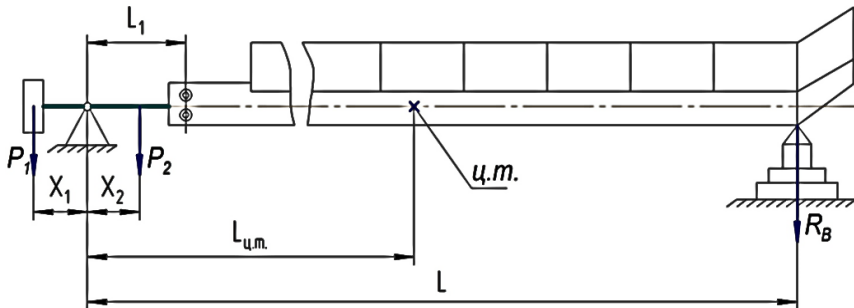


Рис. 1 – Схема определения статического момента

$P_1$ ,  $P_2$  - масса приспособления,  $R_в$  - показания весов,  $L_{ц.т.}$  - положения центра тяжести,  $L$ ,  $L_1$  - фиксированное расстояние,  $ц.т.$  - центр тяжести.

По результатам статической балансировки моделируется расстановка лопастей на втулке НВ из условия равнодействующих центробежных сил.

Контроль массы деталей лопасти, материалов и образцов проводится на электронных весах. Взвешиванием определяется качество пропитки материала связующим, с использованием вырезанных образцов. На качество пропитки наполнителя связующим оказывает влияние характеристик пропиточных машин и температурно-климатические воздействия. При формовании изделий из композиционного материала в пресс форме, происходит перераспределение (перетекание) связующего, оказывая влияние на стабильность положения  $ц.т.$  изделия.

Отклонения по массе материалов и изделий из них, отклонения положений  $ц.т.$  этих изделий имеют накапливаемый характер, что приводит к разбросу параметров лопасти в некотором диапазоне.

2. Обеспечение условий взаимозаменяемости лопастей из ПКМ путём повышения уровня технологической культуры

Рассмотрение действующих технологий изготовления лопастей из ПКМ, с соосным расположением роторов НВ, позволило предложить возможные корректирующие действия для повышения вероятности полопастной взаимозаменяемости без последующей динамической балансировки НВ:

- На этапе пропитки наполняющего материала, рекомендовано использование универсальной пропиточной машины ИНТ-793-1000, снабженной счетчиком метража материала на приемном устройстве, автоматическим регулированием: положения ткани на намотке, температуры связующего в ванне, температуры в зонах подсушки и сушки пропитанной ткани, регистрацией параметров.

- Раскрой заготовок производить на высокопроизводительном плоттере с ультразвуковой резкой. Режущие инструменты с вибрацией, вызываемой ультразвуком режут однослойные материалы, многослойные материалы (препрег до 10 слоев) на отдельные детали, пригодны и для резки стеклопластиков, углепластиков. Такой раскрой менее трудоемок и снижает уровень запыленности в рабочей зоне, исключает нежелательное попадание влаги в зону обработки изделий из ПКМ (при применении гидрореза, или тепла при лазерной резке).

3. Использовать иной метод статической балансировки лопастей НВ, который заключается в приведении фактических значений статических моментов лопасти к предварительно заданным параметрам не только по размаху лопасти, но и по хорде. Заданные параметры лопасти (размеры, масса, положение ц.м., статический момент) имеют свои предельные отклонения. Имея статистику по массам лопастей, можно спрогнозировать наибольшую массу лопасти (в пределах допуска) в следующей серии (это может быть 5, 10 и более вертолётов), располагая этими данные, необходимо все лопасти стремиться подвести под один «результат». Под другим методом балансировки подразумевается, расстановка четырёх весовых датчиков (тензоров) по заведомо определённым координатам (см. рис. 2) и целенаправленного добавления либо удаления веса в отсеках балансировки лопасти, определяемого с помощью компьютера, использующего программное обеспечение, как, например, рекомендовано разработчиком [2] либо любое другое, способное вычислить величины коррекции общей массы и координат ц.м. лопасти в продольном и поперечном направлениях.

Предлагаемое решение должно повысить вероятность полопастной взаимозаменяемости НВ без динамической балансировки, повысить уровень ремонтпригодности вертолёта. Описываемое приспособление может быть исполнено в «мобильном» исполнении.

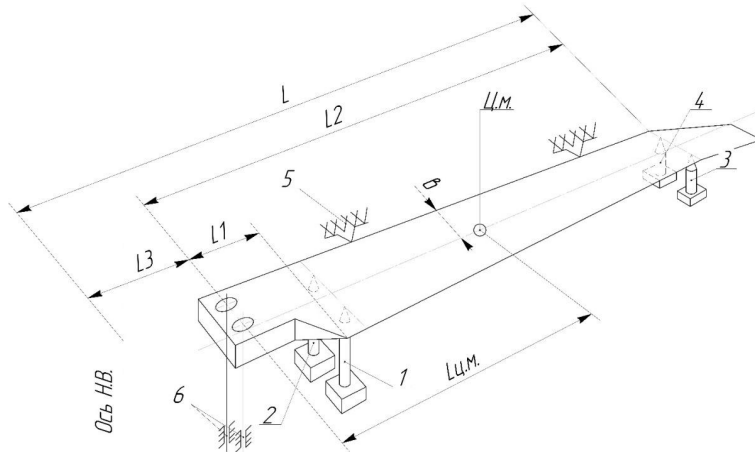


Рис. 2 – Схема определения статического момента лопасти

1, 2, 3, 4 – Датчики измерения массы, установленные на регулируемые по высоте стойки, 5 – Упоры, 6 – Цилиндрические упоры под узлы навески лопасти

Результаты измерений лопасти (длины, массы, координаты ц.м.) заносить в систему автоматизированного контроля массы. Приложение по автоматизированному контролю массы должно быть использовано в качестве базы данных о комплектах лопастях НВ с указанием заводского номера вертолёта. Таким образом, при необходимости замены какой-либо лопасти из комплекта, новая лопасть подбирается с учётом всех данных внесённых в базу [3].

### Список литературы:

1. Отраслевой стандарт ОСТ 1 41984-83. Сборка и формование стеклопластикового лонжерона лопасти методом пресскамерного прессования из стеклоткани для вертолетов соосной конструкции. Типовой технологический процесс.
2. Компания «Мера», [www.mera-device.ru](http://www.mera-device.ru), продукция, программные обеспечения.
3. Зинченко А.А., Кумченко И.И., Тарабанова В.В. (под научным руководством Денисенко Ю.П. и Бердиева О.Ш.) /Автоматизированный контроль массы деталей и узлов летательного аппарата / Вестник Инженерной школы Дальневост. Федерал. ун-та. 2016. № 1 (26), с. 41-48.



## **ИННОВАЦИОННАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА: НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРОШЛОЕ И БУДУЩЕЕ**

А.Б. Лившиц, Г.И. Бадыкова, И.Н.Ахмадуллин, В.Г. Борбузанов,  
Н.Х. Гиниятов, Е.Л. Матухин

ФКП «Казанский государственный казенный пороховой завод»  
420032, Республика Татарстан, Россия, г. Казань, ул. 1 Мая, д.14.  
E-mail:kazanpowder@KGTS.ru<sup>1</sup>

Рассматриваются особенности современного научно-методического обеспечения и научно обоснованных подходов к решению проблем развития и ускоренной модернизации производства.

*Ключевые слова: производство, модернизация, взаимосвязь науки, производства и образования*

They Are Considered particularities modern scientifically-methodical provision and scientifically motivated approach to decision of the problems of the development and speed modernization of production.

*Keywords: production, modernization, intercoupling the science, production and formation*

Казанская школа пороходелия является широко известной в мире и ведущей в современной России в области науки, образования и производства нитратов целлюлозы – пироксилинов и коллоксилинов, порохов, взрывчатых составов и сгорающих изделий. Она основывается прежде всего на многолетнем производственном и научном опыте Казанского казенного порохового завода, научной школе Казанского национального исследовательского технологического университета и Научно-исследовательского института химических продуктов.

Федеральное Казенное предприятие «Казанский Государственный Казенный пороховой завод» (ФКП «КГКПЗ») является старейшим пороховым заводом России с более чем двухвековой историей своего становления и развития порохового производства.

История его строительства, реконструкции и развития на протяжении многих веков свидетельствует о том важном государственном значении, которому придавалось, да и сейчас в изменившихся реалиях придается пороховому потенциалу России, который на протяжении многих веков в определенной степени формировался пороховым производством, отраслевой, вузовской и академической наукой г. Казани.

Сегодня стоит задача ускоренной технологической модернизации предприятий ОПК на основе развития и внедрения опережающих инновационных разработок.

Практически во всех публикациях отмечается, что ускоренная модернизация предприятий ОПК, позволяющая им выйти на более высокий уровень развития, возможна только при условии внедрения инновационных

решений, основанных на результатах научных исследований по всему комплексу производственно-технологических проблем с учетом прогнозных тенденций развития, последних достижений современной техники и технологий.

Анализ существующего положения на предприятиях оборонно-промышленного комплекса свидетельствует о недостаточной разработанности современных научно-методического обеспечения, научно обоснованных подходов к решению проблем инновационного развития научно-технического и технологического уровня производства.

Проводимое техническое перевооружение на многих предприятиях не отвечает сегодняшним требованиям, а тем и более на перспективу, не обеспечивает и не в полной мере соответствует требованиям ускоренной инновационной модернизации и перспективного развития оборонно-промышленного комплекса.

Опережающая инновационная модернизация на предприятиях оборонно-промышленного комплекса будет соответствовать современным требованиям их ускоренного технологического обновления, если будет разработана, научно обоснована и экспериментально проверена современная методология, аппарат по выявлению новых и зарождающихся технологий, методика разработки новых технологий и развития производства технической химии, включающих методологическую, содержательную и процессуальную части, условия и особенности разработки и внедрения.

Теоретико-методологической основой исследования являются: методология прогнозной оценки развития сложных технических систем (А.В. Крынев, В.М. Буренок и др.); теоретические аспекты опережающей инновационной модернизации производства (В.М. Комаров, и др.); инженерно-технические аспекты (С.Н. Русаков, и др), теоретико-прикладные аспекты исследований в области качества и бережливого производства (Вумек Джеймс П., Джонс Даниел Т., Масааки Имаи, Сигео Синго, Тайити Оно и другие).

Методологическая основа модели опережающей инновационной модернизации производства выражается через интеграционные процессы взаимосвязи науки, производства и образования с учетом прогноза будущего (Мухаметзянова Г.В., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г., Буданов В.Г., Павловский Ю.Н.).

Получили развитие теоретические и научно-методологические подходы, раскрывающие и углубляющие понятие опережающей инновационной модернизации производственно-технологического комплекса на предприятии на примере казенного порохового предприятия с учетом богатого исторического опыта отечественного пороходелия.

Как известно, П.М. Лукьянов рассматривая историю химических промыслов и химической промышленности России до конца XIX века приводит следующую историческую классификацию основных этапов развития отечественного пороходелия:

№ п/п	Наименование этапа	Краткая характеристика
1	Допетровский период.	<p>Первое упоминание о применении для военных действий на Руси пороха(1382 и 1389 г.г.).          Производство пороха в Москве.          Производство пороха при Иване Грозном.          Взятие Казани и использование пороха для артиллерии и подкопов.          Снабжение порохом Ермака (1581-1584 г.г.).          Пороховые мельницы в Белеве, Смоленске.          Производство пороха во второй половине XVII веке.          Эксплуатация старой и новой (Верхней и Нижней) пороховых мельниц.          Пороховые заводы в городах Суздале, Владимире, Казани, Киеве.          Пороховой завод на Украине.          Приобретение пороха за рубежом (в Голландии, Германии).</p>
2	Производство пороха в Петровскую эру.	<p>Первые самостоятельные указы Петра I об увеличении производства селитры и пороха (1697 г.). Частное производство пороха на заводах. В эпоху Петра I продолжали изготавливать порох в Казанской губернии (Письмо 1703г., Указы 1697, 1714 г.г.): П.М. Лукьянов, с.182, 183, 185. Недостаток пороха и дальнейшее привлечение к его производству (1711 г.) частных предпринимателей.          Организация Петром I казенного пороходелия.          Возникновение при Петре I серных заводов, которых до него не существовало: П.М. Лукьянов, с 212.          Пошлина на ввоз пороха из-за рубежа.</p>

3	История производства пороха в после Петровский период.	Указы о «приумножении» пороховых заводов. Частные пороховые заводы Рухтера (в последствии Аметеля), Аникеева, Пороховщикова (в последствии Маркова) и др. Перестройка казенных пороховых заводов: Петербургского, Охтенского, Сестрорецкого, завода на Украине. История производство пороха при Екатерине II Великой. Вопрос о закрытии Петербургского завода (1765 г., 1797 г.), закрытии Охтенского завода (1764 г.), Постановление о закрытии Шостенского порохового завода (1764 г.). Постройка и пуск Казанского порохового завода (1788 г.).
4	История производства пороха в докапиталистический период (с начала XIX века).	Заключение с частными пороховыми заводами контрактов на поставку пороха казне. Прекращение деятельности частных заводов в связи с отказом правительства с заключением с ними договоров (1819, 1825 г.г.). Закрытие порохового завода Берковича (1805 г.), построенного без разрешения правительства и конфискации у него пороха. Вопрос о постройке нового порохового казенного завода близ Москвы (1859 г.).
5	История производства пороха в эпоху капитализма.	Начало изготовления пироксилина, пирокolloдионного хлопка, бездымного (пироксилинового и пирокolloдийного) пороха, нитроглицерина, динамита, мелинита и других взрывчатых веществ. Первые установки паровых машин (1875 г). Устройство электического освещения (1888г.). Разрешение частного пороходелия (1876г.), которое ранее с 1827 г. было запрещено.

Начиная с 1395 года по 1917 год, Л.В.Забелин условно выделил три важнейших исторических этапов развития пороховой промышленности России и дал краткую характеристику последующего развития (четвертый этап):

№ п/п	Наименование этапа	Краткая характеристика	Источник
1	Первый этап (XVI –XVII века)	Кустарный способ, примитивные ручные операции (толчение, смешивание, просейка). Отсутствие серьезных профессиональных знаний. Способ производства-частный.	Л.В.Забелин, 1997 г.
2	Второй этап (XVIII век)	Создание государственной пороховой промышленности, казенных пороховых заводов наряду с частным производством. Управление заводами специально подготовленными офицерами.	Л.В.Забелин, 1997
3	Третий этап (XIX) век	Полная ликвидация частных заводов. Конец XIX века возврат к частному производству (1876г., Шлиссельбургский и Тосненский заводы). Начало эпохи пироксилиновых порохов.	Л.В.Забелин, 1997

4	Четвертый этап	Советский период (с 1917 года). Создание новых производственных мощностей, проведение целенаправленных НИР по созданию новых рецептур порохов и ТРТ.	Л.В.Забелин, 1997
5	Кризисный период	Кризисный период (последнее десятилетие XX века). Утрата производственных мощностей. Потеря сырьевой базы. Разрушение системы управления промышленностью.	Л.В.Забелин, 1997
6	Шестой этап	Современный период. Возвращение статуса казенных заводов (с 2003 года). Модернизация производства в рамках выполнения Федеральных целевых программ (ФЦП).	Авторская характеристика

К настоящему времени применительно к предприятиям оборонно-промышленного комплекса определены приоритеты опережающего инновационного развития производства.

Определены наиболее перспективные пути повышения эффективности разработок в области технологий порохов и метательных зарядов для стрелкового оружия, выстрелов полевой, танковой, морской артиллерии, гранатометов и минометов.

Выявлены организационно-производственные условия опережающего инновационного развития предприятий, обусловленные особенностями функционирования предприятия оборонно-промышленного комплекса.

Выявлены особенности стратегического инновационного развития производственно-технологического комплекса федерального казенного предприятия.

Казанский пороховой завод - старейший в современной России. Основанный по именному указу Императрицы Екатерины II в 1788 г. завод в сегодняшних условиях диверсификации производства не изменяет своему назначению, продолжает совершенствовать производство порохов и метательных зарядов для стрелкового, авиационного, морского оружия и сборку выстрелов к большой номенклатуре артиллерийского, танкового вооружения и к средствам ближнего боя, оставаясь верным своей исторической миссии – Служению государству Российскому.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.С.Глинский. Сто лет Казанского порохового завода. С-Петербург. - 1888.
2. К.Каменев, А.Глинский, В.Лукницкий, А.Симбирский и др. Записки порохового дела. Вып. 1. Казань.-1889.
3. Н.Бранденбург. Материалы для истории артиллерийского управления в России- 1876. (Цит. по П.М. Лукъянов, 1961).
4. Ф.А. Брокгауз, И.А.Ефрон. Энциклопедический словарь. Т.ХІІІ<sup>а</sup>. Издатель Ф.А. Брокгауз (Лейпциг), И.А.Ефрон (С-Петербург).- С-Петербург. 1894. С.904.
5. П.М. Лукъянов. История химических промыслов и химической промышленности России до конца ХІХ века. Т.5. М.: Изд-во АН СССР. 1961.- 704 с.
6. В.А. Болдырев. Краткий курс технологии пороха. Дымный и бездымный пороха. (По курсу технологии пороха С.А. Броунса) Москва-Ленинград. Государственное научно-техническое издательство. 1932.- 181 с.
6. В.С.Казаков. 210 лет на службе Родине: Казанский пороховой завод // Под ред. С.Э.Межеричко; - Казань, «Экополис».- 1998.-368 с.
7. Л.В.Забелин. Из истории пороховой промышленности до 1917 года. – М.-1999.

#### **РАЗРАБОТКА МНОГОСТУПЕНЧАТОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ДЛЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Мавлеев Ильдус Рифович, Волошко Владимир Владимирович,  
Салахов Ильдар Ильгизарович

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского)  
федерального университета, 423812, г. Набережные Челны,  
пр. Сююмбике, 10А

**Аннотация.** Предложена конструкция многоступенчатой коробки передач для тяжелых грузовых автомобилей (патент РФ № 2508486),

предназначенная для реализации национальной программы импортозамещения в транспортном машиностроении в РФ. Приведены основные технические результаты, реализованные в конструкции многоступенчатой коробки передач.

**Abstract.** The design of a multistage transmission for heavy trucks (patent No. 2508486) designed to implement the national program of import substitution in transport engineering in Russia. The main technical results implemented in the design of multi-stage gearbox.

**Ключевые слова.** Трансмиссия, коробка передач, дифференциальный механизм, делитель, демультипликатор, планетарный редуктор

Национальная политика импортозамещения в транспортном машиностроении в России начала осуществляться еще в самом начале XXI века. А в 2014 году, когда были введены экономические санкции, политика импортозамещения заметно ускорилась и приобрела статус государственного значения. Крупные автопроизводители разрабатывают свои программы развития, ориентируясь на программу импортозамещения. Так программа стратегического развития ПАО «КАМАЗ» определила основной задачей вывод на рынок грузовых автомобилей КАМАЗ нового поколения, обладающих принципиально другими техническими характеристиками и потребительскими свойствами. В трансмиссии этого поколения грузовых автомобилей будут использоваться многоступенчатые коробки передач [1].

Очевидно, что перед проектировщиками многоступенчатых коробок передач стоят следующие задачи:

- создание надежной и жесткой конструкции коробки передач с меньшими габаритными размерами и весом;
- повышение быстродействия и плавности переключения диапазона передач делителя без разрыва потока мощности и без выключения сцепления;
- обеспечение возможности испытания отдельно узлов коробки передач (дифференциального делителя, основного редуктора и дифференциального демультипликатора), что повышает качество общей сборки коробки передач в условиях крупносерийного производства.

В настоящее время в Набережночелнинском институте (филиале) К(П)ФУ разработана и запатентована конструкция многоступенчатой коробки передач с дифференциальными делителем и демультипликатором, в которой реализованы следующие технические результаты[2]:

1. Делитель старого образца, образованный зубчатой передачей с синхронизатором, заменен на дифференциальный делитель. Дифференциальный делитель обеспечивает значительное уменьшение осевых размеров коробки передач, веса вторичного и промежуточного валов. Также дифференциальный делитель обеспечивает плавное регулирование передаточного отношения, что вытекает и конструкции, что обуславливает уменьшение веса коробки передач. Использование дифференциального делителя в конструкции коробки передач позволяет осуществлять переключение диапазона делителя без выключения сцепления, плавно и без



разрыва потока мощности, что обеспечивает уменьшение износа трущихся деталей сцепления, повышение коэффициента использования мощности и повышение топливной экономичности двигателя, так как в моменты переключения диапазона делителя, которые происходят в четыре раза чаще, чем переключение передач основного редуктора, двигатель не переходит в режимы частичных нагрузок

2. Дополнительный ряда зубчатых шестерен заднего хода исключен за счет применения дифференциального демультипликатора с интегрированной задней передачей. Дифференциальный демультипликатор с интегрированной задней передачей с дополнительно уменьшает осевые размеры и вес вторичного и промежуточного валов. Использование дифференциального демультипликатора с интегрированной задней передачей позволяет передавать полную мощность двигателя в случае необходимости при эксплуатации автомобиля на различных скоростях его движения задним ходом, что особенно важно для автомобилей специального назначения

3. Увеличена жесткость валов основного редуктора за счет уменьшения их осевых размеров, следовательно, уменьшены их моменты инерции. Это способствует более быстрому выравниванию угловых скоростей вращающихся масс, уменьшению нагрузок на синхронизаторы, следовательно, меньшему износу блокирующих колец синхронизаторов при переключении передач и более быстрому переключению передач.

4. Повышение надежности коробки передач, так как технологический процесс её сборки может быть осуществлен после предварительных стендовых испытаний отдельных её узлов, а именно, дифференциального делителя, основного редуктора и дифференциального демультипликатора, что в свою очередь создает предпосылки для автоматизации процесса общей сборки коробки передач.

На рис.1 представлена кинематическая схема предлагаемой коробки передач. Коробка передач состоит из дифференциального делителя, основного четырехскоростного редуктора и дифференциального демультипликатора с интегрированной задней передачей.

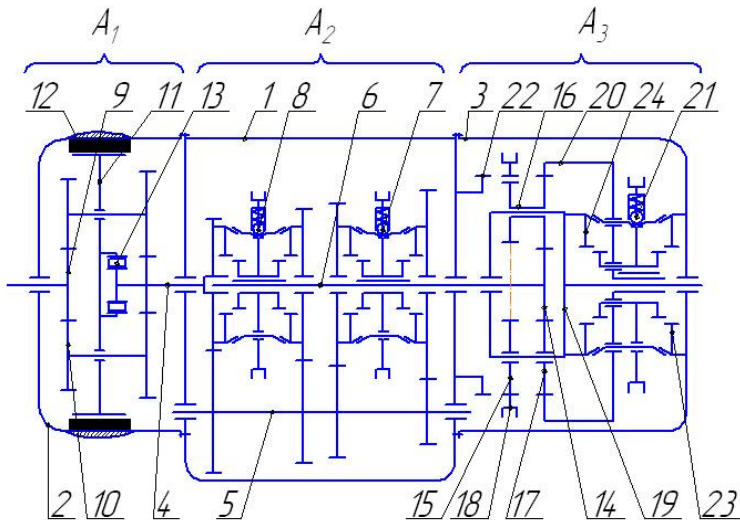


Рис. 1. Кинематическая схема многоступенчатой коробки передач

$A_1$  – дифференциальный делитель;  $A_2$  – основной редуктор;  $A_3$  – дифференциальный демультипликатор; 1 – корпус основного редуктора; 2 – картер сцепления (картер дифференциального делителя); 3 – картер дифференциального демультипликатора; 4 – первичный вал основного редуктора; 5 – промежуточный вал основного редуктора; 6 – вторичный вал основного редуктора; 7 и 8 – синхронизаторы соответственно первой-второй и третьей-четвертой передач основного редуктора; 9 – входной вал-шестерня дифференциального делителя; 10 – двухвенцовые сателлиты дифференциального делителя; 11 – водило дифференциального делителя; 12 – ленточные тормоза; 13 – муфта свободного хода; 14 – ведущий зубчатый венец дифференциального демультипликатора; 15 – сателлиты дифференциального демультипликатора; 16 – двухвенцовые сателлиты дифференциального демультипликатора; 17 – паразитные сателлиты дифференциального демультипликатора; 18 – коронное колесо (муфта заднего хода) дифференциального демультипликатора; 19 – водило дифференциального демультипликатора (выходной вал коробки передач); 20 – коронное колесо дифференциального демультипликатора; 21 – синхронизатор дифференциального демультипликатора; 22 – зубчатый венец блокировки муфты заднего хода; 23 – зубчатый венец блокировки коронного колеса дифференциального демультипликатора; 24 – зубчатый венец блокировки дифференциального демультипликатора.

Коробка передач содержит корпус 1 основного редуктора с отверстиями для крепления картера сцепления 2, являющегося одновременно картером

дифференциального делителя, и картера дифференциального демультипликатора 3. Корпус основного редуктора с картером сцепления образуют замкнутую полость, в которой находятся первичный вал 4, промежуточный вал 5 и вторичный вал 6 основного редуктора коробки передач. Первичный вал является валом-шестерней, опирающейся на роликоподшипник, установленный в отверстие картера сцепления. Промежуточный вал опирается на два роликоподшипника, установленные в отверстиях корпуса и картера сцепления. Вторичный вал одним концом опирается на роликоподшипник, установленный в первичном валу, а вторым концом – на роликоподшипник, установленный в корпусе основного редуктора.

Дифференциальный делитель содержит входной вал-шестерню 9, находящийся в зацеплении с двухвенцовыми сателлитами 10, установленных на осях, запрессованных в водило дифференциального делителя 11. Водило дифференциального делителя опирается на шарикоподшипники установленные в картере сцепления и в крышке дифференциального делителя, и блокируется ленточными тормозами 12. Между водилом 11 и первичным валом основного редуктора 4 установлена роликовая муфта свободного хода 13.

Дифференциальный демультипликатор содержит ведущий зубчатый венец 14, нарезанный на вторичном валу основного редуктора, сателлиты 15 и двухвенцовые сателлиты 16, паразитные сателлиты 17, коронное колесо 18, которое одновременно является муфтой заднего хода, водило демультипликатора 19, являющееся одновременно выходным валом коробки передач, и коронное колесо 20. На шлицах ступицы коронного колеса установлен синхронизатор демультипликатора 21. Водило демультипликатора опирается на шарикоподшипник, установленный в картере демультипликатора 3.

К корпусу основного редуктора закреплен зубчатый венец 22, предназначенный для блокировки коронного колеса 18, на картере демультипликатора закреплен зубчатый венец 23, предназначенный для блокировки коронного колеса 20, а на водиле закреплен зубчатый венец 24, предназначенный для блокировки демультипликатора.

Предлагаемая автомобильная многоступенчатая коробка передач конкурентоспособна, обладает техническими характеристиками соответствующими требованиям современного автомобилестроения и полностью отвечает требованиям Госпрограммы РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» (постановление правительства №328 от 15.04.14).

### Литература

1. Фасхиев Х. А., Волошко В. В., Мавлеев И.Р., Салахов И. И. Новая трансмиссия для транспортных средств // Справочник. Инженерный журнал с приложением, 2015, №7. С.47-51.

2. Патент № 2508486 РФ. Автомобильная многоступенчатая коробка передач/Волошко В. В., Мавлеев И. Р., Салахов И. И.//Бюллетень изобретений. 2014. № 6.

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОЗДУШНО-АККУМУЛИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ БЕЗ РЕГЕНЕРАТОРА

Новичков С.В., Долгов Р.А.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.  
410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77

*Аннотация.* Одним из способов, позволяющих сглаживать неравномерность электропотребления, является производство электроэнергии на основе воздушно-аккумулирующих газотурбинных электростанций. Проведен технико-экономический анализ эффективности работы ВАГТЭ без регенератора, с использованием следующих интегральных показателей: чистый дисконтированный доход (ЧДД), индекс доходности (ИД), дисконтированный срок окупаемости (СО), удельная себестоимость электроэнергии.

*Annotation.* One of the ways allowing to smooth unevenness of a power consumption is electricity generation on the basis of compressed-air power station. The technical and economic analysis of overall performance of compressed-air power station without exhaust boiler with use of the following integrated indicators: net present value (NPV), profitability index (PI), discounted payback period (DPP), unit cost of electric energy is carried out.

*Ключевые слова:* воздушно-аккумулирующая газотурбинная электростанция, воздушный аккумулятор, регенератор, индекс доходности, тариф на электроэнергию.

Концепция ВАГТЭ зарекомендовала себя на действующих установках накопления энергии сжатого воздуха. При сглаживании неравномерности электропотребления путем использования основе воздушно-аккумулирующих газотурбинных электростанций (ВАГТЭ) цикл сжатия проходит отдельно от циклов сжигания и выработки.

На установках есть блок сжатия, соединенный с блоком генерации общим мотор-генератором и рядом сцеплений. ВАГТЭ часто имеет регенератор (воздухо-воздушный теплообменник) для утилизации отработавшего тепла газовой турбины для предварительного нагрева воздуха, поступающего из подземного хранилища.

Энергия, получаемая в непиковые периоды, или избыточная электроэнергия используется для предварительного сжатия воздуха, который хранится в подземной полости, как правило, в соляной полости. Когда установка ВАГТЭ преобразует энергию, сжатый воздух из подземной полости отбирается и затем смешивается с топливом (природным газом) и расширяется в турбине для выработки энергии. Поскольку мощности турбины для приведения в действие воздушного компрессора более не требуется, турбина

того же размера может вырабатывать больше энергии, используя меньше топлива на каждый генерируемый МВт. Накапливаемый сжатый воздух занимает место газа, который нужно было бы в противном случае сжечь в процессе выработки энергии и использовать для сжатия воздуха компрессором ГТУ.

Существует множество схем установок, в которых аккумулированная энергия в виде сжатого воздуха используется для выработки пиковой энергии [1]. Проводимые исследования направлены на изучение их термодинамической эффективности, в то время как экономическая эффективность работы важна при оценке инвестиционной привлекательности строительства ВАГТЭ.

В статье сделана экономическая оценка эффективности работы ВАГТЭ без регенератора, с использованием следующих интегральных показателей: чистый дисконтированный доход (ЧДД), индекс доходности (ИД), дисконтированный срок окупаемости (СО), удельная себестоимость электроэнергии. В таблице 1 приведены некоторые исходные данные для расчета экономических показателей ВАГТЭ без регенератора.

Расчет схемы ВАГТЭ проводился при следующих начальных исходных данных: давление сжатого воздуха после компрессора принято 6,6 МПа; давление перед камерой сгорания (после воздушного аккумулятора) – 5,5 МПа; расход воздуха через компрессор составил 150 кг/с; температура после камеры сгорания – 1100 °С; время цикла заряда – 6 ч/сут; время цикла разряда – 4 ч/сут.

Таблица 1 – Исходные данные

Наименование	Величина показателя
Объем хранилища, м <sup>3</sup>	92951
Число часов использования газовой турбины, ч	1500
Число часов использования компрессора, ч	2136
Установленная электрическая мощность газовой турбины, МВт	230
Установленная электрическая мощность компрессора, МВт	80
Годовой расход электрической энергии на собственные нужды, ГВт·ч	6,04
Годовое потребление воды из природных источников на технологически нужды, тыс. м <sup>3</sup>	45,8
Площадь участка, занимаемого объектом, тыс. м <sup>2</sup>	1612,5
Годовая выработка электрической энергии, ГВт·ч	138,1
Годовое потребление газа, тыс. м <sup>3</sup>	415336,9
Удельные капитальные вложения в компрессор, руб./кВт	11200
Удельные капитальные вложения в газовую турбину, руб./кВт	7650
Удельные капитальные вложения в воздушный аккумулятор, руб./кВт	4800
Удельные капитальные вложения градирни, руб./кВт	2070

Срок полезного использования основных фондов, лет	40
Годовой фонд оплаты труда одного работника, руб./год	350000
Стоимость кубометра газа, руб./ м <sup>3</sup>	5,2
Тариф на электроэнергию днём, коп/(кВт·ч)	450
Тариф на электроэнергию ночью, коп/(кВт·ч)	110
Ставка водного налога, руб./м <sup>3</sup>	0,3
Ставка налога на землю, %	1,5
Удельная кадастровая стоимость земли, руб./м <sup>2</sup>	300
Инвестиционный период, лет	5
Расчётный период эксплуатации, лет	20
Норма дисконта, %	16

В таблице 2 приведены показатели экономической эффективности ВАГТЭ без использования регенератора для подогрева сжатого воздуха после воздушного аккумулятора.

Таблица 2 – Основные технико-экономические показатели ВАГТЭ без регенератора

Показатель	Величина	
	Установленная электрическая мощность ГТ, МВт	$N_{ГТ}$
Установленная электрическая мощность компрессора, МВт	$N_{К}$	80
Число часов использования ГТ, ч	$\tau_{ГТ}$	1500
Число часов использования компрессора, ч	$\tau_{К}$	2136
Чистый дисконтированный доход, млн.руб	ЧДД	321,8
Индекс доходности, руб/руб	ИД	1,21
Срок окупаемости, лет	СО	16,9
Удельная себестоимость электроэнергии, коп./кВт*ч	Сэ	120

При анализе полученных данных можно сказать, что воздушно-аккумулирующая газотурбинная электростанция (ВАГТЭ) является экономически целесообразным для выравнивания графика электрических нагрузок проектом.

### Список литературы:

1. Воздушно аккумуляющие газотурбинные электростанции (ВАГТЭ) Г.Г. Ольховский, В.А. Казарян, А.Я. Столяревский.: Институт компьютерных исследований, 2011. – 360 с.

## МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ФОРМ ДЛЯ ОТЛИВКИ ТИТАНА, И ВЛИЯНИЕ ЕЕ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В ГРАНИЧНЫХ СЛОЯХ

Петров Е. Ю., Хатмулина А.И., Ляхович А.М.

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Россия, 420008  
г. Казань, ул. Кремлевская 18

**Аннотация.** Рассмотрено влияние напыления титана на внутреннюю поверхность литейной формы на распределение элементов в граничных слоях формы. Установлено, что напыление титана не исключает миграцию химических элементов формы через титан к поверхности отливки.

**Abstract.** Influence of titanium sputtering on the interior surface of the casting mold on the elements' allocating in the boundary layers of the mold is considered. It is established that the sputtering of titanium does not exclude the migration of mold's chemical elements through the titanium to the casting surface.

**Ключевые слова:** титан, литейная форма, профили элементов.

Одним из способов уменьшения образования альфированного слоя при отливке титана является применение защитных технологических покрытий, например из  $Al_2O_3$ , на внутренних поверхностях литейных форм предотвращающих образования альфированного слоя [1]. Такие покрытия обеспечивают защиту от окисления, обезуглероживания, выгорания легирующих элементов, газонасыщения поверхности деталей и заготовок различной конфигурации и габарита.

Защитные технологические покрытия позволяют получать экономию металла до 8 % за счет исключения окалины и повышать качество поверхности деталей и полуфабрикатов.

Цель работы: исследование граничных слоев форм, используемых при литье титана, после осаждения защитных покрытий на внутренние поверхности форм электродуговым методом.

В данной работе исследовалась форма состава: MgO (92.3 %), CaO (3.2 %),  $SiO_2$  (2.2 %),  $Na_2O$  ( $SiO_2$ )<sub>n</sub> (2,3 %). Рассчитанное содержание химических элементов Mg:O:Si:Ca:Na(ат.%) в форме составляет 47,31:50,0:0,76:1,17:0,76. Форма спекается при температуре  $1000 \pm 50$  °C в течение 6 часов. Перед спеканием форма насыщается углекислым газом для схватывания компонентов формы. Охлаждение формы происходит в печи в течение 10 ч. После выемки из печи на форму электродуговым методом наносился защитный слой Ti. Изучались образцы двух типов: форма с осажденным слоем Ti (Рис.1а) и форма после контакта с отливкой (Рис.1б). Исследование рельефа, элементного состава поверхности формы и поперечного сечения формы проводилось с помощью сканирующего (растрового)

электронного микроскопа “EVO 50 XVP” (Carl Zeiss) с системой зондового микроанализа “INCA Energy – 350”.

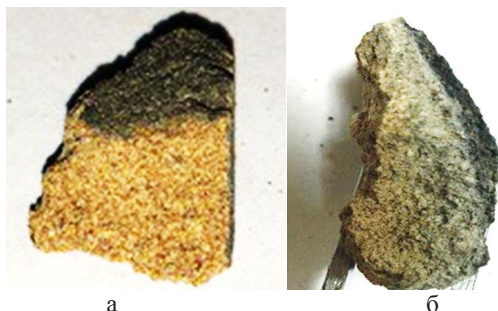


Рис. 1. Образцы формы со слоем Ti (а) и формы после контакта с отливкой (б).

При рассмотрении формы с напылением Ti исследовались несколько областей поверхности, из которых две представлены на рисунке 2а и 4 области поперечного сечения (Рис.2б). Анализ карты распределения титана по поперечному сечению (Рис.2в) показывает, что толщина компактного распределения его составляет 200-300 мкм. Из рисунка 2а и таблицы 1 следует, что титан распределен на поверхности неравномерно. На участках, где титана мало, содержание элементов близко к таковому в исходной форме без напыления. Тем не менее, где титана много, присутствуют элементы исходной формы, из чего следует, что при напылении титана имеет место миграция элементов формы Mg, Ca, Si, Na через слой титана к поверхности.

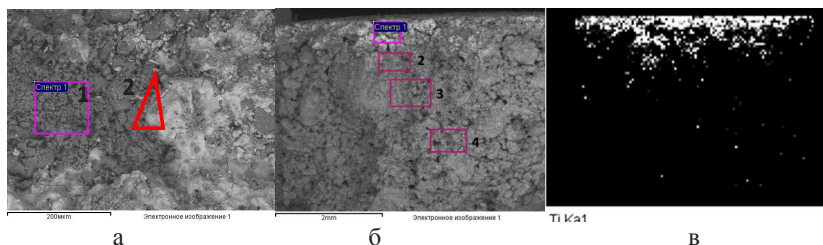


Рис 2. Изображения исследуемых участков поверхности (а), поперечного сечения (б) и карты распределения Ti(в) формы со слоем Ti.

Согласно данным таблицы 1 на поверхности формы содержание кислорода превышает необходимое его количество для максимального окисления элементов. Возможно, это связано, как и в случае исходной формы, с образованием солей угольной кислоты, которая образуется при реакции углекислого газа с водой.



Таблица 1.

Элементный состав (ат. %) поверхности формы с напылением Ti

Элементы	Участки поверхности			Исходная форма
	Усредненный	1	2	
O	66,17	61,80	64,76	59,3
Mg	8,66	25,01	4,58	26,6
Si	1,37	5,76	0,77	6,4
Ca	0,57	1,83	0,24	3,2
Ti	21,93	2,06	29,03	-
Na	1,30	2,90	0,61	3,5
O*	55,83	42,28	64,42	42,6

\*–в случае максимального окисления элементов.

Кроме того, в образце обнаружено большое количество пор, расположенных по всему объему.

Исследование зависимости изменения профиля элементов по глубине поперечного сечения образца (Рис.3) и карты распределения Ti(Рис.2в) показывает, что максимальное проникание титана в форму достигает 800 мкм. На расстоянии 1,5 мм от поверхности элементный состав модифицированной формы приближается к составу исходной формы.

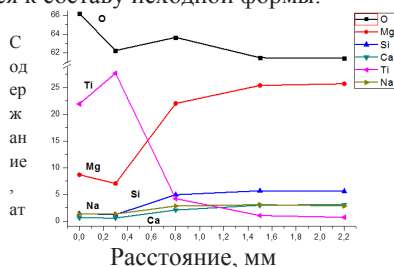


Рис. 3. Профиль содержания элементов по глубине поперечного сечения формы с напылением Ti.

После контакта формы с отливкой титана были исследованы 4 области поверхности отрыва и 8 участков поперечного сечения. На поверхности отрыва формы обнаружено несколько структур (Рис. 4), не смотря на их

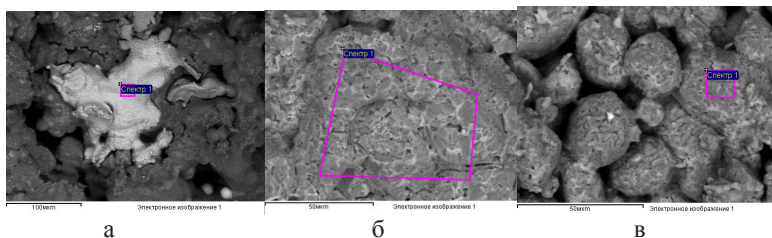


Рис. 4. Изображения структур поверхности формы с напылением титана после отслаивания от отливки.

различие, как следует из таблицы 2, первая и вторая структуры близки по составу. Возможно, это связано с присутствием схожего количества титана в обеих структурах. Третья структура по элементному составу близка к составу исходной формы без напыления Ti. Исследование поперечного сечения формы после отслаивания от отливки показало достаточно однородную его структуру (Рис.5а).

Таблица 2.

Элементный состав (ат. %) поверхности формы с напылением титана после отслаивания от отливки.

Элементы	Участки поверхности			
	Поверхность	1	2	3
O	62,03	64,68	65,24	57,51
Mg	25,89	28,88	28,47	39,44
Si	1,35	1,73	1,32	1,33
Ca	2,61	2,81	3,16	1,40
Ti	2,54	1,91	1,81	0,32
O*	36,28	38,97	37,89	44,14

\*-в случае максимального окисления элементов.

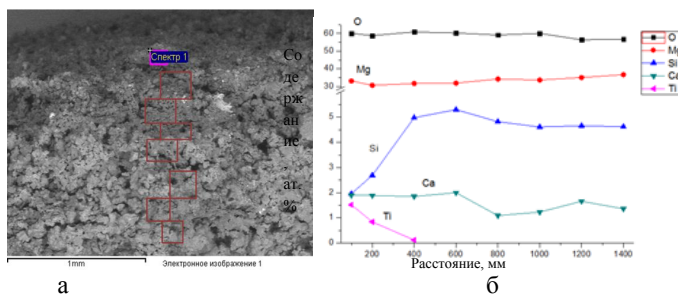


Рис. 5.Изображения поперечного сечения (а) и профиль содержания элементов по глубине сечения (б) после отрыва формы от отливки.

По содержанию титана на поверхности отрыва (<3%) можно заключить, что отрыв формы от отливки проходит по границе напыленного титана. Однородный состав формы начинается на глубине ~800 мкм (Рис.5б).

**Вывод.** Напыление титана на поверхность литейной формы не исключает миграцию элементов формы через слой титана. После литья отслаивание формы от отливки проходит по границе напыленного титана.

Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России 11.1300.2017/4.6.

### Литература.

1. Солнцев С.С., Розененкова В.А., Швагирева В.В., Барышникова Г.В., Мягкий Е.М. // Авиационная промышленность. №8. 1982

## ПОЛУЧЕНИЕ МЕДЬ-СОДЕРЖАЩИХ МИКРОУДОБРЕНИЙ

Сагитова Римма Надыровна, Гайсин Ильшат Ахатович,  
Гильманшина Сурия Ирековна

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
420008, Россия, Казань, ул. Кремлевская, 18

rns19@mail.ru; gilmanshina@yandex.ru

**Аннотация.** В работе рассматривается получение микроудобрений хелатного типа на основе солей меди и моноэтаноламина. Моноэтаноламин увеличивает растворимость соединений меди в воде, что позволяет использовать безотходную технологию получения микроудобрительного раствора с высокой массовой долей микроэлемента. Полученные растворы микроудобрений положительно влияют на рост и развитие сельскохозяйственных растений.

**Abstract.** The paper considers the preparation of chelate microfertilizers based on copper salts and monoethanolamine. Monoethanolamine increases the solubility of copper compounds in water, which makes it possible to use a wasteless technology for the production of a micronutrient solution with a high mass fraction of a microelement. The resulting microfertilizer solutions have a positive effect on the growth and development of agricultural plants.

**Ключевые слова:** микроэлементы, жидкие микроудобрительные составы, получение микроудобрений.

В настоящее время важной задачей является создание новых материалов и соединений, в том числе микроудобрений.

Сегодня производят микроудобрения в форме твердых соединений (или смеси твердых соединений) и в виде водных растворов соответствующих соединений. Промышленное получение микроудобрений в виде водных растворов является более предпочтительным, так как это сокращает технологический процесс, нет необходимости выделять конечный продукт из реакционной смеси. Эффективной формой микроудобрений считаются не соли, а координационные соединения микроэлементов (хелаты). Следовательно, создание и расширение ассортимента хелатных микроудобрений является актуальной задачей.

В представленном исследовании рассматривается получение микроудобрительного состава на основе соединений меди(II) и моноэтаноламина.

При взаимодействии соединений меди и моноэтаноламина образуется хелат. Способ получения данного микроудобрения заключается в смешивании солей меди(II) и моноэтаноламина в воде. Процесс одностадийный, безотходный. Моноэтаноламин увеличивает растворимость соединений меди в воде. В результате массовая доля меди в конечном продукте (раствор микроудобрения) становится сопоставима с содержанием меди в твердом этилендиаминтетраацетатокупрате (II) натрия. (Это вещество является широко

распространенным микроудобрением, где массовая доля меди – 16%). Выделения конечного продукта из полученного раствора не требуется.

Таблица 1

Соединение меди(II)	Масса соединения меди(II) для получения 1 кг раствора микроудобрения	Массовая доля меди в растворе микроудобрения, %
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	250	6,4
$(CuOH)_2CO_3$	222	12,8
$CuCl_2 \cdot 2H_2O$	252	9,6

Синтезированные составы можно использовать как основу для получения микроудобрений смешанного типа (медь-бор-, медь-молибден-, медь-бор-молибден-содержащих составов). Полученные составы можно использовать для предпосевной обработки семян внекорневой подкормки вегетирующих растений.

Применение полученных микроудобрений положительно влияет на рост и развитие сельскохозяйственных растений, увеличивает их урожайность на 18-23% [1, 2].

### Литература

1. Полифункциональные хелатные микроудобрения: практика применения и механизм действия / И. А. Гайсин, В. М. Пахомова ; Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения; Академия наук Республики Татарстан, отделение сельскохозяйственных наук; Казанский государственный аграрный университет; Казанский (Приволжский) федеральный университет. – Изд. 2-е, доп. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2016. – 315 с.

2. Патент 2086126, Российская Федерация, МПК 7 А01N33/08, А01N59/16, А01N59/20. Способ получения составов для стимулирования роста сельскохозяйственных культур / И.А. Гайсин и др.; заявитель и патентообладатель Гайсин И.А. – № 2086126; заявл. 18.11.1999; опубл. 27.01.01. – 4 с.

## РАЦИОНАЛИЗАТОРСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ КАК БУДУЩИЙ ОБЪЕКТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Салимов Радий Ильдусович,  
Гарифуллина Лия Робертовна

Кафедра экономики и управления на предприятии, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им.

А.Н. Туполева-КАИ» (КНИТУ-КАИ),  
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Гайсин Ленар Гайнуллович  
Общественная организация «Общество изобретателей и рационализаторов  
Республики Татарстан»,  
420102, г. Казань, ул. 2-я Юго-Западная, д.3

**Аннотация:** В статье дано описание критериев и задач рационализаторских предложений на предприятии. Опыт использования рационализаторских предложений показывает, что они становятся основой таких результатов интеллектуальной деятельности как ноу-хау, которые регистрируются как объекты интеллектуальной собственности и затем ставятся на бухгалтерский учет в качестве нематериальных активов.

**Abstract:** The description of criteria and tasks rationalization offers at the enterprise. Experience of use of improvement suggestions shows that it becomes a basis of such result of intellectual activity as a know-how which is registered as an intellectual property item and then is put on accounting as a non-material asset. Further actions with him can be made as with the invention.

**Ключевые слова:** рационализаторское предложение, интеллектуальная собственность, ноу-хау, нематериальные активы.

В повестке дня развития Российской Федерации стоит создание новой экономической политики, направленной на модернизацию и инновационное развитие экономики – это реиндустриализация. Решение задачи реиндустриализации предполагает развитие ключевых сфер высокотехнологичного промышленного производства, научного и образовательного комплексов России.

Опыт реализации программы развития рынка интеллектуальной собственности в Республике Татарстан, принятой в 2013 году показал, что подавляющее большинство промышленных предприятий не идут (не хотят или не могут) на масштабную модернизацию производства с ориентиром на инновации [1]. Анализ ситуации в производственной сфере показывает, что это является адекватной реакцией на отсутствие скоординированных промышленной, научно-технической и инновационной политик и страны и регионов [2]. Потребности промышленного сектора экономики в новых технологиях не удовлетворяются со стороны научного сектора. Разрушены связи «Вуз – НИИ – КБ – Завод» в большинстве ключевых отраслей промышленности.

На протяжении многих лет рационализаторские предложения, как неохраняемые результаты интеллектуальной деятельности, являются наиболее массовыми объектами технического творчества. Благодаря этим предложениям выполняется модернизация оборудования предприятий, вносятся усовершенствования в технологические процессы и выпускаемые изделия в соответствии с особенностями производства. Практически на каждом предприятии, в НИИ, КБ, в вузах есть свои изобретатели и рационализаторы, а

также подразделения, решающие вопросы внедрения изобретений и рационализаторских предложений в производственные процессы.

Для того чтобы рационализаторское предложение было признано, необходимо, чтобы техническое решение этого предложения соответствовало таким критериям как полезность и местная новизна, т.е. чтобы решение не было ранее применимо в производстве. Рационализаторское предложение должно включать конкретизированное принципиальное решение, творческую законченность и понятно раскрывать замысел его автора.

Авторами рационализаторских предложений являются конкретные работники, поэтому важнейшим моментом при внесении рационализаторских предложений в технические советы организаций является стимулирование работников к творческой деятельности. Рационализаторское предложение становится не просто авторской идеей, здесь работник направляет свою деятельность на развитие и укрепление собственной организации, чувствуя себя одним из важнейших элементов технологической цепочки создания продукции. Следует понимать, что предприятия, организации и учреждения, которым подаются рационализаторские предложения, также являются участниками правоотношений, которые связаны с использованием и созданием этих предложений.

В то же время экономический эффект от использования результатов рационализаторской деятельности может представлять для организации существенную выгоду, особенно когда рационализаторские предложения признаются руководством организации самым массовым объектом технического творчества, а рационализаторское предложение способно приносить организации экономические выгоды в будущем при использовании в производстве продукции, при выполнении работ или оказании услуг, для управленческих нужд.

Внедренная в Республике Татарстан в 2004 году методика по определению годового экономического эффекта от использования изобретений и рационализаторских предложений в Республике Татарстан[3] сумела вовлечь крупные предприятия республики в движение рационализаторов и изобретателей. Предприятия на практике убедились в эффективности создания и использования рационализаторских предложений.

Экономический эффект, согласно методике представляет собой дополнительную прибыль (доход) предприятия, полученную за счет:

- экономии эксплуатационных затрат от снижения материалоемкости и энергоемкости, сокращения сроков подготовки, совершенствования технологических процессов производства;
- экономии капиталовложений при внедрении изобретений и рационализаторских предложений;
- увеличения объемов реализации всей или отдельных видов продукции, произведенной с использованием изобретений и рационализаторских предложений;

- повышения цены в зависимости от улучшения качества продукции, расширения ее потребительских свойств;
- выручки от реализации самих результатов изобретательской и рационализаторской деятельности как материальных объектов в виде продажи лицензий на их использование.

Расчет годового экономического эффекта заключается в определении размера дополнительной прибыли, остающейся в распоряжении предприятия, и производится путем сопоставления среднегодовых затрат на производство и применение продукции, выполнение работы, эксплуатации применяемой техники до начала использования рационализаторского предложения по фактическим показателям и фактических среднегодовых затрат после начала использования рационализаторского предложения, включающих затраты на внедрение рационализаторского предложения, налоги и выплаты из балансовой прибыли в соответствии с Налоговым кодексом Российской Федерации.

Следует отметить, что по итогам 2016 года только на 29 крупнейших предприятиях Республики Татарстан подано более 50000 рационализаторских предложений, сумма экономии средств от использования которых составила более 21 млрд. рублей [4]. Наибольшее количество рационализаторских предложений подано в ПАО «Татнефть», ООО «ТаграС-Энергосевис», УК ООО «ТМС групп», ООО УК «Татбурнефть», ПАО «КАМАЗ» (пятерка лидеров 2016 года), а также в других предприятиях, которые активно поддерживают рационализаторское движение, имеют корпоративную систему управления интеллектуальной собственности. Очевидно, что стимулирование авторов рационализаторских предложений находится на достаточно высоком уровне.

Использование рационализаторских предложений показывает, что оно становится основой такого результата интеллектуальной деятельности как ноу-хау, которое регистрируется в организациях как объект интеллектуальной собственности и затем ставится на бухгалтерский учет в качестве нематериального актива (НМА). Дальнейшие действия с этим активом могут производиться, как с любым объектом интеллектуальной собственности (изобретения, полезные модели, промышленные образцы, программы для ЭВМ, базы данных и другие охраняемые результаты интеллектуальной собственности), находящимся на бухгалтерском учете.

Вместе с тем существует ряд проблемы учета нематериальных активов в экономических службах организаций, это:

- определение стоимости актива;
- определение срока полезного использования и способа амортизации;
- отражение в учете стоимости НМА;
- обеспечение контроля за наличием и сохранностью НМА с момента приобретения до момента выбытия;
  - получение сведений для правильного расчета налогов, перечисляемых в бюджет;
  - лицензирование интеллектуальной собственности;

– получение данных для составления отчетности о наличии и движении НМА.

Специфической проблемой при учете нематериальных активов является то, что они не обладают физическими свойствами, и, поэтому в некоторых случаях их трудно или невозможно идентифицировать. Следовательно, оценить такой актив с точки зрения стоимости или с точки зрения срока полезной службы часто бывает очень трудно. Этот неполный ряд проблемных вопросов приводит к еще одному казусу: неумение и нежелание специалистов экономических служб заниматься вопросами нематериальных активов. Здесь нужно понимание роли интеллектуальной собственности и нематериальных активов, их содержание и способы реализации имущественных прав, здесь нужна воля руководителя организации, который вводит стандарт управления интеллектуальной собственностью. Или же руководитель отбрасывает всю эту роль, как второстепенный элемент предпринимательской деятельности так, как это случилось в период развала советской экономики, когда в первую очередь были уничтожены патентные отделы и отделы научно-технической информации.

Развитие практики учета НМА должно учитывать специфический характер и особенности объектов учета, содержание и способы реализации имущественных прав, их целевое назначение в деятельности организации. Внедрение правил учета нематериальных активов должно повысить качество управленческих решений, способствовать развитию организаций.

## Литература

1. Р. Салимов. Региональная модель системы управления НИОКР – основа рынка интеллектуальной собственности. // Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность, М. – 2016. – № 1. С. 27-34.
2. Р. Салимов. Программа развития регионального рынка интеллектуальной собственности как комплексный инструмент поддержки инноваций. // Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность, М. – 2015. – № 10. С. 4-11.
3. Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 26 января 2004 г. № 36 «Об утверждении положения по определению годового экономического эффекта от использования изобретений и рационализаторских предложений в Республике Татарстан».
4. Годовой отчет Республиканского совета общественной организации «Общество изобретателей и рационализаторов Республики Татарстан за 2016 год». Казань. 2017.



## **МЕТОД ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СТАНОЧНЫХ СИСТЕМ ПО ЗАМЕРАМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ ИЗГОТАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Сафаров Д.Т., Кондрашов А.Г., Хафизов И.И., Насибуллин М.Х.

НЧИ К(П)ФУ, 423812 г. Набережные Челны пр. Мира 68/19

Раскрыты основные положения методики, позволяющей создать диагностический комплекс технического состояния станочной системы, обладающий информативностью одновременно нескольких комплексов диагностики – геометрической точности, тензометрирования, технологической точности, влияния технологической наследственности.

The main provisions of the technique allowing to create a diagnostic complex of the technical state of the machine system, which is informative at the same time of several diagnostic complexes - geometrical accuracy, strain gauge, technological accuracy, the influence of technological heredity - are revealed.

Ключевые слова: показатели точности, деталь, диагностика, метод диагностирования, геометрическая точность, технологическая наследственность.

Республика Татарстан характеризуется развитой автомобильной промышленностью. Здесь сосредоточены крупные производства как большегрузных так легковых автомобилей. При этом выпуск автомобиля обеспечивает не один завод, а целая цепочка предприятий-поставщиков автокомпонентов. Сегодня к поставщикам предъявляют жесткие требования к качеству продукции и срокам поставок. Дорогостоящее оборудование, зачастую взятое в лизинг. Отсутствие высококвалифицированного персонала и оборотных средств. Важным условием конкурентоспособности предприятия является возможность обеспечить выпуск качественной продукции в течении всего цикла эксплуатации оборудования.

По мере выпуска продукции неизбежен износ элементов станка и оснастки, смещения отдельных модулей, а значит потеря точности. Это требует наличия малозатратной, простой и эффективной системы диагностирования основных модулей технологической системы.

Требования к точности станков и его отдельных узлов устанавливается производителями в паспортах на станок. Для диагностики различных узлов станочных систем на соответствие требованиям выполняется различными методами. Методы диагностики могут быть внутренними – встроенными в систему станка с ЧПУ и внешние, для реализации которых необходимо выполнять измерения при помощи специальных диагностических комплексов. Наиболее применяемые из них следующие: проверки подвижных узлов на геометрическую точность, тензоизмерения сил резания и проверка на технологическая точность. Например комплексы фирм Ренишау – (Ballbar QC20-W, laser system (C-ALS), Kistler 9129AA и т.д. Эти комплексы хотя и точны, но их стоимость сравнима со стоимостью станочной системы. Для

применения комплексов необходимо выполнять переналадку станочной системы, т.е. прерывать технологический процесс.

Для всесторонней оценки технического состояния станочной системы необходимо одновременное применение нескольких видов диагностики, что еще больше повышает стоимость этого процесса. Целью проекта является разработка конструкции программно-аппаратного комплекса диагностирования технической точности станочных систем, выявляющего комплекс факторов, на основе измерений показателей точности обрабатываемых деталей для оперативного выявления наиболее значимых отклонений, влияющих на качество изготовления деталей машин.

Диагностический комплекс, позволяет:

1. Выявлять комплекс факторов, регистрируемых тремя различными способами диагностики – геометрической точности, тензоизмерений, технологической точности и рассчитывает степень влияния на качество детали технологической наследственности переноса погрешностей на деталь.
2. Для измерений нет необходимости в переналадке оборудования,
3. Для работы с комплексом достаточно квалификации персонала, имеющего на рабочих местах.
4. В сравнении с иностранными производителями более низкая стоимость комплекса и его эксплуатации.

Методика проведения и результаты экспериментов приведены в [1-7]. Заготовка до обработки и обработанная деталь после обработки измеряются в единой измерительной системе координат от одних и тех же измерительных баз. Обязательным условием проведения расчетов является регистрация условий процесса. К ним относятся:

1. Координаты базирования заготовки при установке в приспособление.
2. Значения подачи и скорости резания.
3. Состояние режущих кромок инструмента.
4. Биение зажимных элементов оснастки.
5. Предельные значения ключевых показателей качества детали.
6. В результате работы комплекса формируются две 3D модели – модель заготовки и модель детали в единой системе координат, связанной с координатами положения обрабатываемой заготовки в системе координат станка.

По данным 3D моделей выполняется расчет фактического распределения припуска, который при наличии зарегистрированных данных о условиях процесса срезания припуска рассчитывает показатели по множеству направлений – геометрической точности, силы, жесткости узлов станочной системы, технологической точность с расчетом индексов сходимости и воспроизводимости технологического процесса, а также технологической наследственности показателей точности заготовки. Одновременное наличие всего этого комплекса показателей позволяет сформулировать, что особенно ценно для малых предприятий – содержание корректирующих действий для улучшения качества изготовления детали.

Таким образом, результативность результатов работы комплекса значительно более высокая, по сравнению с ближайшими импортными аналогами. На рис.1 приведено конструктивное решение программно-аппаратного комплекса диагностирования технической точности.

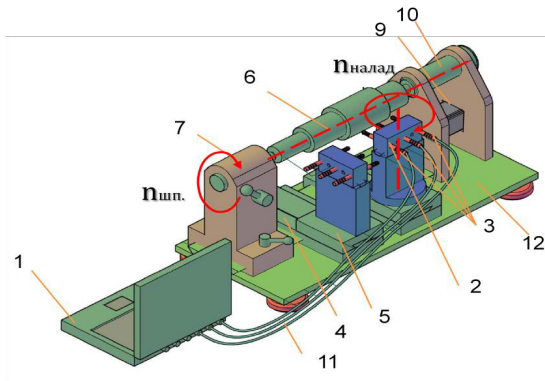


Рис. 1 Конструктивное решение программно-аппаратного комплекса.  $n_{шп.}$  - вращение детали,  $n_{налад.}$  1 - измерительный компьютер, 2 – держатель емкостных датчиков, 3 – емкостные датчики, 4 – суппорт продольный, 5 – суппорт поперечный, 6 – измеряемая деталь, 7 – передняя бабка, 8 – ременная передача, 9 – шаговый двигатель, 10– шпиндель привода детали, 11 – интерфейсные кабели, 12 – станина

В данном конструктивном решении комплекс предназначен для диагностики станков токарной группы, обрабатывающих тела вращения диаметром не более двухсот мм, и длиной не более четырехсот. Станки этой группы наиболее распространены в процессах изготовления деталей на машиностроительных предприятиях. Для проведения автоматизированных измерений деталь устанавливается в центра, один из которых приводится во вращение шаговым двигателем через ременную передачу. Построение математических моделей заготовки и детали выполняется по данным измерений одновременно считанных с трех емкостных щупов. Для повышения точности измерений в конструкции комплекса решено избавиться от подвижных частей со стороны датчиков.

Датчики имеют диапазон показаний, превышающий глубину резания в переходе обработки измеряемого элемента детали. Держатель датчиков имеет возможность поворачиваться вокруг вертикальной оси, что позволяет проводить измерения не только наружных цилиндрических поверхностей, но и торцевых и конических. Управление шаговым двигателем и обработка данных с датчиков осуществляется при помощи измерительного компьютера. Он же осуществляет их обработку и выдает результаты диагностики.

Методика диагностирования по показателям точности обрабатываемых успешно апробирована в действующих технологических процессах обработки деталей различных автомобильных узлов на предприятиях ОАО «КамАЗ-

Дизель», «Автомобильном заводе», а также на малых предприятиях-поставщиках ОАО «КамАЗ».

### Список литературы:

1. Касьянов С.В., Сафаров Д.Т. Диагностирование технического состояния оборудования и оснастки по показателям технологической точности / Автомобильная промышленность, №5, 2004 г. с. 24-28
2. Касьянов С.В., Сафаров Д.Т. Формирование отклонений показателей качества при создании продукции / Методы менеджмента качества № 2 2007 г. с. 30-36
3. Касьянов С.В., Сафаров Д.Т. Прослеживание процесса создания продукции как основа улучшения качества / Методы менеджмента качества № 8 2007 г. с. 38-42
4. Касьянов С.В., Сафаров Д.Т. Результативность и эффективность методов получения информации о качестве продукции / Методы менеджмента качества № 10 2007 г. с. 40-47
5. Касьянов С.В., Сафаров Д.Т., Кондрашов А.Г. Измерение относительного положения и радиуса цилиндрических элементов детали прибором для измерения высот./ Промышленные АСУ и контроллеры 2013№3 – с. 18-24
6. Касьянов С.В., Сафаров Д.Т. Кондрашов А.Г., Кузнецова А.В. Диагностические измерения геометрических параметров пространственно-сложных деталей автокомпонентов однокоординатным высотомером Контроль. Диагностика. № 8 2013 г. с. 60-64
7. Касьянов С.В., Сафаров Д.Т., Кондрашов А.Г. Способ диагностирования относительного положения и жесткости инструментальной оснастки в расточных операциях по показателям точности обработанных деталей. Патент РФ на изобретение №2496611 С2 МПК В23В 49/00 G01M13/02 Заявка №2011150761/02 от 13.12.2011. Опубликовано 27.10.2013 бюллетень №30.

## **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЛАБОРАТОРНОГО ВИБРОШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА ПОДГОТОВКИ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

Сафаров Д.Т., Кондрашов А.Г. Фаттахова Г.Р.

НЧИ К(П)ФУ, 423812 г. Набережные Челны пр. Мира 68/19

В статье приведены результаты испытания прототипа виброшлифовального лабораторного станка для изготовления образцов для металлографического исследования. Установлена результативность метода и пригодность для подготовки шлифов при проведении лабораторных занятий по дисциплине «Материаловедение».

The article presents the results of testing a prototype vibro-grinding laboratory machine for making samples for metallographic examination. The effectiveness of the method and its suitability for the preparation of thin sections during laboratory studies in the discipline "Material Science" have been established.

Ключевые слова: металлография, лабораторный станок, виброшлифовальная обработки, подготовка шлифов.

На любом предприятии – изготовителе машиностроительной продукции обязательно выполняются мероприятия по исследованиям материала выпускаемой продукции по группам показателей качества – свойств вещества, наличия внутренних дефектов, химического состава.

Одним из наиболее трудоемких с точки зрения предварительной подготовки образцов является металлографическое исследование свойств материалов. Предварительная подготовка состоит из следующих технологических операций – отрезки образца, заливки или запрессовки образца в шлиф, нескольких операций шлифования и полирования, количество которых зависит от вида исследуемого материала, а также операции травления поверхности [1,2]. Методики исследования стандартизованы, а также требованича к качеству образцов [3]. Основная задача абразивной подготовки поверхности заключается в получении поверхности шлифа без видимых в металлографический микроскоп царапин с минимальным отклонением от плоскостности. В маршруте изготовления образцов качество полученной поверхности шлифа зависит от каждой операции, но ключевыми операциями являются операции шлифовки и полировки.

В металлографических лабораториях абразивная обработка образцов выполняется на лабораторных шлифовальных станках металлографической подготовки. В настоящее время производителями предлагается множество шлифовально-полировальных станков как ручных, так и с автоматическим управлением. На рис. 2 приведены лабораторные станки с выполнением процесса шлифовки и полировки полностью в ручном режиме лаборантом, выполняющим исследования. Как видим предложения современных станков отечественными производителями отсутствуют, импортные же аналоги в зависимости от комплектации вспомогательными удерживающими устройствами предлагаются по цене от 150 тыс. руб. китайского производства до 300 тыс. руб. европейских и азиатских производителей.

Для повышения производительности обработки образцов станки с ручной пробоподготовкой оснащают дополнительными устройствами, обеспечивающими удержание шлифов с автоматизированного системой управлением процессом шлифовки образцов. Лабораторные станки этого класса предлагаются за значительно более высокую цену. Она составляет в зависимости от авторитета фирмы-производителя от 600 тыс. рублей до 2млн. рублей. Успешная эксплуатация импортных лабораторных шлифовальных станков возможно только с фирменными расходными шлифовально-полировальными материалами, стоимость которых значительна. В разрабатываемом лабораторном станке предлагается способ вибрационного

шлифования (рис. 1 а), в котором площадка с абразивным материалом колеблется с высокой частотой, а образцы для смены режущих абразивных зерен и удаления продуктов шлифовки вращаются вокруг оси держателя. При этом образцы из-за неуравновешенности результирующих сил в процессе шлифовки могут дополнительно автовращаться вокруг своей оси. Схема реализуется в виде конструктивного решения лабораторного станка, трехмерная модель которого приведена на рис. 3 б.

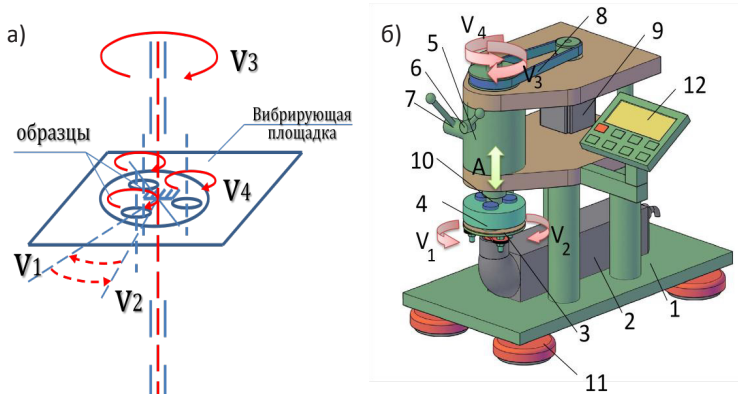


Рис. 1 а) схема виброшлифования,  $V_1$ ,  $V_2$  – направления действия высокочастотных колебаний,  $V_3$ , – принудительное вращение образцов,  $V_4$  – автовращение образцов б) визуальная модель рабочего конструктивного решения виброабразивного лабораторного станка (защитные экраны, устройства подачи СОЖ и специальных полировочных растворов не показаны).

Схема шлифования обладает следующими преимуществами:

1. Отсутствие постоянно направленного вектора действия результирующей силы резания при шлифовании. Обеспечивает самоустановку шлифуемой поверхности образцов по абразивной поверхности шлифовального материала.

2. Высокочастотная вибрация гарантирует отсутствие повторения следов обработки от одних и абразивных зерен на одних и тех же обрабатываемых участках металлического образца и обеспечивает эффективное управление интенсивностью съема материала.

3. Безопасна при ручном приготовлении образцов.

Для предварительной проверки работоспособности станка бы собран прототип. Его конструкция выполнена из доступных и недорогих материалов – МДФ, конструкционной пластмассы и стандартного крепежа в виде оснований, на котором установлены призмы для крепления универсальной шлифовальной машины, оснащенной вибрационными площадками [4, 5] а также стойки в виде резьбовых шпилек, на которые установлены промежуточные плиты в которых

размещены держатель образцов и пружинный механизм, обеспечивающий постоянный прижим образцов к вибрационной площадке. В результате испытаний прототипа станка качество поверхности образцов после шлифовки и полировки оказалось достаточным для выполнения металлографических исследований в соответствии с [3]. На рис. 2 показаны фотографии поверхности металлического образца после предварительной шлифовки отечественной абразивным листом белгородского комбината, с последующей полировкой раствором оксида алюминия. Как видим после полировки поверхность шлифа без видимых при двухсоткратном увеличении царапин пригодна для выполнения химического травления поверхности рабочей поверхности. Измерения отклонения от плоскостности отполированных образцов на высотомере  $\phi$ . Магн по всей поверхности шлифа показали значения не более 0,1 мм. Безусловно это значение можно значительно уменьшить, при изготовлении рабочего экземпляра станка. Фотографии после травления выделили четкую структуру зерен образца, пригодную для дальнейшего металлографического анализа в специализированном пакете графических программ как при рабочих увеличениях исследования в 200 раз, и 500 раз.

Эксплуатация прототипа станка показала возможность использования абразивных материалов как отечественного, так и иностранного производства. При использовании отечественных абразивных материалов стоимость шлифования и полирования образцов оказалась на порядок меньшей, по отношению к подготовке этого же комплекта на фирменном станке с применением импортных абразивных материалов.

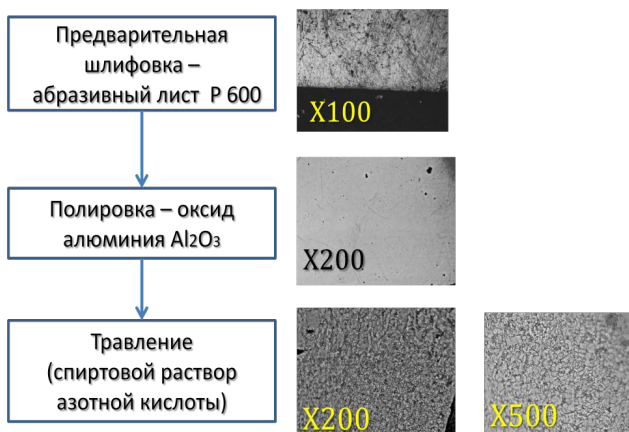


Рис. 2 Результаты исследований образцов, изготовленных на прототипе виброшлифовального станка.

Подтверждена высокая интенсивность снятия припуска и как следствие низкую длительность шлифования образцов. Прототип станка применяется для самостоятельного приготовления шлифов студентами-бакалаврами в рамках

проведения лабораторных работ по специальным дисциплинам направления «Материаловедение».

### Литература:

1. Панченко Е.В., Скаков Ю.А., Кример Б.И. Лаборатория металлографии / Учебное пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Металлургия, 1965. — 440 с.
2. Баранова Л.В., Демина Э.Л. Металлографическое травление металлов и сплавов / Справочное издание. — 2-е изд., перераб. и доп. — Пер. с нем. — М.: Металлургия, 1988. — 400 с.: ил.
3. ГОСТ 1778-70 Сталь. Металлографический метод оценки микроструктуры листов и ленты
4. Сафаров Д.Т., Кондрашов А.Г., Касьянов С.В., Фасхутдинов А.И. Разработка конструкции долговечной дельтовидной шлифовальной оснастки для универсальной шлифовальной машины / СТИН 2017 г. №5 с. 22-26  
Сафаров Д.Т., Кондрашов А.Г., Фасхутдинов А.И., Заиров Б.Ф. Разработка вариантов конструктивного исполнения сменной шлифовальной оснастки для универсальной / СТИН 2017 г. №6 с. 38-40.

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОМБИНИРОВАННЫХ СХЕМ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Сафин Тимерджан Рамильевич  
Конахина Ирина Александровна  
Хамидуллина Гульнара Рафкатовна

Казанский (Приволжский) федеральный университет  
420008 г. Казань, ул. Кремлевская, 18

**Аннотация:** Рассматривается метод совершенствования энергосберегающих мероприятий на котельных установках на базе анализа и оптимизации их технико-экономических показателей. В качестве объекта исследования рассматривается котельная установка с внедрением узлов утилизации низкопотенциальных вторичных энергоресурсов и узлов внешнего комбинирования.

**Abstract:** The method of perfecting of energy saving actions on boiler rooms of installations on the basis of the analysis and optimization of their technical and economic indexes is considered. As an object of a research boiler installation with introduction of utilization low-potential secondary energy resources clusters and clusters of external combination is considered.

**Ключевые слова:** энергосбережение, котельная установка, эффективность



Котельные установки получили широкое распространение в качестве источников тепловой энергии для обеспечения нагрузок отопления, вентиляции, горячего водоснабжения различных групп потребителей. Крупные производственные котельные помимо указанных видов нагрузок обеспечивают потребности промышленных предприятий в водяном паре среднего и низкого давления. В Российской Федерации доля котельных установок в структуре источников теплоснабжения превышает 60%, а доля расхода топлива в структуре себестоимости отпускаемой ими теплоты достигает 80%, поэтому задача повышения энергетической и технико-экономической эффективности структуры и состава оборудования котельных установок является актуальной и значимой для экономики нашей страны.

Синтез комбинированных схем котельных установок ведется в двух направлениях:

1. Снижение энергетических потерь за счет утилизации низкопотенциальных ВЭР (уходящих дымовых газов, тепловых излучений и пр.).

2. Внешнее комбинирование в форме надстройки тепловой схемы котельной дополнительными элементами оборудования, позволяющими вырабатывать два и более видов энергоресурсов (перевод котельных в режим мини-ТЭЦ, установка тепловых насосов, гибридных термоколлекторов и т.п.)

Поиск оптимального сочетания методов усовершенствования котельных установок и построения ее эффективной энерго-технологической системы (ЭТКС) осуществляется на основе методологии системного анализа и синтеза сложных теплоэнергетических установок [1, 2]. Как показано в [3] эффективность принимаемых решений целесообразно оценивать на основе технико-экономических показателей.

По аналогии с [1] задача по поиску наивыгоднейшего сочетания технико-экономических параметров ЭТКС синтезированной комбинированной котельной установки формулируется следующим образом:

ищется минимальное значение критерия эффективности (приведенные затраты комбинированной котельной установки), описываемое в виде функции

$$Z = f(Y, X)_{\sigma}, \quad (1)$$

при наличии нелинейных ограничивающих условий вида

$$\varphi_i(Y, X)_{\sigma} = 0; \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

и неравенств вида

$$(f_s)_{\min} \leq f(Y, X)_{\sigma} \leq (f_s)_{\max}; \quad s = \overline{1, a}, \quad (3)$$

а также при наличии ограничений по параметрам вида

$$\left. \begin{aligned} Y_{\min} \leq Y \leq Y_{\max}; \quad Y \in \sigma_m; \\ X \in L_t. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Здесь  $Y$  – совокупность непрерывно изменяющихся параметров;

$X$  – совокупность дискретно изменяющихся параметров системы;

$\sigma$  – совокупность характеристик внешних учитываемых факторов;

$\Phi = \{\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n\}$  – система балансовых уравнений для всех узлов ЭТКС котельной установки;

$f = \{f_1, f_2, \dots, f_a\}$  – совокупность технологических характеристик узлов

ЭТКС, по которым задаются ограничивающие условия;

индексы «min» и «max» – указывают, соответственно на минимальное и максимальное значение;

$\sigma_m$  – размерность рассматриваемого пространства;

$L_t$  – некоторое конечное множество дискретных элементов размерности  $t$ .

Особенность ЭТКС котельных установок такова, что в них выделяются контуры и подсистемы, которые при построении математических моделей исследуемых объектов описываются в виде последовательных цепочек связей между балансовыми уравнениями, задающими значения параметров модели. Это дает возможность представить полную систему  $n$ -уравнений в виде строгой последовательности подсистем [3]. При этом достаточно ограничить определяющие входные и выходные параметры подсистем (вектор независимых параметров  $\bar{X}$ ) с помощью условий вида (4), чтобы все зависимые внутренние параметры подсистемы (вектор  $Y$  размерности  $n$ ) автоматически стали удовлетворять данному условию.

Отсюда

$$Y = (\bar{X}, H); \quad (5)$$

при условии

$$(\bar{X}_j)_{\min} \leq \bar{X}_j \leq (\bar{X}_j)_{\max}; \quad j = \bar{1}, \bar{k}; \quad k = m-n. \quad (6)$$

Еще одной особенностью рассматриваемых систем является то, что могут существовать технически ограничения на нелинейные характеристики  $f_p(\bar{X}, H, X)$ , от которых целевая функция  $Z$  явно не зависит.

В результате, общая последовательность решения поставленной задачи состоит в следующем

1) Определяются параметры  $X$  и  $\bar{X}$ , обеспечивающие минимальное значение критерия эффективности;

2) определяется вектор  $H$ , исходя из полученных значение  $X$  и  $\bar{X}$ , в результате расчета системы  $n$ -уравнений.

В общем виде уравнение для определения  $H$  записывается как

$$H = f(X, \bar{X}) \quad (7)$$

3) Функции  $Z$  и  $f$  определяются на каждом шаге, как функции независимых параметров  $X$  и  $\bar{X}$ .

Таким образом, поставленная задача сводится к задаче нахождения минимума функции приведенных затрат

$$Z(X, \bar{X}) \text{ при } (X, \bar{X}) \in R, \quad (8)$$

где  $R$  – область допустимых значений, которая задается условиями

$$(f_s)_{\min} \leq f_s(X, \bar{X}) \leq (f_s)_{\max}, \quad s = \bar{1}, a; \quad (9)$$

$$\bar{X}_{\min} \leq \bar{X} \leq \bar{X}_{\max}, \quad \bar{X} \in \sigma_s; \quad (10)$$

$$X \in L_t \quad (11)$$

При этом предполагается, что при фиксированных значениях  $X$ , функции  $\Phi(\bar{X})$  и  $f_s(\bar{X})$  дифференцируемы.

По аналогии с [1] решение задачи разбивается на два этапа, согласно параметры объекта итерационными процедурами:

Этап 1. Нахождение совокупности наивыгоднейших параметров  $\bar{X}$ , т.е. параметров, которые в области определения изменяются непрерывно.

Этап 2. Определение совокупности наивыгоднейших параметров  $X$ , т.е. параметров, изменяющихся дискретно.

Поиск оптимального решения решается методом покоординатного спуска в форме перебора вариантов сочетания режимных параметров.

В качестве объекта исследования рассматривалась котельная ООО "Газпром добыча Надым", оснащенная водогрейными котлами КБМ-5,2 МВт. Синтез комбинированной схемы котельной установки осуществлялся с помощью усовершенствования теплового режима водогрейных котлов за счет надстройки внешними экономайзерами и внешнего комбинирования установки гибридными солнечными термоколлекторами и тепловыми насосами, позволяющими вырабатывать тепловую и электрическую энергию на собственные нужды.

Срок окупаемости синтезированной ЭТКС с оптимизированными параметрами составил менее 1,5 лет, что показывает высокую эффективность предлагаемых решений.

### Литература

1. Коначина И.А. Теплоэнергетические системы и энергобалансы промышленных предприятий. /Ю.Г.Назмеев, И.А.Коначина. - М: Издательство МЭИ, 2002.

2. Сафин Т.Р. Повышение эффективности топливоиспользующих установок за счет внешних узлов рекуперации сбросной теплоты/И.А.Конахина, Т.Р.Сафин, И.Р. Гильманшин // Материалы международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2013». Ч. 2. – Казань: ООО «Фолиант», 2013. С. 209-213.

3. Khamidullina G.R. Optimization of energy saving decisions for the large compressor stations of machine-building firms based on the technical and economic indicators / G.R.Khamidullina // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2016. - Vol.134, Is.1. - Art. № 012015.

4. Khusnutdinova E.M. Hybrid Technologies in District Heating Systems / E.M.Khusnutdinova, I.A.Konakhina and G.R.Khamidullina // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2016. - Vol.134, Is.1. - Art. № 012018.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОХРАНЫ И ЗАЩИТЫ ИСКЛЮЧИТЕЛЬНЫХ ПРАВ НА НЕМАТЕРИАЛЬНЫЕ АКТИВЫ**

Солдатова О.Б.

аспирант, Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, г. Казань

**Аннотация:** С развитием научно-технического прогресса и в условиях перехода мировой экономики к шестому технологическому укладу интеллектуальная собственность является востребованным товаром, а объемы рынка интеллектуальной собственности в стране являются одним из важнейших показателей ее экономического развития. Для того, что бы интеллектуальная собственность могла выступать на рынке полноценным товаром необходимо: 1) юридически грамотное оформление прав на объекты интеллектуальной собственности; 2) эффективные режимы правовой охраны и защиты нарушенных прав. В данной статье будут рассмотрены современные тенденции охраны и защиты нарушенных исключительных прав на нематериальные активы.

**Abstract:** With the development of scientific and technological progress and the transition of the world economy to the sixth technological order, intellectual property is in demand, and the volume of the intellectual property market in the country is one of the most important indicators of its economic development. For the development of the domestic intellectual property market, it is necessary: the transformation of intellectual property into a liquid commodity, the further development of legislation and the growth of professional staff. To ensure that intellectual property could be marketed as a full-fledged commodity, two conditions are necessary: 1) legally competent registration of intellectual property rights; 2) an effective legal protection system of violated intellectual property rights. This article will consider current trends in the protection of violated exclusive rights to intangible assets.

**Ключевые слова:** интеллектуальная собственность, правовое регулирование, исключительные права, нематериальные активы, рынок интеллектуальной собственности

На мировом рынке, наряду с товарами, работами, услугами и финансами, права на результаты интеллектуальной деятельности – интеллектуальная собственность составляют «четвертую корзину» продаж [1]. В соответствии с международным и российским законодательством в обороте находятся именно права на объекты интеллектуальной собственности, поскольку сама интеллектуальная собственность не отчуждаема от автора. Сегодня права на объекты интеллектуальной собственности являются существенной, а порой и основной частью активов крупнейших мировых компании. Существенным условием инновационного развития и комплексной модернизации экономики Российской Федерации является формирование национального рынка интеллектуальной собственности - подобная оценка впервые была дана В.В. Путиным в 2010г. в приветствии участникам ежегодного Международного Форума «Инновационное развитие через рынок интеллектуальной собственности», который был основан Республиканским научно-исследовательским институтом интеллектуальной собственности (РНИИС), при участии Российской академии наук. Необходимость наличия развитого рынка интеллектуальной собственности признана в ведущих экономически-развитых странах мира, таких как США, Японии, Германии, Китае, где доля интеллектуальной собственности в ВВП страны составляет около 20 % (в России менее 2%). Для развития отечественного рынка интеллектуальной собственности необходимо: превращение интеллектуальной собственности в ликвидный товар, дальнейшее развитие законодательства и рост профессиональных кадров.

Сегодня активное развитие инновационных технологий способствует появлению новых объектов интеллектуальной собственности и росту способов их использования, что приводит к большему количеству нарушений интересов правообладателей, а соответственно к необходимости постоянно совершенствовать способы охраны и защиты исключительных прав. В условиях глобализации мировой экономики существует потребность в урегулировании методов правовой охраны и защиты прав на объекты интеллектуальной собственности на международном уровне. Эту задачу решает ряд международных организаций: Всемирная организация интеллектуальной собственности (ВОИС), Международный союз по охране промышленной собственности (Парижский союз), Союз по охране селекционных достижений, Всемирная торговая организация (ВТО) и другие. Их главными функциями является заключение и администрирование международных договоров в области интеллектуальной собственности, содействие разработке мероприятий, рассчитанных на улучшение охраны интеллектуальной собственности во всем мире и на гармонизацию национальных законодательств в этой области; оказание технико-юридической помощи в области интеллектуальной собственности, сбор и распространение информации, проведение исследований

и публикация их результатов; обеспечение деятельности служб, облегчающих международную охрану собственности. Так же одним из важных направлений деятельности ВОИС является, созданный в 1994 году, Международный Центр по арбитражу и посредничеству, который осуществляет урегулирование коммерческих споров, связанных с интеллектуальной собственностью. Сегодня межгосударственное сотрудничество заложило основы правового регулирования интеллектуальной собственности, и нормы международных договоров имплементированы в национальные законодательства многих стран [2]. Сотрудничество в области охраны интеллектуальной собственности активно идет и на региональном уровне. Региональные организации представлены региональными интеграционными объединениями и специализированными службами. Наиболее интегрированным и успешным примером является система созданная в Европейском союзе (ЕС): деятельность в области охраны изобретений осуществляет - Европейская патентная организация (ЕПО); выдачу европейских патентов - Европейское патентное ведомство (структура ЕПО); регистрацию товарных знаков и промышленных образцов - Служба по гармонизации внутреннего рынка ЕС; охрана авторского и смежных прав - регламентируется рядом директив Евросоюза. Страны-участницы СНГ, в свою очередь, учредили Евразийскую патентную организацию наподобие ЕПО. В России интеллектуальная собственность регулируется рядом правовых актов: частью четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации, а также федеральными законами № 98-ФЗ от 29 июля 2004 года «О коммерческой тайне», № 149-ФЗ от 27 июля 2006 года «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», № 135-ФЗ от 26 июля 2006 года «О защите конкуренции», а также Кодексом об административных правонарушениях РФ, Уголовным кодексом РФ и другими. Самым существенным условием для защиты исключительных прав является их правильное закрепление, в соответствии с видом интеллектуальной собственности. Так, закон охраняет объекты авторского и смежных прав (произведения науки, литературы и искусства (авторское право), фонограмм, исполнений, постановок, передач эфирного и кабельного вещания (смежные права)) как форму произведения (форму выражения идей, мыслей автора с помощью языка, образов, структуры материала), и охрана не распространяется на его содержание, поскольку элементы содержания не являются оригинальными. Защита авторских и смежных прав распространяется на обнародованные, и необнародованные произведения, существующие в какой-либо объективной форме, для возникновения, осуществления и защиты авторских и смежных прав отсутствует регистрация или иная юридическая форма закрепления прав, исключение составляет программы для ЭВМ и баз данных, на которые по желанию автора возможна регистрация в Роспатенте.[3] Для объектов промышленной собственности (товарные знаки (торговые марки), изобретения, полезные модели, промышленные образцы) предусмотрена обязательная государственная регистрация в Роспатенте (Федеральная служба по интеллектуальной собственности). Сегодня происходит кризис патентной системы, особенно в России, где низкий уровень коммерциализации прав на

результаты интеллектуальной деятельности приводит к тому, что каждый второй патент прекращает свое действие через 2-3 года после выдачи. Патентование представляется невыгодным по причине необходимости больших затрат на поддержание патента и территориальной ограниченности его действия. Поэтому хорошей альтернативой вместо или наряду с открытым способом (патентование) защиты исключительных прав использование и закрытых способов защиты - через ноу-хау, которое охраняется в режиме коммерческой тайны.[4] В случаях нарушения исключительных прав предусмотрены определенные механизмы их защиты. Инициатива по защите нарушенных исключительных прав всегда остается за правообладателем. Можно выделить основные государственные учреждения России в сфере охраны прав на объекты интеллектуальной собственности: палата по патентным спорам (подразделение Роспатента, рассматривающее вопросы, связанные со столкновением интересов в области товарных знаков и патентования изобретений, полезных моделей, промышленных образцов); Федеральная антимонопольная служба (ФАС разрешает споры в области недобросовестной конкуренции, выразившейся в незаконном использовании товарных знаков и патентов при производстве продукции и ее продвижении на рынке); суд по интеллектуальным правам (специализированный судебный орган России, обеспечивающий разрешение споров в области интеллектуальной собственности).

Виду тенденции к глобализации в мировой экономике необходимо подходить к закреплению, защите и охране исключительных прав комплексно – права российских правообладателей должны быть защищены не только в соответствии с российским законодательством, но и на международном уровне. Необходимо что бы тенденции развития российского законодательства соответствовали тенденциям развития международного законодательства, путем международного и регионального сотрудничества. Целесообразно использовать различные механизмы охраны результатов на объект интеллектуальной деятельности – запатентованным может быть не только цельный механизм или технология, но и отдельно каждый элемент, а так же наряду с патентами активно использовать непатентные способы защиты, такие как ноу-хау.

### Литература:

1. Лопатин В.Н., «Управление рисками таможенной защиты интеллектуальной собственности в едином экономическом пространстве», Ученые записки Санкт-Петербургского имени В.Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии, 2014, №2 (50), С.112
2. Минков А. Международная охрана интеллектуальной собственности. – СПб.: Питер, 2001, С.58
3. ГК РФ Глава 70. АВТОРСКОЕ ПРАВО "Гражданский кодекс Российской Федерации (часть четвертая)" от 18.12.2006 N 230-ФЗ (ред. от 01.07.2017)
4. Федеральный закон от 29.07.2004 N 98-ФЗ (ред. от 12.03.2014) "О коммерческой тайне"

УДК 658.3.

## **АКТИВИЗАЦИЯ ТВОРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КАК ПРЕДПОСЫЛКА ВОСТРЕБОВАННОСТИ ПРОЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

А.Н. Сорокина, технолог ПАО ААК «ПРОГРЕСС», студентка филиала ДВФУ  
А.А. Антощенко, технолог ПАО ААК «ПРОГРЕСС», студентка филиала ДВФУ

Научные руководители:

Л.В. Переверзева, к.э.н., доцент филиала ДВФУ

Е.В. Макаров, заместитель управляющего директора ПАО ААК «ПРОГРЕСС»

О.Ш. Бердиев советник управляющего директора ПАО ААК «ПРОГРЕСС» по НИР

**Аннотация.** Описаны результаты практического сочетания заимствованного опыта методов «бережливого производства» с традиционными плановыми приёмами «развития научно-технического прогресса» на современном машиностроительном предприятии. Проводимая работа призвана развить коллективизм деятельности работников структурных подразделений, сгладить неизбежные конфликтные ситуации, между разными категориями персонала, при реализации повышенных плановых производственных заданий и наращиванию показателей качества выпускаемой продукции.

**Ключевые слова:** бережливое производство, анкетирование, неудовлетворённость, менеджмент, психологический климат, полномочия, качество, конфликт.

### **Состояние вопроса**

Ныне возрос интерес к вопросам менеджмента и трансформации организационных структур предприятий, к поиску моделей эффективного управления бизнесом [13]. Основополагающие идеи менеджмента качества заставляют переключить внимание с управляющих машин на людей, на бизнес-процессы, включая процессы взаимоотношений сотрудников, менеджеров, акционеров. Цели и бизнес-интересы должны быть сбалансированы, когда обеспечивается широкое вовлечение в процесс решения организаторских проблем. Участники тогда могут почувствовать, что являются частью команды, где есть условия для развития личности внутри коллектива [2, 11].

На ПАО ААК «ПРОГРЕСС», для наращивания основных показателей деятельности, внедряется система «Бережливого производства и мышления», с распространением её принципов и инструментов, требующихся для преобразования [12]. Специалистам, которые ранее вообще очень редко говорили друг с другом и уж тем более не считали друг друга равноправными партнёрами, придётся работать рука об руку [3].



Главным на пути создания «бережливого» предприятия оказывается достижение прозрачности внутри предприятия. Прозрачность важна для успешного анализа качества изготовленной продукции. Уменьшая число ошибок, инертность персонала, уровень запасов, несчастных случаев на предприятии, производственные площади, время выполнения заказов, себестоимость в целом, можно увеличить производительность труда. «Без вовлечённости нет приверженности», - по словам Колесникова Н.В. Приверженность - это такой интегральный фактор, в котором отражаются трудовые ценности, профессиональная этика работников, определяющие отношение к работе, к клиентам, к руководству, к предприятию в целом [4].

Для трансформации предприятия из традиционного в бережливое внедряется проект «Исследование социально-психологического климата в структурных подразделениях ПАО ААК «ПРОГРЕСС»» (далее – Проект). После издания организационно-распорядительных документов были установлены сроки реализации Проекта, назначены куратор и руководитель, сформирован и утвержден состав команды с распределением ролей и обязанностей, создан управляющий комитет и утверждён его состав [7]. Куратор проекта обеспечивает коммуникацию между всеми уровнями и членами команды и влияет на ритмичное исполнение позиций планов, принятых решений, при острой необходимости – привлекает пресловутый «административный ресурс» [5].

По первому подготовительному этапу Проекта были определены его цели и задачи.

Цель проекта - создание системы мотивации сотрудников и управления социально-психологическим климатом в структурных подразделениях предприятия.

Установлены задачи проекта:

1. Выявить факторы формирования комфортного социально-психологического климата, положительно влияющего на качество выполнения работы сотрудниками (социальная фаза Проекта);
2. Провести мониторинг текущего состояния ключевых показателей производительности, эффективности и оплаты труда (экономическая фаза).

По второму этапу Проекта «Диагностика» проведено интенсивное обучение рабочей группы Проекта, была разработана анкета по сбору информации о текущем состоянии социально-психологического климата коллективов структурных подразделений предприятия. Так же был проведён мониторинг текущих ключевых показателей производительности труда, эффективности оплаты труда и управления персоналом в коллективах анкетизируемых цехов в рамках Проекта.

Это необходимо для того, чтобы исследовать начальное состояние процесса и выявить динамику, в результате предложенных и реализованных мероприятий. При положительной динамике экономических показателей предполагается распространение проекта на другие подразделения предприятия [1].

### **Перспектива**

Члены команды по реализации Проекта включилась в работу, выполнили роль в процессе внедрения бережливого производства, являясь катализатором перемен на всём предприятии [6, 9].

### **Заключение**

В результате проведенного исследования планомерно и последовательно выявляются и вскрываются проблемы развития корпоративной культуры. При их большом количестве выбираются ключевые, т.е. наиболее значимые, которые устанавливаются ранжированием. «Корпоративная культура способствует благоприятному социально-психологическому климату в коллективе, обеспечивает прочность, жизнеспособность и долговечность организации» [10]. Закрепление положительных результатов может быть достигнуто оформлением и внедрением программы развития корпоративной культуры. Корпоративная культура предприятия определяет главные ценности, нормы и модели поведения персонала, которые могут быть в последующем отражены в кодексе, положении, коллективном договоре, системе мотивации или во вновь введённом документе (например, в памятке при приеме на работу).

При создании на ПАО ААК «ПРОГРЕСС» новой производственной культуры, повысится заинтересованность, каждого работника, всего персонала в результатах труда, и в конечном итоге в повышении конкурентоспособности продукции предприятия.

### **Список литературы**

1. Анализ методов реализации мероприятий технического прогресса на производственном предприятии / И.В. Быков, О.Ш. Бердиев // ИННОВАЦИИ журнал об инновационной деятельности ОАО «ТРАНСФЕР» / гл. ред. Б.А. Новиков; вып. редактор С.А. Кожевников – С-Петербург, 2014 – № 11(193). ISSN2071-3010 с.20-22.
2. Внедрение LEAN – технологий на ПАО ААК «ПРОГРЕСС» /Переверзева Л.В., Бердиев О.Ш., Казакова Ф.И., Слободчикова Ю.С. //Сборник публикаций научного журнала “Globus” по материалам III-й международной научно-практической конференции: «Экономика и юриспруденция: теория и практика» г. Санкт-Петербурга: сборник со статьями (уровень стандарта, академический уровень). – С-П. : Научный журнал “Globus”. 2015. – 148с. с.60.
3. Вумек Джеймс П., Джонс Дэниел Т. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании/Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 473 с. – (Серия «Модели менеджмента ведущих корпораций»).
4. Колесников Н.В. Без вовлеченности нет приверженности / Н.В. Колесников // Методы менеджмента качества. – 2008. - № 11. – С. 8 – 10: ил.
5. Об опыте взаимодействия отделов управления правами на результаты интеллектуальной деятельности и LEAN-технологий на ПАО ААК «ПРОГРЕСС» / А.И. Казакова, Л.В. Переверзева, Ю.П. Денисенко, О.Ш. Бердиев // Вестник Дальневосточного регионального учебно-методического

центра №26/2016. – Владивосток: ДВФУ, 2016.-164с. С.105-115 ISSN 2078-3906 УДК 378.12 ББК 94.3 В38

6. Опыт и результаты творческого сотрудничества Совета молодёжи ПАО ААК «ПРОГРЕСС» с органами студенческой самоорганизации филиала ДВФУ/ Шведченко Э.А., Матвеев А.В., Севрюк К.А., Тарабанова В.В., Денисенко Ю.П., Бердиев О.Ш.//7-й Межотраслевой конкурс научно-технических работ и проектов. Молодёжь и будущее авиации и космонавтики, г. Москва, 16-20 ноября 2015г.: Сборник аннотаций /под общ.ред. д.э.н., проф. А.В. Рождественского. Москва: Московск. авиац. ин-т (Национальн. исследоват. ун-т), 2015. – с. 204-206. ISBN 978-5-7339-1093-2 УДК 629.7 ББК 94.3 39.52 39.62

7. О работе филиала ДВФУ в г. Арсеньеве с базовым предприятием/Ю.П. Денисенко, Ю.Ф. Огнев, О.Ш. Бердиев, Д.О. Михайленко, М.В. Семёнов//Молодёжь XXI века: III и IV научно-практич. конф., г. Арсеньев, 17 апреля 2015г.: сборник трудов/под общ.ред. Ю.П. Денисенко, О.Ш. Бердиева, Ю.Ф. Огнева. Владивосток: изд-во Дальневост. ун-та, 2015. – с. 94-100. ISBN 978-5-906739-83-4 УДК 94.3 ББК 082 М75

8. Особенности постановки результатов интеллектуальной деятельности на баланс предприятия в качестве нематериальных активов (на примере ПАО ААК «ПРОГРЕСС») / А.И. Казакова (под научным руководством Денисенко Ю.П., Бердиева О.Ш.) // Молодёжь XXI век: V-ая научно-практич. конф., г. Арсеньев, 15 апреля М 2016г.: сборник трудов/под общ.ред. Ю.П. Денисенко, О.Ш. Бердиева, Ю.Ф. Огнева. - Владивосток: изд-во «Дальиздат», 2016. – с. 23-27. ISBN 978-5-905754-60-9 УДК 62 ББК 64

9. Реструктуризация авиастроительного предприятия при участии студентов филиала ДВФУ в г. Арсеньеве / Денисенко Ю.П., Мозговой В.М., Бердиев О.Ш.// Вестник Дальневосточного регионального учебно-методического центра №23/2015. – Владивосток: ДВФУ, 2015.-226с. С.147-149 УДК 378.12 ISSN 2078-3906.

10. Свиткин. М. Организационно-методические аспекты корпоративной культуры // М.З. Свиткин // Методы менеджмента качества. - 2007. - № 7. – С. 12-15.

11. Сотрудничество в рамках проекта «школа-колледж-вуз-предприятие» как способ повышения эффективности производства/Л.В. Переверзева, Е.В. Макаров, О.Ш. Бердиев //Сборник публикаций научного журнала «Chronos» по материалам XIII международной научно-практической конференции: «Экономика и современный менеджмент» г. Москва: сборник со статьями (уровень. Стандарта, академический уровень 0. – М: Научный журнал «Chronos», 2017. С.67-70.

12. Сузаки, К. Самая тяжёлая потеря – неиспользование потенциала людей / Киоски Сузаки // Методы менеджмента качества. – 2008. - № 10. – С. 5 – 7.

13. Философия бережливого производства, применяемая серийным авиационным предприятием/Ю.П. Денисенко, Ю.Ф. Огнев, О.Ш. Бердиев, Л.В. Переверзева//Молодёжь XXI века: III и IV научно-практич. конф., г. Арсеньев,

17 апреля 2015г.: сборник трудов/под общ.ред. Ю.П. Денисенко, О.Ш. Бердиева, Ю.Ф. Огнева. Владивосток: изд-во Дальневост. ун-та, 2015. – с. 386-393. ISBN 978-5-906739-83-4 УДК 94.3 ББК 082 М75

## ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ В ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ И ЭНЕРГЕТИКЕ

В.А. Султанов

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань  
slava\_sultanov1411@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье раскрываются инновационно-информационные решения при подготовке бакалавров и магистров в Инженерном институте Казанского (Приволжского) федерального университета (К(П)ФУ). Информационные технологии позволяют реализовывать принципы дифференцированного и индивидуального подхода к обучению бакалавров и магистров. Необходимость компьютеризации и применения в настоящее время инновационно-информационных IP-технологий со множеством новых свойств в процессе подготовки будущих специалистов в Инженерном институте К(П)ФУ обусловлена, прежде всего, требованиями интенсификации развития народного хозяйства и ускорения научно-технического прогресса во всех областях нашего общества.

**Annotation.** This article reveals innovative information solutions for the preparation of bachelors and masters in the Engineering Institute of the Kazan (Privolzhsky) Federal University (K(P)FU). Information technologies allow implementing the principles of differentiated and individual approach to the training of bachelors and masters. The need for computerization and application of innovative IP information technologies with a lot of new properties in the process of training future specialists at the K(P)FU Engineering Institute is due primarily to the requirements for intensifying the development of the national economy and accelerating scientific and technological progress in all areas of our society.

**Ключевые слова:** технологии IP-сетей, мультимедиа технологии (ММТ), 3D – технологии, интерактивные обучающие и информационные системы, САПР.

В настоящее время приходит понимание того, что без хорошо подготовленных инженерных кадров не может быть ни развитой экономики, ни современного процветающего государства. Современный период развития человечества характеризуется созданием и внедрением во все сферы жизнедеятельности новых инновационно-информационных технологий (IP). Не может оставаться в стороне и учебный процесс в Инженерном институте К(П)ФУ, где применение современных компьютерных средств – это объективная необходимость.

Необходимость компьютеризации обусловлена, прежде всего, требованиями интенсификации развития народного хозяйства и ускорения научно-технического прогресса во всех сферах нашего общества. Имеются новые современные инновационно-информационные технологии IP-сетей, которые активно развиваются по целому спектру направлений. С их помощью решаются задачи поддержки качества обслуживания сети, группового вещания, ускоренной маршрутизации, защиты корпоративной сети и многие другие вопросы при совершенствовании подготовки современных специалистов для народного хозяйства страны [1].

Определены три группы методов применения ЭВМ в обучении:

1. Использование методов развития у обучаемых навыков алгоритмизации решения задач и формирования на этой основе логического и системного мышления. Вычислительная техника здесь становится педагогическим средством, совершенствующим процесс познания изучаемого объекта или явления. Компьютер здесь становится рабочим инструментом, не требующим профессионального знания языков программирования и специализированных навыков работы на нем.

2. Использование игровых методов обучения. Это обучение с помощью моделей, адекватно отражающих функционирование реальных объектов и сущность изучаемых явлений.

3. Использование методов, связанных с обучением применению автоматизированных систем различного назначения [2].

Сегодня все меньше остается таких областей коммуникационного мира, куда бы не проникали IP-технологии. Под влиянием новых задач и новых областей применения классические IP-технологии быстро изменяются, представляя собой наиболее динамично развивающееся направление. Производители коммуникационного оборудования стараются с максимальной оперативностью реализовать постоянно изменяющиеся свойства IP-технологий.

В настоящее время компьютерные технологии играют значительную роль в качественном развитии высшего образования. Информационные технологии позволяют реализовывать принципы дифференцированного и индивидуального подхода к обучению бакалавров и магистров. Используя их, профессорско-преподавательский состав ВУЗов дает возможность каждому бакалавру и магистру самостоятельно работать с учебной информацией, что позволяет ему детально разобрать новый материал по своей схеме. Новые информационные технологии можно использовать как для очного, заочного, так и для дистанционного обучения студентов. Они дают возможность реализовывать мировые тенденции в высшем образовании, возможность выхода в единое мировое информационное пространство. Применение новых компьютерных технологий позволяет повысить уровень самообразования, мотивации учебной деятельности, а также дает новые возможности для творчества (исследований), обретения и закрепления различных профессиональных навыков.

Новые информационные технологии позволяют преподавателям с высокой скоростью обмениваться опытом, используя дистанционное общение, а также повышать квалификацию и познавать новые методы обучения

студентов. Информационные ресурсы Интернета очень полезны для поиска нового материала и разработки международных научных и других проектов. Интернет предлагает неограниченные ресурсы, которые могут быть использованы на занятиях по разным дисциплинам, а также для самостоятельной исследовательской работы как студентов, так и преподавателей.

Одним из основных направлений использования новых информационных технологий при подготовке специалистов является применение мультимедиа технологий (ММТ), 3D-технологий и др.

Всем известно выражение «компьютер может все». Однако, в реальной жизни не было убедительных подтверждений этому высказыванию потому, что имелись в виду потенциальные возможности компьютера, известные, в основном, узкому кругу специалистов. Появление инновационных технологий позволило раскрыть этот потенциал в привычной, информационной среде, составляющими которой, наряду с традиционными текстами, являются звук, изображение и видеофрагмент. Распространение новых IP - технологий в современном информационном обществе сравнивают по значимости с появлением кино в обществе индустриальном. Области использования их чрезвычайно разнообразны: интерактивные обучающие и информационные системы, САПР и др.

Основными характерными особенностями инновационных технологий являются объединение ММ среды в однородном цифровом представлении, обеспечение надежного и долговременного хранения больших объемов информации и простота ее переработки. Основные направления использования новых IP-технологий характеризуют электронные издания для целей образования, телекоммуникации с широким спектром применения.

Многокомпонентную ММ среду разделяют на три группы: аудиоряд (речь, музыка, звуковые эффекты); видеоряд (статический и динамический); текст. Значительные объемы при реализации аудио и видео рядов определяют высокие требования к носителю информации, видеопамяти и скорости передачи информации.

Исследования как зарубежных, так и отечественных ученых по анализу применения в учебном процессе IP-технологий показывают, что они позволяют на 20 – 30% повысить его эффективность, т.е. снизить число ошибок и время усвоения материала, повысить прочность усвоения знаний и навыков. Это достигается за счет целого ряда факторов, среди которых выделяют: 1) индивидуализацию обучения (ММ курсы, в которых сценарий и тема задаются обучаемым); 2) использование ММ информации (имитацию реальных ситуаций); 3) использование интенсивных методов активного обучения (деловых и имитационных игр, погружения в проблемные ситуации); 4) объективность и автоматизацию контроля (хода учебного процесса и качества усвоения знаний).

Мультимедийность создает психологические условия, способствующие лучшему восприятию и запоминанию материала с включением подсознательных реакций обучаемого. Психологами доказано, что при

проведении занятий с использованием новых IP-технологий активизируется правое полушарие мозга, отвечающее за ассоциативное мышление, рождение новых идей, улучшается психолого-эмоциональное состояние обучаемого, активизируются его положительные эмоции. Главное его преимущество состоит в возможности использования интерактивного взаимодействия преподавателя – лектора с программно-аппаратным средством, предполагающим обмен текстовыми командами и ответами, и одновременно с аудиторией. Все это делает новые IP-технологии очень гибкими и эффективными с дидактической точки зрения. В результате содержание педагогической деятельности существенно отличается от традиционного образовательного процесса: 1) происходит усложнение как разработки курсов (необходимы специальные знания в области IP-технологий и технологические навыки работы с техническими средствами), так и проведение занятий (изложение материала, управление ММ, реакция на изменение эмоционального состояния), 2) осуществляются перенос центра тяжести на обучающегося (поддержка обучения, помощь в ориентации, освоении и решении проблем), активизация взаимодействия.

Выводы: 1) Представленная работа имеет теоретическую новизну и практические результаты. 2) Мультимедийность создает психологические условия, способствующие лучшему восприятию и запоминанию материала с включением подсознательных реакций обучаемого, при проведении занятий с использованием новых IP-технологий активизируется правое полушарие мозга, отвечающее за ассоциативное мышление, рождение новых идей, улучшается психолого-эмоциональное состояние обучаемого, активизируются его положительные эмоции.

Таким образом, на нынешнем этапе экономического развития страны при формировании новых инженерных знаний и навыков очень важно уделять внимание качественному совершенствованию подготовки бакалавров и магистров в инженерной области с учетом новейших достижений науки и техники; в связи с применением инновационных технологий в образовательном процессе происходят существенные изменения в ходе преподавательской деятельности, роли и функциях преподавателя, поэтому для формирования практических навыков при совершенствовании подготовки специалистов в учебном процессе ВУЗа нужно выделять время вопросам качественного изучения новейших достижений науки и техники, а также организации высококлассного инженерного образования. Производство и реализация конкурентоспособной продукции, а также качественное предоставление инженерных услуг базируются на использовании высокорентабельных современных инновационно-информационных IP-технологий и для успешного создания и реализации этих технологий является качественная подготовка и наличие в нашей стране высококвалифицированных специалистов, научных и педагогических кадров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Новые технологии и оборудование IP-сетей. – СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2015.
2. Рогинский В.М. Азбука педагогического труда (пособие для начинающего преподавателя технического вуза). – М.: Высш. шк., 2011.

**ПРИКЛАДНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО  
БИЗНЕСА РАЗРАБОТКИ КОМПАНИЙ «ФЬЮЖЕН» И «АТЛАС».  
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.**

Сурьянинов Артем Евгеньевич, Эксперт по технической подготовке  
производства, Консалтинговая компания «АТЛАС»,

Меньшенин Василий Александрович, Эксперт по развитию бизнеса,  
Компания-разработчик ПО «ФЬЮЖЕН»

Г. Казань, ул. Дементьева, 2В

E-mail: market@atlasplm.ru

Тел: +7(917)286-28-59

**Аннотация.** В данной статье рассматривается эффект от внедрения программных средств разрабатываемых компаниями «ФЬЮЖЕН» и «АТЛАС», дополняющих стандартный функционал распространенных PDM/PLM-систем.

Материал может быть интересен руководителям и специалистам промышленных предприятий, добивающихся повышения показателей эффективности технической подготовки производства и производственных процессов.

**Ключевые слова:** СУПЖЦ, PLM, САПР, CAD/CAE/CAM/PDM/CAPP, Project management, ERP, АСТПП, техническая подготовка производства, интеграция PLM/ERP, «ATLAS FUSION».

**Введение.**

По прошествии более четверти века с момента создания первых систем управления инженерными данными, у экспертов отрасли так и не выработалось четких критериев обязательного для PDM/PLM функционала. Все сходятся в том, что PDM должна обладать системой управления составом изделий (например, идеология РТС «Product First»), системой управления документооборотом и процессами технической подготовки производства (WorkFlow), а так же управления изменениями. При этом, каждый производитель ПО стремится выделиться на рынке особенностями своих систем, целью которых часто является привлечение внимания к ПО, а не решение конкретных задач бизнеса. Среди таких задач, которым, с нашей точки зрения уделяется недостаточно внимания, можно выделить несколько основных:

- 1) Интеграция PDM со смежными системами-потребителями и поставщиками информации;



2) Гибкая поддержка конфигурирования заказов для позаказного производства;

3) Отчетные функции для руководителей всех звеньев, позволяющие им принимать обоснованные управленческие решения.

Между тем, решение этих задач позволит предприятиям получить значительный экономический эффект. Рассмотрим их поподробнее.

### **1. Интеграция PDM со смежными системами.**

Для решения данной проблемы на предприятиях обычно применяются ручной ввод, или «самописные» утилиты, в надежде на то, что проблема решится как-нибудь сама. Единственное достоинство такого подхода – дешевизна, практически с первого дня перекрывается его недостатками-резко возросшими трудозатратами (нужно вводить данные в несколько систем и не ошибиться при этом), демотивацией сотрудников (работа монотонна, сделать ее хорошо и до конца не возможно), зависимостью от собственных квалифицированных специалистов-разработчиков, в случае ухода которых теряются и все их наработки.

Окончательно решить проблему интеграции PLM и ERP позволяет разработанный нами комплекс средств выгрузки данных из систем PLM, выверки данных и предоставления их в различных форматах для загрузки в ERP-систему. Данная система предлагается сейчас нами на рынке под названием «ATLAS FUSION» и в ходе развития получит набор интерфейсов со всеми популярными системами PDM/PLM и ERP. В то же время, взаимодействие PLM и ERP (или им подобными системами) – явно не обеспечит полного покрытия всех процессов ТПП, по этой причине мы ведем разработку средств интеграции с системами управления проектами (PM) и системами разработки управляющих программ для станков с ЧПУ (NC), что позволяет охватить задачи планирования работ по разработке конструкторско-технологической документации и прямой передачи управляющей информации на станки с ЧПУ.

### **2. Конфигурирование заказа.**

Необходимость конфигурировать заказы – отличительный признак т.н. позаказного производства. Основная особенность такого подхода по сравнению с классической разработкой продукции “от чертежей” к “техпроцессам” и “планам производства” в том, что еще на этапе контрактации заказчика, у поставщика есть полное представление о том, какими средствами он собирается добиваться поставленных заказчиком целей, и, соответственно, довольно подробная предварительная проработка изделия или нескольких изделий входящих в заказ. Поставщик так же может определить изменения в конструкции или технологической подготовке, которые последуют за тем или иным пунктом требований заказчика, знает конфликты требований. Все это подводит нас к использованию другой технологии сквозной обработки заказа до передачи его в производство. Суть ее заключается в том, чтобы правильно сконструировать т.н. базовое изделие, или, в терминах «Бережливой разработки продукции», «платформу». Имея платформу в качестве основы для заказов, используя формализованные правила формирования заказа, можно

сконфигурировать изделие, не допустив в его составе ошибок, при этом гарантировать, что требования заказчика будут учтены в конечном изделии. Для конфигурирования структуры изделий во многих PDM и ERP-системах используются специальные приложения. При всех их достоинствах, у них есть существенные недостатки:

- Неуниверсальность. Данные приложения работают только с теми PDM или ERP, для которых написаны (политика производителей).
- Недостаточная проработка сценариев конфигурирования. Действительно, при конфигурировании возникает ряд сложных задач, для решения которых инструментария, как правило, не хватает, например, в ответ на выбор условий использования изделия инженером, система должна включить в спецификацию несколько компонентов по заранее определенным правилам.

Для покрытия требуемого функционала конфигурирования, мы разработали собственный модуль, позволяющий использовать заранее заданные администратором сценарии и параметры конфигурирования, при этом «на выходе» получается полноценная спецификация заказа, которая после технологической проработки может быть автоматически проверена и выгружена в производственную систему при помощи нашей же системы «ATLAS FUSION». В настоящий момент, система конфигурирования работает с PDM ИНТЕРМЕХ «SEARCH» и проходит тестирование на нескольких предприятиях. Наиболее интересным направлением развития данной системы является более тесная интеграция ее с PDM-системами разных производителей, а так же с CAD-системами, для того, чтобы автоматически генерировался не только заказ, но и модель сборки, и, при необходимости, весь комплект конструкторско-технологической документации на заказ.

### **3. Отчетные функции системы для руководителей.**

Наиболее ценным ресурсом на предприятии является рабочее время, при этом рабочее время руководителя ценится в десятки раз дороже, т.к. его решения могут повлиять на судьбу многих людей, подразделений и даже целых холдингов. На большинстве машиностроительных предприятий единственным источником информации для принятия решений руководителями является селекторное или личное совещание. Некорректно понятая или неверная информация ведет к принятию необоснованных или неверных решений. Эффективным средством выхода из сложившейся ситуации является использование т.н. BI (англ. Business Intelligence) - систем. Принцип их работы заключается в сборе массивов данных (т.н. OLAP-кубов) и предоставление информации в структурированном виде не более чем через несколько секунд после запроса руководителя. Таким образом, руководитель может контролировать все интересные для него процессы, просто «проваливаясь» в иерархическую структуру процесса, раскрывая списки и выясняя причины тех или иных сбоев. Такие системы позволяют в десятки раз сократить время, которое требуется руководителю для сбора и анализа информации, не привлекая к этому процессу руководителей нижнего звена, роль которых сведется только к своевременному вводу данных в систему. Системы BI

широко используются в крупных корпорациях и получили наибольшее распространение именно там, при этом стоимость такого решения может достигать нескольких сотен миллионов рублей. Для решения задач сводной отчетности менее затратными средствами, мы создаем подсистему с рабочим названием «Рабочее место руководителя». Данная система должна будет первоначально использоваться вместе с ПО Microsoft Share Point, в последствии мы планируем использовать ПО собственной разработки, взяв за основу проекты с открытыми кодами (OPEN SOURCE). Наиболее важным для нас на текущем этапе является классифицировать все интересующие руководителей процессы ТПП, проанализировав критерии, влияющие на оценку хода технической подготовки производства, численно их оценить и разделить на категории для того, чтобы отображать такие состояния процесса в виде маркеров:

- «Все хорошо» (соответствует зеленому цвету маркеров)
- «Требуется внимание» (соответствует желтому цвету маркеров)
- «Требуется активное вмешательство» (соответствует красному цвету маркеров)

В результате работы, мы планируем разработать программное средство, которое снимет часть рутинных операций с руководителя машиностроительного предприятия, позволит ему больше времени уделять развитию и поднять уровень решаемых им задач с оперативно-тактического до стратегического.

Все вышеприведенные программные средства и технологии позволяют машиностроительным предприятиям получить конкурентные преимущества в скорости разработки и вывода своей продукции на рынок, себестоимости продукции, а так же качестве изделий.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАЗМЕННЫХ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА РЕЖУЩИХ ПОВЕРХНОСТЯХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

<sup>1</sup>Титов Николай Владимирович, <sup>1</sup>Коломейченко Александр Викторович,

<sup>1</sup>Кузнецов Юрий Алексеевич, <sup>1</sup>Калашникова Лариса Валентиновна,

<sup>1</sup>Багринцев Олег Олегович

<sup>1</sup>Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина, Россия,  
e-mail: kolom\_sasha@inbox.ru

<sup>2,3</sup>Шарифуллин Саид Насибуллович

<sup>2</sup>Казанский федеральный университет, Россия

<sup>3</sup>Казанский государственный аграрный университет, Россия  
e-mail: Saidchist@mail.ru

**Аннотация:** В статье дается описание инновационного метода упрочнения рабочих органов почвообрабатывающей техники, эксплуатируемых в абразивной среде. Он осуществляется карбовибродуговой наплавкой рабочих органов с использованием композиционных металлокерамических паст с одновременным термодиффузионным упрочнением основного металла рабочего органа. По результатам проведенных исследований определены оптимальный состав и концентрация компонентов пасты, которые обеспечивают повышение износостойкости упрочненных рабочих органов в среднем в 1,8...2,0 раза.

**Abstract:** The article describes the innovative method of strengthening the working organs of soil-cultivating machinery, which are operated in an abrasive medium. It is performed by carbo-vibro-arc surfacing of working bodies using composite metal ceramic pastes with simultaneous thermodiffusion hardening of basic metal of the working body. Based on the results of the studies, the optimum composition and concentration of pasta components were determined, which ensure an increase in wear resistance of hardened working organs by an average of 1.8 ... 2.0 times.

**Ключевые слова:** карбовибродуговое упрочнение, металлокерамический материал, графитовый электрод

## 1. Введение.

Рабочие органы отечественной и зарубежной почвообрабатывающей техники (лемеха, долота, полевые доски, отвалы, стрелчатые и долотообразные лапы, гладкие и зубчатые диски и др.) эксплуатируются в условиях прямого воздействия абразивных частиц, вследствие чего интенсивно изнашиваются, их режущие поверхности затупляются, происходит существенное изменение формы, профиля и рабочих размеров. Так, например, средний ресурс лемехов плугов российского производства в зависимости от вида почв и их структуры составляет 5...20 га, плужных отвалов – 20...100 га, полевых досок – 20...60 га, стрелчатых лап культиваторов и посевных комплексов – 10...40 га, дисков борон и луцильников – 8...20 га [1 – 3]. Использование изношенных рабочих органов приводит к снижению качества выполняемых полевых работ, нарушению агротехнических сроков их проведения, увеличению простоев техники, возрастанию затрат на обработку почвы и горюче-смазочные материалы, уменьшению количества полученной товарной продукции.

Значительно повысить износостойкость рабочих органов почвообрабатывающей техники, эксплуатируемых в абразивной среде, позволяет современный инновационный метод карбовибродугового упрочнения (КВДУ) с использованием графитового электрода и композиционных металлокерамических паст. Сущность метода заключается в следующем. Вначале на режущую кромку рабочего органа наносится паста, которая высушивается до затвердевания. Затем между упрочняемой поверхностью с нанесенной пастой и графитовым электродом установки загорается

электрическая дуга. При ее горении происходит как наплавка металлокерамического покрытия из компонентов пасты, так и термодиффузионное насыщение металла рабочего органа легирующими элементами, входящими в состав пасты, и углеродом за счет его диффузии вследствие сублимации графитового электрода [4 – 6]. Применение при КВДУ металлокерамических материалов в виде паст обусловлено их очень высокой стойкостью к абразивному и коррозионно-механическому изнашиванию.

## 2. Методика.

В состав паст входят стальная матрица (наплавочный порошок), оксид алюминия  $Al_2O_3$ , двуокись кремния  $SiO_2$ , карбид бора  $B_4C$ , являющиеся керамическими компонентами, а также вещества, содержащие азот (нитрат аммония  $NH_4NO_3$ , карбамид  $NH_2CONH_2$  и др.), и криолит  $Na_3AlF_6$ , улучшающий стабильность и качество горения дуги [1, 4]. Связующим веществом является 50% водный раствор клея ПВА. Было установлено, что компоненты пасты существенно влияют на твердость и износостойкость упрочненных поверхностей. Для определения оптимального состава пасты нами были проведены соответствующие исследования. Путем механического смещения входящих в их состав компонентов были приготовлены пасты, содержащие вышеуказанные компоненты в различных соотношениях. В качестве матричного материала использовался порошок ПГ-10Н-01. Содержание криолита  $Na_3AlF_6$  во всех исследуемых пастах принималось равным 10% [4]. Пасты наносили на образцы, изготовленные из стали 65Г. Выбор данной марки стали обусловлен тем, что из нее изготавливают большинство рабочих органов почвообрабатывающей и другой техники, работающих в условиях абразивного изнашивания. Толщина нанесенного слоя пасты составляла 2,5...3,0 мм. Далее пасты высушивали при температуре 90...95 °С до затвердевания. Продолжительность отверждения обычно не превышала 8...10 мин.

Для КВДУ использовали установку ВДГУ-2, которая разработана и производится в ФГБНУ ГОСНИТИ. Упрочнение образцов выполняли на следующих режимах: сила тока  $I = 70...80$  А, напряжение  $U = 60$  В, частота вибрации графитового электрода – 25 Гц. Толщина наплавленного покрытия составляла в среднем 0,8 мм.

## 3. Результаты исследований.

Результаты исследований по определению микротвердости упрочняющих покрытий в зависимости от содержания в пасте карбида бора  $B_4C$ , наплавленных на образцы из закаленной стали 65Г, представлены на рис. 1.

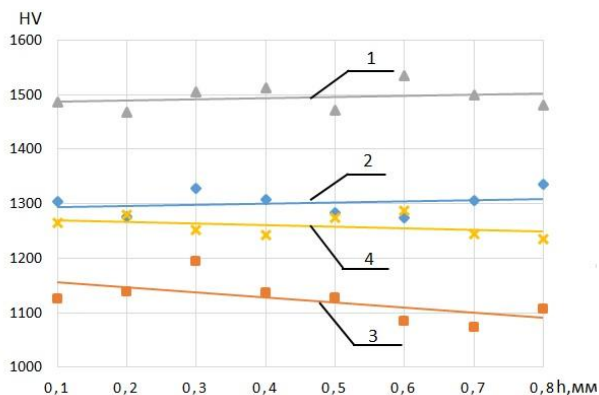


Рисунок 1 – Изменение микротвердости HV наплавленного покрытия по глубине  $h$  в зависимости от содержания в пасте карбида бора  $B_4C$ : 1 –  $B_4C$  - 30%; 2 –  $B_4C$  - 20%; 3 –  $B_4C$  - 10%; 4 –  $B_4C$  - 35%

Анализ полученных данных показал, что с увеличением процентного содержания в пасте керамических компонентов от 10% до 30% микротвердость наплавленного покрытия также возрастает вне зависимости от того, какой керамический компонент используется. При этом наибольшее среднее значение микротвердости (1508 HV, что соответствует твердости 75 HRC) показали образцы, упрочненные с использованием пасты, содержащей в своем составе 30% карбида бора  $B_4C$  (рис. 1, кривая 1). Твердость полученного покрытия в среднем в 1,5...1,7 раза превышает твердость закаленной стали 65Г, из которой изготавливают большинство серийно выпускаемых рабочих органов. Это связано с тем, что карбид бора является одним из наиболее твердых материалов и по твердости уступает только алмазу и боразону (нитриду бора). Пасты, содержащие в своем составе по 30% оксида алюминия  $Al_2O_3$  и двуоксида кремния  $SiO_2$ , показали более низкие значения микротвердости покрытий – 991 HV (69 HRC) и 922 HV (67 HRC) соответственно. Это может быть объяснено тем, что при наплавке в результате воздействия высоких температур дуги происходит частичное растворение  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$  с соответствующим снижением твердости покрытия.

Проведенные исследования также показали, что увеличение в составе паст как керамических, так и азотосодержащих компонентов более 30% не приводит к еще большему возрастанию твердости наплавленного покрытия. Это объясняется тем, что в этом случае при КВДУ гораздо хуже зажигается и горит электрическая дуга, из-за чего снижаются сплошность, качество и толщина упрочняющего покрытия.

#### 4. Выводы.

Наиболее оптимальной для упрочнения рабочих органов почвообрабатывающей техники, эксплуатируемых в абразивной среде, является

паста, содержащая 30% карбида бора, 60% матричного порошка и 10% криолита. Результаты сравнительных испытаний образцов после упрочнения такой пастой и неупрочненных образцов из закаленной стали 65Г показали, что износостойкость после упрочнения возрастает в 1,8...2,0 раза.

### Литература.

1. Литовченко Н.Н., Титов Н.В., Коломейченко А.В. Электровибродуговое упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин металлокерамическими материалами //Тракторы и сельхозмашины, 2013. – № 2. – С. 49 – 50.

2. Литовченко Н.Н., Куликов В.Н., Титов Н.В. Вибродуговая наплавка графитовым электродом нанометаллокерамических композиционных материалов //Сварочное производство, 2013. – №2. – С. 51 – 53.

3. Титов Н.В., Коломейченко А.В., Виноградов В.В. и др. К вопросу применения металлокерамических материалов для упрочнения лап культиваторов //Труды ГОСНИТИ, 2013. – Т.113. – С. 364 – 367.

4. Коломейченко А.В., Титов Н.В., Кондрахин Н.А. и др. Исследование технологических возможностей карбовибродугового метода упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин //Техника и оборудование для села. 2015. – №2. – С. 24 – 26.

5. Titov, N.V., Kolomeichenko A.V., Logachev V.N., Kravchenko I.N., Litovchenko N.N. Investigation of the hardness and wear resistance of working sections of machines hardened by vibroarc surfacing using cermet materials // Welding International, 2015. – V.29. – № 9. – Pp. 737 – 739.

6. Лялякин В.П., Титов Н.В., Литовченко Н.Н. и др. Карбовибродуговой метод упрочнения деталей машин, работающих в условиях абразивного износа, наплавкой металлокерамики (КВДНМК) //Труды ГОСНИТИ, 2014. – Т.114. – С. 144 – 149.

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ЗАПЫЛЕННОЙ СРЕДЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

А.Л. Тукмаков<sup>1,2</sup>, Н.Ф. Кашапов<sup>3</sup>, Д.А. Тукмаков<sup>1,2</sup>, М.Г. Фазлыяхматов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Казанский национальный технический исследовательский университет  
им.А.Н.Туполева-КАИ,

e-mail: tukmakov@imm.knc.ru;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт  
механики и машиностроения КазНЦ РАН,

e-mail: tukmakovda@imm.knc.ru;

<sup>3</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет,

e-mail: Nail.Kashapov@kpfu.ru, mfazlyjy@kpfu.ru

На основе численного решения системы уравнений динамики полидисперсной газовой смеси описан процесс порошкового напыления на

плоскую поверхность в электрическом поле. Модель включает в себя уравнения движения несущей и дисперсной фазы под действием сил аэродинамического трения и Кулона с учетом межфазного обмена импульсом и энергией. Система решается явным методом предиктор - корректор с расщеплением по пространственным направлениям и схемой нелинейной коррекции. Численная модель применяется для получения полей скорости и плотности газозвеси в межэлектродном пространстве и на поверхности электрода- мишени.

On the basis of the numerical solution of system of the equations of dynamics of a polydisperse gas-suspension process of powder spraying on a flat surface in electric field is described. The model includes the equations of the movement of the bearing and disperse phase under the influence of forces of aerodynamic friction and the Pendant taking into account interphase exchange of an impulse and energy. The system decides by an obvious method a predictor - the proofreader with splitting in the spatial directions and the scheme of nonlinear correction. The numerical model is applied to receiving fields of speed and density of a gas-suspension in interelectrode space and on an electrode surface - a target.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, механические свойства, заряженная полидисперсная газозвесь, электрическое поле, сила Кулона.

В основе технологии порошкового окрашивания лежит движение заряженной газозвеси в несущей среде под действием аэродинамических и электрических сил [1, 2]. Для описания процесса формирования осажденного слоя требуется решить задачу о движении заряженных аэрозольных частиц в пространстве между соплом- распылителем, на который подается отрицательный потенциал и окрашиваемой поверхностью, потенциал которой положительный или нулевой. При полидисперсном составе частиц порошкового красителя, движение их в межэлектродном пространстве зависит от величины заряда, аэродинамического сопротивления частиц, расположения электродов, напряженности электрического поля, скорости и концентрации твердых фракций.

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Модель процесса может быть основана на системе уравнений движения многоскоростной многотемпературной среды [2], в которой на частицу, наряду с силами аэродинамической природы, воздействует сила Кулона. Система уравнений включает в себя уравнения движения несущей среды и фракций дисперсной фазы с учетом межфазного силового взаимодействия и теплообмена, а также с учетом взаимодействия заряженной газозвеси с электрическим полем, которое создается как неподвижными электродами, так и пространственно распределенным электрическим зарядом, который переносит дисперсная фаза [3, 4]:



$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} = 0,$$

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u^2 + p - \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho uv - \tau_{xy}) = -\sum_{i=2,n} F_{xi} + \sum_{i=2,n} \alpha_i \frac{\partial p}{\partial x},$$

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho uv - \tau_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v^2 + p - \tau_{yy}) = -\sum_{i=2,n} F_{yi} + \sum_{i=2,n} \alpha_i \frac{\partial p}{\partial y},$$

$$\frac{\partial(e)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left[ (e + p - \tau_{xx})u - \tau_{xy}v + \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ (e + p - \tau_{yy})v - \tau_{xy}u + \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right] =$$

$$= \sum_{i=2,n} Q_i - \sum_{i=2,n} (|F_{xi}|(u - u_i) - |F_{yi}|(v - v_i)) + \sum_{i=2,n} \alpha_i \left( \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} \right),$$

$$\tau_{xx} = \mu \left( 2 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} D \right), \tau_{yy} = \mu \left( 2 \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3} D \right), \tau_{xy} = \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right), D = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}.$$

Движение фракций дисперсной фазы описывается уравнением сохранения средней плотности фракции, уравнениями сохранения составляющих импульса и уравнением сохранения энергии, записанными с учетом теплообмена, обмена импульсом с несущей фазой и с учетом силы Кулона, действующей на частицы  $i$ -тых фракций дисперсной фазы.

Тепловая энергия взвешенных в газе фракций твердой фазы определяется как  $e_i = \rho_i C_{pi} T_i$ . Система уравнений дополнялась соответствующими начальными и граничными условиями. На входных и выходных границах расчетной области, исключая входное сечение сопла – распылителя для всех газодинамических функций, включая составляющие скорости несущей и дисперсной фазы задавались граничные условия Неймана. Составляющие силы Кулона на единицу объема газозвеси определялись через ее удельный заряд, объемную плотность твердой фазы и напряженность электрического поля:  $F_{exi} = -q_0 \rho_i \partial \varphi / \partial x$ ,  $F_{eyi} = -q_0 \rho_i \partial \varphi / \partial y$ , где  $q_0$  – удельный заряд единицы массы твердой фракции,  $\varphi$  – потенциал электрического поля. Потенциал электрического поля в расчетной области находился из решения уравнения Пуассона с граничными условиями 2-го рода. В правой части уравнения Пуассона размещалась плотность заряда газозвеси, отнесенная к абсолютной диэлектрической проницаемости несущей среды [5] :

$$\operatorname{div} \mathbf{E} = \frac{\rho_{эл}}{\varepsilon \varepsilon_0}, \mathbf{E} = -\nabla \varphi, \Delta^2 \varphi = -\frac{\rho_{эл}}{\varepsilon \varepsilon_0}, \rho_{эл} = \rho_{sum} \cdot q, \rho_{sum} = \sum_i \rho_i, \varepsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi} \Phi / \text{м}.$$

Система уравнений записывалась в обобщенных криволинейных координатах: физическая область течения в переменных  $(x, y, t)$  отображалась на каноническую расчетную область в переменных  $(\xi, \eta, t)$  [6, 7] и решалась явным методом Мак-Кормака второго порядка [6] с последующим применением схемы нелинейной коррекции решения [3, 4]. Уравнение

Пуассона для потенциала электрического поля записывалось в обобщенных координатах и решалось методом конечных разностей с помощью итерационной схемы Зейделя на газодинамической расчетной сетке.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан (проект № 17-48-160359) и по гос.заданию Минобрнауки России ВУЗам (проект № 9.5542.2017/6.7).

### Литература.

1. *Сальянов Ф.А.* Основы физики низкотемпературной плазмы, плазменных аппаратов и технологий. М., Наука, 1997.

2. *Высоковольтные электротехнологии.* Учебное пособие по курсу "Основы электротехнологии"/ Под редакцией И. П. Верещагина. Москва: МЭИ, 1999.

3. *Кутушев А. Г.* Математическое моделирование волновых процессов в аэродисперсных и порошкообразных средах. Санкт-Петербург: Изд-во Недр, 2003.

4. *Гаврилова В.А., Каианов Н.Ф., Тукмаков А.Л., Тукмаков Д.А.* Численное моделирование процесса напыления заряженного аэрозоля на поверхность в электростатическом поле. Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2012. № 2. С. 177-182.

5. *Тукмаков А.Л.* Численная модель электрогазодинамики аэродисперсной системы на основе уравнений движения двухскоростной двухтемпературной газозвеси// Прикладная механика и техническая физика. 2015. Т.56. №4. С. 112-120.

6. *Тукмаков А.Л., Тукмаков Д.А.* Динамика заряженной газозвеси с начальным пространственно неравномерным распределением средней плотности дисперсной фазы при переходе к равновесному состоянию// Теплофизика высоких температур. 2017. Т.55, №4. С.509-512.

7. *Фальковский О. И.* Техническая электродинамика. Санкт-Петербург: Изво "Лань", 2009.

8. *Флетчер К.* Вычислительные методы в динамике жидкостей. Т. 2. Москва: Мир. 1991.

9. *Steger J. L.* Implicit Finite-Difference Simulation of Flow about Arbitrary Two-Dimensional Geometries //AIAA J. 1978. Vol. 16, No. 7. Pp. 679–686.

## ОЦЕНКА ДИНАМИКИ МЕЖФАЗНОЙ ГРАНИЦЫ ПРИ КОНТАКТЕ РАСПЛАВА С ТВЕРДЫМ МАТЕРИАЛОМ

Федяев Владимир Леонидович  
Институт механики и машиностроения КазНЦ РАН  
420111, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2/31

Галимов Энгель Рафикович, Беляев Алексей Витальевич,  
Долгов Алексей Викторович  
Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева – КАИ (КНИТУ-КАИ)  
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Самойлов Владимир Маркович  
АО «НИИ Графит»  
111524, г. Москва, ул. Электродная, д.2

Представлены результаты математического моделирования тепловых процессов, протекающих при контакте расплава со слоем полимерного материала, находящегося на поверхности полых микросфер. Получены зависимости, позволяющие оценить время расплавления данного слоя, другие параметры, представляющие интерес при производстве изделий из синтактичных материалов.

The results of mathematical modeling of thermal processes that occur when a melt is in contact with a layer of polymer material located on the surface of hollow microspheres are presented. Relations that allow estimating the melting time of a given layer, as well as other parameters of interest in the production of products from syntactical materials, were obtained.

Ключевые слова: микросферы, моделирование, тепловые процессы, межфазные границы, ячейка периодичности.

Рассматривается совокупность полых микросфер, на поверхности которых находится слой твердого полимерного материала. Предполагается, что толщина этого слоя одинакова, сферы плотно упакованы, в начальный момент времени температура материала микросфер с покрытием равняется  $\Theta_0$ . В течение некоторого времени  $\tau_n$  пространство между сферами заполняется расплавом такого же материала, что и материал покрытия. Оценивается динамика нагрева сфер, движения межфазной границы начиная с момента времени  $\tau_n$  при условии, что время  $\tau_n$  мало, при заполнении пустот температура сфер остается равной  $\Theta_0$ , средняя температура расплава  $\Theta_1$ . Выделяется ячейка периодичности, включающая микросферу с покрытием и слой расплава, имеющий также сферическую форму с эффективным радиусом  $R_3$ . Соответствующая расчетная схема показана на рис. 1. Здесь 1, 2, 3, 4 – газовая полость, оболочка микросферы, слой полимерного покрытия, условный слой

расплава полимера;  $R_0, R_1, R_c$  – радиус газовой полости, внешний радиус оболочки микросферы, радиус поверхности покрытия.

В случае осевой симметрии тепловых полей, в отсутствие внутренних источников – стоков тепла, движения газа в полости, течения расплава нестационарный теплоперенос в элементах рассматриваемой системы описывается уравнениями:

$$\frac{\partial \Theta_i}{\partial \tau} = a_i \left( \frac{\partial^2 \Theta_i}{\partial R^2} + \frac{2}{R} \frac{\partial \Theta_i}{\partial R} \right), \quad (1)$$

где  $\Theta_i$  – температура вещества в  $i$ -ой области ( $i = 1, 2, 3, 4$ ),  $a_i = \lambda_i / (\rho_i \cdot c_i)$  – коэффициент температуропроводности материала соответствующей среды;  $\rho_i, \lambda_i, c_i$  – плотность, коэффициент теплопроводности, удельная теплоемкость,  $\tau$  – время.

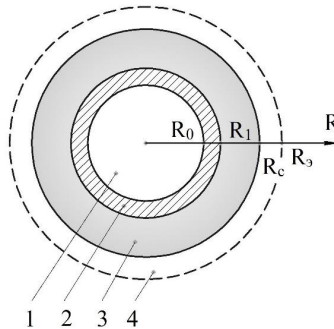


Рис. 1. Сферическая ячейка периодичности

В момент времени  $\tau = \tau_n$  температуры газа, оболочки микросферы и покрытия

$$\Theta_1(R, \tau_n) = \Theta_2(R, \tau_n) = \Theta_3(R, \tau_n) = \Theta_0, \quad (2)$$

температура слоя расплава

$$\Theta_4(R, \tau_n) = \Theta_1. \quad (3)$$

Граничные условия имеют вид:

$$R = 0: \partial \Theta_1 / \partial R = 0 \quad (\text{условие симметрии}); \quad (4)$$

$$R = R_0: \Theta_1 = \Theta_2, \quad \lambda_1 \frac{\partial \Theta_1}{\partial R} = \lambda_2 \frac{\partial \Theta_2}{\partial R} \quad (\text{идеальный тепловой контакт}); \quad (5)$$

$$R = R_1: \Theta_2 = \Theta_3, \quad \lambda_2 \frac{\partial \Theta_2}{\partial R} = \lambda_3 \frac{\partial \Theta_3}{\partial R}. \quad (6)$$

Учитывая то обстоятельство, что материалы покрытия и расплава одинаковые (при определенной температуре  $\rho_3 = \rho_4, \lambda_3 = \lambda_4, c_3 = c_4$ ), слои 3 и 4 будем рассматривать как один слой, теплофизические свойства которого характеризуются параметрами  $\rho, \lambda$  и  $c$ . Внутри этого слоя выделяется

межфазная поверхность, находящаяся между твердым материалом и его расплавом. Уравнение движения этой поверхности записывается в виде:

$$R_* = R_*(\tau), R_*(\tau_n) = R_c;$$

причем при  $R = R_*, \Theta = \Theta_*$

$$\left( \lambda \frac{\partial \Theta}{\partial R} \right)_{R_*,+0} = \left( \lambda \frac{\partial \Theta}{\partial R} \right)_{R_*,-0} + \rho L v. \quad (7)$$

Здесь  $\Theta_*$  - температура фазового перехода,  $L$  - скрытая теплота плавления,

$v \equiv \frac{dR_*}{d\tau}$  - скорость движения фронта плавления (кристаллизации).

На фиктивной границе  $R = R_*$ , найдем:

$$\frac{\partial \Theta}{\partial R} = 0, \quad (8)$$

что означает отсутствие теплообмена со средой, окружающей выделенную ячейку периодичности.

Сформулированную таким образом термосопряженную задачу (1) - (8) можно решить численно. Однако для инженерной практики полезны аналитические зависимости. С целью получения их упростим данную задачу, для чего вдоль радиус - вектора  $R$  выделим призму, включающую материал оболочки микросферы, твердого и расплавленного полимера. При этом расчетная схема примет вид, представленный на рис. 2.

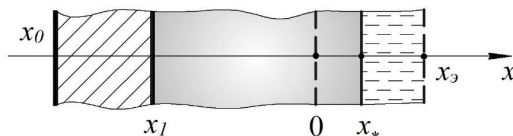


Рис. 2. Упрощенная расчетная схема

На данной схеме начало координаты  $x$ , направленной поперек к слоев, находится на поверхности полимерного слоя,  $x_* = x_*(\tau)$  - уравнение движения межфазной границы (в начальный момент времени  $\tau = 0$ ,  $x_*(0) = 0$ ), координаты  $x_0, x_1$  характеризуют положение поверхностей оболочки полый микросферы,  $x_2$  - толщину эффективного слоя расплава в момент контакта его с материалом покрытия микросферы.

В соответствии с этой схемой в слое  $x_0 \leq x \leq x_1$ , занятой оболочкой микросферы,

$$\frac{\partial \Theta_s}{\partial \tau} = a_s \frac{\partial^2 \Theta_s}{\partial x^2}; \quad (9)$$

в полимерном материале ( $x_1 \leq x \leq x_2$ )

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 \Theta}{\partial x^2}. \quad (10)$$

Здесь  $\Theta_s = \Theta_s(x, \tau)$ ,  $\Theta = \Theta(x, \tau)$  - температура в оболочке, полимерном материале;  $a_s = \lambda_s / (\rho_s c_s)$  ( $\rho_s \equiv \rho_2, \lambda_s \equiv \lambda_2, c_s \equiv c_2$ ),  $a = \lambda / (\rho c)$ .

В момент времени  $\tau = 0$

$$\begin{aligned} \Theta_s(x, 0) &= \Theta_0 \quad (x_0 \leq x \leq x_1), \quad \Theta(x, 0) = \Theta_0 \quad (x_1 < x < 0), \\ \Theta(x, 0) &= \Theta_1 \quad (0 < x < x_s). \end{aligned} \quad (11)$$

Учитывая, что газ в полости микросферы плохо проводит тепло, конвективный теплообмен отсутствует, на границе  $x = x_0$  запишем:

$$\frac{\partial \Theta_s}{\partial x} = 0. \quad (12)$$

При условии идеального контакта в плоскости соприкосновения полимерного материала и оболочки микросферы

$$x = x_1: \Theta_s = \Theta, \quad \lambda_s \frac{\partial \Theta_s}{\partial x} = \lambda \frac{\partial \Theta}{\partial x}. \quad (13)$$

На подвижной межфазной границе (фронте фазового перехода)  $x_* = x_*(\tau)$ :

$$\begin{aligned} \Theta(x_* - 0, \tau) &= \Theta(x_* + 0, \tau) = \Theta_*, \\ \left( \lambda \frac{\partial \Theta}{\partial x} \right)_{x_*,+} &= \left( \lambda \frac{\partial \Theta}{\partial x} \right)_{x_*,0} + \rho L v(\tau). \end{aligned} \quad (14)$$

Наконец, при  $x = x_s$  в соответствии с (8) имеем

$$\frac{\partial \Theta}{\partial x} = 0. \quad (15)$$

Задачу (9) – (15) можно несколько упростить, если принять во внимание то обстоятельство, что толщина оболочки микросферы  $h_s = x_1 - x_0$  весьма мала, материал ее обладает большой теплопроводностью. В результате, считая слой оболочки термически тонким телом, полагая, что средняя температура его  $\overline{\Theta}_s \approx \Theta_0 + \alpha \tau$ , где  $\alpha$  – средняя скорость нагрева данного слоя на границе  $x = x_1$ , вместо (13) получим условие

$$\lambda \frac{\partial \Theta}{\partial x} \approx \alpha \rho_s c_s h_s = \beta_s. \quad (16)$$

Если далее предположить, что оценки величины  $\beta_s = \beta_s(\tau)$  имеются (скорее всего она мала), то оболочку микросферы из схемы на рис. 2 можно исключить, сведя тем самым задачу (9) – (15) к задаче интегрирования уравнения теплопереноса (10) в слое полимерного материала при начальном условии

$$\Theta(x, 0) = \begin{cases} \Theta_0 & (x_1 \leq x < 0); \\ \Theta_1 & (0 < x \leq x_s). \end{cases} \quad (17)$$

и граничных условиях (16), (14) и (15).

Воспользовавшись решениями [3, 4], учитывая зависимость  $\gamma_m = 0.5x_m / (a\sqrt{\tau_m})$ , найдем

$$x_m = a\sqrt{\pi\tau_m} (2\Theta_* - \Theta_1 - \Theta_0) / (\Theta_0 - \Theta_1). \quad (18)$$

Определим параметр  $\delta_m$ :

$$\delta_m = 2a\sqrt{\pi}(2\Theta_* - \Theta_1 - \Theta_0) / (\Theta_0 - \Theta_1). \quad (19)$$

В силу того, что в соответствии с технологическими требованиями первоначальное движение межфазной границы необходимо обратить с таким расчетом, чтобы расплавить слой полимерного покрытия, ограничим величину  $x_m$ , положив  $x_m = 0.5 x_3$ . Отсюда получим оценку времени  $\tau_m$ :

$$\tau_m = (x_3 / \delta_m)^2.$$

К моменту времени  $\tau = 2\tau_m$  межфазная граница вернется в исходное положение ( $x_* = 0$ ) начнется расплавление материала покрытия. В соответствии с имеющимися решениями расстояние  $h_c = x_c - x_1$  (толщина покрытия)

межфазная граница преодолет за время  $\tau_c = \tau_m \left( \sqrt{1 + \frac{h_c}{x_m}} - 1 \right)$ .

Общее время выполнения операции  $\tau_0 = 2\tau_m + \tau_c$ .

Таким образом, располагая теплофизическими параметрами контактирующих сред, задавшись геометрическими размерами, с помощью полученных зависимостей можно оценить динамику движения межфазной границы, определить время выполнения технологических операций, минимизируя тем самым риски появления дефектов.

### Литература

1. Мазо А.Б., Федяев В.Л., Хисматуллин Н.И. Расчет динамики межфазной границы при контактном плавлении металлов // Модел. нел. проц. в механике и теплотехнике. Труды семинара КФТИ КФАН СССР. – Казань, 1989. Вып. 24. – С. 66-77.
2. Мазо А.Б. Математическое моделирование процессов горячей обработки металлов. Казанский фонд «Математика», 1996. – 209 с.
3. Алишаев М.Г. Движение фронта фазового перехода после контакта твердой и жидкой фаз металла // Изв. высш. учеб. заведений. Черная металлургия, 1986. Вып. 9. С. 35-38.
4. Коздоба Л.А. Методы решения нелинейных задач теплопроводности. М.: Наука, 1975. 228 с.

Исследования выполнены в рамках соглашения №14.583.21.0057.

## ТЕПЛОПЕРЕНОС В СИНТАКТНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПОРОМАТЕРИАЛАХ

Федяев Владимир Леонидович  
Институт механики и машиностроения КазНЦ РАН  
420111, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2/31

Галимов Энгель Рафикович  
Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.  
Туполева – КАИ  
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Самойлов Владимир Маркович  
АО «НИИ Графит»  
111524, г. Москва, ул. Электродная, д.2

Аннотация. Рассматривается теплоперенос в синтактных углеродных пористых материалах. Принимается ряд допущений, касающихся микроструктуры данных материалов, соответствующих механизмов переноса тепла. Приводятся соотношения для оценки эффективной плотности, теплоемкости, теплопроводности материалов с учетом лучистого теплообмена между элементами матрицы. Осуществляется анализ поведения этих параметров в зависимости от структуры, свойств и составляющих синтактного пористого материала.

Annotation. Heat transfer in syntactic carbon porous materials is considered. A number of assumptions are made regarding the microstructure of these materials, the corresponding mechanisms of heat transfer. Relations are given for the estimation of the effective density, heat capacity, thermal conductivity of materials given the radiant heat transfer between matrix elements. The behavior of these parameters is analyzed depending on structure, properties and components of the syntactic porous material.

Ключевые слова: теплоперенос, пористые материалы, синтактные пены, микросферы, модельные задачи.

Известно, что углеродные материалы обладают уникальными свойствами, вследствие чего широко применяются в технике. В настоящее время большой интерес представляют высокопористые углеродные пены [1-6]. Когда материал матрицы пены состоит из углерода и распределенных в нем полых микросфер, имеют место синтактные (синтактические) углеродные пены (СУП).

По сути, СУП являются гетерогенными системами, состоящими из углерода, материала оболочки микросфер, газовой среды, находящейся в полости микросфер, и газообразной или парообразной среды, либо жидкости, пропитывающей СУП. Отличительная особенность этих материалов состоит в том, что свойства СУП можно варьировать в весьма широком диапазоне за счет изменения пористости, обусловленной матрицей как таковой, пропорций между



связующим углеродным материалом и микросферами, их размеров, материала оболочки (углерод, керамика, металл и т.д.), состава газовой среды. В соответствии со сказанным, установление закономерностей поведения теплофизических свойств СУП представляет большой интерес.

Обратимся вначале к матрице СУП. Если свойства материала оболочек микросфер отличаются от свойств углерода, то матрицу можно рассматривать как пористый композит. Предположим, что в контрольном объеме его  $V_k$  расположены достаточно равномерно  $n_g$  микросфер со средним объемом полостей  $V_g$ . Отсюда следует, что микропористость композитного материала будет

$$m_g = n_g \varepsilon_g,$$

где  $\varepsilon_g = V_g / V_k$  - доля объема полости микросферы в контрольном объеме.

Обозначая далее через  $\varepsilon_m = V_m / V_k$  долю материала оболочки микросферы, получим  $\varepsilon_c = V_c / V_k = 1 - n_g (\varepsilon_g + \varepsilon_m)$  ( $V_c$  - объем углерода в  $V_k$ ). Отсюда эффективная плотность пористого композитного материала будет:

$$\rho_k = m_g \rho_g + \rho_{mc}, \quad (1)$$

$\rho_{mc} = n_g \varepsilon_m \rho_m + \varepsilon_c \rho_c$  - эффективная плотность твердой фазы;  $\rho_g, \rho_m, \rho_c$  - плотность газа, материала оболочек микросфер, углерода.

При условии, что в выделенном контрольном объеме перпендикулярно направлению распространения тепла исходный материал трехслойный, для оценки эффективной теплопроводности  $\lambda_{mc}$  слоя, состоящего из материала оболочек микросфер и углерода, получим зависимость:

$$\lambda_{mc} = (1 - m_g) \left/ \left( \frac{n_g \varepsilon_m}{\lambda_m} + \frac{\varepsilon_c}{\lambda_c} \right) \right. \quad (2)$$

Здесь  $\lambda_m, \lambda_c$  - коэффициенты теплопроводности материала оболочки и углерода. Соответственно, эффективный коэффициент теплопроводности

$$\lambda_k = 1 \left/ \left( \frac{m_g}{\lambda_g} + \frac{1 - m_g}{\lambda_{mc}} \right) \right., \quad (3)$$

где  $\lambda_g$  - коэффициент теплопроводности газа.

Согласно принципа аддитивности эффективная удельная теплоемкость пористого композитного материала матрицы СУП будет ( $\rho_g / \rho_k \ll 1$ ):

$$c_k = n_g \varepsilon_m \bar{\rho}_m c_m + \varepsilon_c \bar{\rho}_c c_c, \quad (4)$$

где  $\bar{\rho}_m = \rho_m / \rho_k$ ,  $\bar{\rho}_c = \rho_c / \rho_k$ ;  $c_m, c_c$  - удельная теплоемкость материала оболочки микросфер, углерода.

Рассмотрим далее материал синтактной пены в целом. Предположим, что скорость фильтрации среды, находящейся в порах пены, мала, возможный перенос тепла за счет конвекции также мал. Кроме того, не будем учитывать и кондуктивный теплоперенос при контакте твердой и газовой (жидкой) фаз. В результате, доминирующими в СУП являются теплопроводность и лучистый

теплообмен между более нагретыми и менее нагретыми частями матрицы, при условии, что среда в порах лучепрозрачна [7 – 10].

Отмеченное сочетание двух видов теплопередачи приводит к специфическому характеру поведения теплопроводности материала СУП с ростом температуры. В случае, когда в порах находится газ, при малых температурах теплопроводность мала, поскольку тепловое сопротивление промежутков между частями матрицы весьма велико, поры препятствуют теплопередаче. С ростом температуры  $T$  проводимость резка возрастает ( $\sim T^3$ ). При высоких температурах она становится порядка одного порядка с теплопроводностью материала матрицы, при этом среда, в целом, ведет себя как твердое тело, теплопроводность которого близка к средней теплопроводности  $\lambda_k$ .

Для учета названных особенностей распространения тепла в материале СУП выделим в нем элементарный объем и предположим, что он состоит из частей матрицы, ориентированных в направлении теплового потока  $\xi$ ; частей, расположенных поперек к этому направлению, и промежутков между ними. При этом поры, заполненные газом, составляют последовательную цепь с термическими сопротивлениями  $R_n = 1/4\sigma\varepsilon_n\gamma_n d_n T^3$  [7, 10], где  $\sigma$  – постоянная Стефана-Больцмана,  $\varepsilon_n$  – поправка на неполную черноту пор,  $d_n$  – эквивалентный размер пор в направлении распространения тепла,  $T$  – температура поверхности частей матрицы, близкая к средней температуре материала СУП,  $\gamma_n = \gamma_n(m_n)$  – фактор формы пор, зависящий от пористости  $m_n$  ( $0 < \gamma_n < 1$ ).

В результате, после осреднения по элементарному объему для эффективного коэффициента теплопроводности  $\lambda_s$  получим формулу:

$$\lambda_s = (1 - \varphi_n)\lambda_k + \varphi_n / (R_k + \varphi_{sn}(R_n + R_k)). \quad (5)$$

Здесь  $\varphi_n$  – отношение площади пустот поперечного к тепловому потоку сечения к общей площади сечения,  $\varphi_{sn}$  – отношение длины пустот вдоль продольной линии к общей длине элементарного объема в направлении теплового потока,  $R_k = 1/\lambda_k$ .

Анализируя зависимость (5), убеждаемся, что с увеличением температуры материала СУП коэффициент теплопроводности  $\lambda_s$  значительно увеличивается, стремясь к теоретическому пределу  $\lambda_{\max} = \lambda_k (1 - \varphi_n + \varphi_n / (1 - \varphi_{sn}))$ . Следует отметить, что формула (5) аналогична формуле Лоба для ячеистых тел. Первый член в (5) обусловлен продольно расположенными частями матрицы, второй – остальными составляющими материала.

Если рассмотреть распространение тепла в пористом теле со сквозными отверстиями вдоль потока тепла, то нетрудно убедиться, что

$$\lambda_s = (1 - m_n)\lambda_k + m_n (\alpha_k + 4\sigma\varepsilon_n d_n T^3), \quad (6)$$

где  $\alpha_k$  – коэффициент, учитывающий конвективный теплоперенос.

Другая, более естественная ситуация состоит в том, что распространение тепла в материале СУП моделируется с помощью сплошного тела со

сквозными, но хаотически расположенными относительно направления потока тепла, отверстиями. При этом в (5)  $\mathcal{G}_n = \mathcal{G}_{sn} = m_n$ , эффективный коэффициент теплопроводности

$$\lambda_s = (1 - m_n)\lambda_k + m_n(R_k + m_n(R_n - R_k)). \quad (7)$$

По определению коэффициента температуропроводности материала СУП

$$a_s = \lambda_s / (\rho_s c_s).$$

Здесь эффективная плотность  $\rho_s$  приближенно равна

$$\rho_s \cong (1 - m_n)\rho_k; \quad (8)$$

эффективная теплоемкость

$$c_s = m_n\bar{\rho}_n c_n + (1 - m_n)\bar{\rho}_k c_k \cong (1 - m_n)\bar{\rho}_k c_k, \quad (9)$$

где  $c_n$  – теплоемкость материала газовой фазы, находящейся в порах;  $\bar{\rho}_n = \rho_n / \rho_s$ ,  $\bar{\rho}_k = \rho_k / \rho_s$  – относительные плотности.

Как известно, скорость изменения средней температуры материала описывается зависимостью:

$$c_s \rho_s \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{d\lambda_s}{dT} (\nabla T \cdot \nabla T) + \lambda_s \nabla^2 T, \quad (10)$$

где  $\tau$  – время.

В случае, когда  $d\lambda_s / dT$ , градиент  $\nabla T$  малы, уравнение (10) упрощается:

$$\partial T / \partial \tau = a_s \nabla^2 T, \quad (11)$$

где согласно (8) – (9)

$$a_s = a_k + \frac{\rho_k / \rho_s - 1}{\rho_s c_s R_k + c_s (\rho_k - \rho_s) R_n}, \quad a_k = \frac{\lambda_m}{\rho_k c_s}.$$

Далее предположим, что вдоль поверхности  $\xi = 0$  на выделенный элементарный объем материала действует тепловой поток мощностью  $q$ . При условии, что тепло распространяется в направлении оси  $\xi$ , оценим нагрев рассматриваемого материала, для чего дополним уравнение (11) начальным и граничным условиями:

$$T(\tau = 0) = T_0, \quad -\lambda_s \partial T / \partial \xi \Big|_{\xi=0} = q, \quad T(\xi, \tau) \Big|_{\xi \rightarrow \infty} \rightarrow T_0,$$

где  $T_0$  – начальная температура материала.

Видно, что решение задачи (11), (12) будет:

$$T = T_0 + (2q / \lambda_s) \left( (a_s \tau / \pi)^{1/2} \exp(-\xi^2 / 4a_s \tau) - 0.5 \xi^2 F(\xi / 2(a_s \tau)^{1/2}) \right),$$

где  $F$  – функция ошибок.

Таким образом, получены соотношения для оценки теплофизических свойств специфического материала матрицы СУП с учетом характеристик связующего углерода, оболочек микросфер, находящегося в них газа. Предложены формулы для определения коэффициента теплопроводности, удельной теплоемкости, температуропроводности, применение которых возможно при высоких температурах. Кроме того, представлены альтернативные зависимости. Приведено решение одномерной модельной задачи о нагреве материала СУП, наглядно иллюстрирующее влияние

теплофизических параметров на изменение температуры данного материала с течением времени.

### Литература

1. Федяев В.Л. Получение теплопроводных углеродных пен и их применение в автомобильном транспорте / В.М. Самойлов, Е.А. Данилов, Э.Р. Галимов, В.Л. Федяев, М.А. Орлов // Материалы Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2016» (МНТК «ИМТОМ–2016»). Ч. 2. – Казань, 2016.с. 211 – 214.

2. Michio Inagaki, JieshanQiu Qiu, Quangui Guo. Review Carbon foam: Preparation and application. Carbon v. 87 (2015) pp.128 –152.

3. Nidia C. Gallego and James W. Klett. Carbon foams for thermal management. International Seminar on Advanced Applications for Carbon Materials. Jeju Island, Korea. September 12-13, 2002.

4. J. Klett, R. Ott, and A. McMillan, Heat exchangers for heavy vehicles utilizing high thermal conductivity graphite foams, SAE Technical Paper 2000-01-2207, 2000.

5. D. Jurchenko, K. Kelley Carbon foam liberates lead-acid batteries for emerging military missions Defense Electronics, June 2007, 706RFDEF3.indd <http://www.rfdesign.com/>.

6. Almajali M. Mechanical properties of copper-coated carbon foams / M. Almajali, K. et. al. // Carbon. 2010. Vol. 48. Pp. 1604 – 1608.

7. Чудновский А.Ф. Теплопроводность в дисперсных средах. М.: Гостехиздат, 1954.

8. Дульнев Г.Н., Новиков В.Н. Процессы переноса в неоднородных средах. Ленинград: Энергоатомиздат, 1991.

9. Павлокевич Н.В. Введение в теорию тепло- и массопереноса в пористых средах. Минск: Изд-во ИТМО НАНБ, 2002.

10. Гринчук П.С. Контактная теплопроводность при высокотемпературном теплопереносе в волокнистых теплоизоляционных материалах // Инж.-физ. журнал. 2014. Том 87. №2. С. 466 – 472.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы», соглашение №14.583.21.0057 от 28 июля 2016 г. (Идентификатор проекта RFMEF158316X0057).

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛИЯНИЯ СВЯЗУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ СИНТАКТНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПЕН

Федяев Владимир Леонидович  
Институт механики и машиностроения КазНЦ РАН  
420111, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2/31

Галимов Энгель Рафикович  
Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.  
Туполева – КАИ  
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Орлов Максим Андреевич,  
МИЦ МГТУ им. Н.Э. Баумана  
105005, г. Москва, 2-я Бауманская, 5

Самойлов Владимир Маркович  
АО «НИИ Графит»  
111524, г. Москва, ул. Электродная, д.2

Аннотация. Рассматриваются процессы слипания, слияния размягченного (разжиженного) материала покрытия микросфер как в отсутствие внешнего воздействия, так и при его наличии. Выделяется ячейка периодичности, описывается динамика изменения формы поверхности раздела жидкой и газовой фаз. В качестве внешних факторов, приводящих к усадке слоя микросфер с покрытиями, выделяются тепловое и механическое воздействие. Представляются соотношения для оценки усадки ячейки периодичности, определения влияния названных факторов, вязкости, поверхностного натяжения на пористость материала слоя.

Annotation. The processes of adhesion and fusion of a softened (liquefied) coating material of microspheres are considered both in the absence of an external impact, and in its presence. The periodicity cell is identified, the dynamics of the change in the form of the interface between the liquid and gas phases is described. As external factors leading to shrinkage of the microsphere layer with coatings, thermal and mechanical effects are distinguished. Relations are presented for estimating the shrinkage of the periodicity cell, determining the influence of the named factors, viscosity, surface tension on the porosity of the layer material.

viscosity, surface tension on the porosity of the layer material.

Ключевые слова: математическое моделирование, слияние, материалы, углеродные пены, микросферы.

**Введение.** Пены – одна из разновидностей пористых материалов, широко представленных в природе и технике. Как и в любой пористой структуре в пене можно выделить две основные составляющие: твердый каркас (матрица,

скелет) и жидкую (обычно газообразную) среду, находящуюся в порах (полостях), образуемых материалом каркаса. В пределе возможна ситуация, когда в порах среда отсутствует (вакуум) либо содержание ее (концентрация) настолько мала, что может не учитываться. Вместе с тем, достаточно часто встречаются случаи, когда в порах находятся и жидкость и газ (пар). Пены, согласно одного из определений, представляют собой высококонцентрированные грубодисперсные системы, в которых дисперсионная среда – твердый материал или жидкость, а дисперсная фаза – газ. Основной отличительный признак пены состоит в том, что она обладает большой пористостью (макропористость ее  $m_p > 0.5$ ).

В зависимости от условий получения можно разделить пены на два вида: природные и технические. В окружающей нас природе это морская, реже речная пена, наблюдаемая часто вблизи береговой кромки; магма, потоки которой вырываются из вулканов.

В застывшем (затвердевшем) состоянии материал магмы представляет собой пемзу. Здесь необходимо отметить еще одно отличие пены от пористых материалов как таковых: материал каркаса пены может быть как жидким (текучим), так и твердым деформируемым. Возможно, с большой натяжкой, пеней являются биологические ткани легких, средней части костей человека и животных, стеблей растений и т.д. Безусловно, специфичны условия их формирования, функционирования и свойства.

Примеров пенных материалов, применяемых в повседневной жизни, при реализации технологических процессов, изготовлении и эксплуатации различных технических объектов гораздо больше: системы тушения пожаров, флотационные технологии очистки жидких сред, извлечения из них ценных компонент; губки, теплоизоляционные и строительные материалы (пенопласт, пенобетон, керамзит и пр.); пенные материалы, используемые для смягчения, демпфирования нагрузок и т.д.

Особое место среди пеноматериалов занимают синтактические (синтактические) углеродные пены. Обусловлено это, во-первых, тем, что углерод сам по себе обладает уникальными эксплуатационными свойствами, во-вторых, материал каркаса этой пены состоит из углерода, выступающего в качестве связующего находящихся в нем полых микросфер размером порядка 10 – 50 мкм. В свою очередь, оболочки микросфер могут быть из металла, керамики, углерода, других материалов. Таким образом, данные пены характеризуются, с одной стороны, названной выше макропористостью  $m_p$  (размеры пор около 1 ÷ 5 мм) и микропористостью  $m_m$ , размеры микропор, естественно, несколько меньше размеров микросфер.

К настоящему времени существует ряд технологий получения синтактических углеродных пен [1]. В данной работе акцентируется внимание на одной из стадий технологии, в которой исходным сырьем являются микросферы со слоем полимерного покрытия. Основная технологическая задача реализации данной стадии – получение монолитного полимерного материала, содержащего, по возможности, равномерно распределенные микросферы. Выделим два варианта решения этой задачи: за счет слипания

частиц при размягчении материала покрытия и путем слияния разжиженных слоев покрытия.

**Слипание частиц, содержащих микросферы.** Для математического описания процесса слипания названных частиц в насыпном слое перейдем от реальной макропористой среды к фиктивной, пустоты которой представляют собой равномерно распределенные по объему газовые сферические полости диаметром  $d_n$  [2]. Если реальный слой частиц с диаметром  $d_p$  имеет ромбоэдрическую укладку, то нетрудно убедиться, что диаметр макропор фиктивного материала будет:

$$d_n = d_p \left( \left( 6 \sin^2 \theta \sqrt{1 + \cos \theta} / (\pi (1 + \cos \theta)) \right)^{-1} \right)^{1/3}, \quad (1)$$

где  $\theta$  – угол, характеризующий особенности укладки сферических частиц ( $60^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ ). Приблизительно

$$d_n \approx (1 - 0.22 \cos \theta) d_p. \quad (2)$$

Отсюда начальная макропористость среды

$$m_{n0} \approx 0.5 - 0.33 \cos \theta. \quad (3)$$

Отметим, что данные сферические макропоры всего лишь эквивалентны полостям весьма сложной формы исходной реальной насыпной среды.

Следуя [3], для описания динамики изменения с течением времени  $t$  эквивалентного радиуса сферической поры  $a = a(\tau)$  воспользуемся уравнением:

$$da/d\tau = -3\kappa\sigma/(4\eta), \quad (4)$$

где  $\eta$  – вязкость полимерного материала покрытия,  $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения на межфазной границе,  $\kappa$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние внешних факторов на процесс слипания частиц.

В результате интегрирования уравнения (4) при условии, что в начальный момент времени радиус  $a = a_0$ , в течение времени  $\tau$  значения  $\eta$ ,  $\sigma$  близки к своим средним значениям  $\bar{\eta}$ ,  $\bar{\sigma}$ , получим:

$$a = a(\tau) = a_0 - K_0\tau, \quad (5)$$

где  $K_0 = 3\kappa\bar{\sigma}/4\bar{\eta}$ .

Из (5) видно, что время полного слипания содержащих микросферы частиц ( $a = 0$ ) будет:

$$\tau_{nc} = a_0/K_0.$$

В случае, когда в начальный момент времени  $\tau = 0$  укладка сферических частиц насыпного слоя с радиусом  $r_p$  ромбоэдрическая,  $a_0 = 0.5d_n$  (см. (1)), имеем

$$\tau_{nc} \approx 1.33(1 - 0.22 \cos \theta) \bar{\eta} r_p / (\kappa \bar{\sigma}).$$

Как следует из этой формулы, время слипания частиц будет тем меньше, чем меньше размеры частиц  $r_p$ , средняя вязкость полимерного материала  $\bar{\eta}$ , больше среднее поверхностное натяжение  $\bar{\sigma}$ . Сказанное вполне согласуется с имеющимися физическими представлениями. Что же касается параметра  $\kappa$ , можно предположить зависимость его от отношения давлений  $\bar{p} = p_c/p_n$ , где

$p_n, p_c$  соответственно давление в пороговом пространстве и в размягченном полимерном материале слоя покрытия микросфер. В частности,

$$\kappa = k \cdot \bar{p}.$$

Здесь  $k$  – эмпирический коэффициент, давления  $p_n, p_c$  характеризуют внешнее воздействие на среду.

Необходимо также иметь ввиду, что по ходу рассматриваемого процесса температура  $T$  пористой среды может меняться, соответственно,  $\bar{\eta} = \bar{\eta}(T)$ ,  $\bar{\sigma} = \bar{\sigma}(T)$ ,  $\bar{p}_n = \bar{p}_n(T)$ ,  $\bar{\kappa} = \bar{\kappa}(T)$ . Если в течение выделенного времени изменение данных величин сравнительно мало, то с определенной степенью точности приведенные выше соотношения применимы.

**Слияние частиц с разжиженным слоем покрытия.** В момент соприкосновения сферических поверхностей разжиженных поверхностных слоев частиц выделим ячейку периодичности, заключенную между шестью проходящими через центры соседних частиц плоскостями. В состав данной ячейки входят восемь сферических сегментов и газовая полость, ограниченная восемью сферическими поверхностями, шестью участками секущих плоскостей.

Сразу после соприкосновения соседних сферических сегментов в зависимости от величины в этот момент давления  $p_{n0}$  в поровом пространстве возможны два варианта протекания процесса слияния частиц. Если давление  $p_{n0}$  мало, газ в макрополостях разряжен, межфазная поверхность остается выпуклой, поровое пространство будет иметь сложную формулу. Для математического описания слияния частиц в данной ситуации удобно воспользоваться моделью идеальной (трубчатой) пористой среды [2]. При этом в начальный момент времени радиус каналов названной среды согласно формулы Козени будет:

$$r_{n0} = 2m_{no} r_p / (3(1 - m_{no})). \quad (6)$$

Возможна и другая оценка радиуса  $r_{n0}$  [2, 4]:

$$r_{n0} \approx 2.83 \sqrt{k_n / m_{no}}, \quad (7)$$

где  $k_n$  – коэффициент проницаемости насыпного слоя.

Далее, предполагая, что в круговом поперечном сечении порового канала действует зависимость аналогичная (4), где радиус сферы  $a$  заменяется на текущий радиус сечения канала  $r_n$ , найдем:

$$r_n = r_n(\tau) = r_{n0} - K_0 \tau. \quad (8)$$

Отсюда время полного слияния частиц полимерного материала

$$\tau_{nc} = r_{n0} / K_0 = 8m_{no} \bar{\eta} r_p / (9\kappa \bar{\sigma} (1 - m_{no})). \quad (9)$$

Подставляя в соотношение (9) зависимость (3), приближенно получим:

$$\tau_{nc} \approx 0.89 (1 - 0.66 \cos \theta)^2 \bar{\eta} r_p / (\kappa \bar{\sigma}). \quad (10)$$

Сравнивая формулы для времени слипания и (10) убеждаемся, что время полного слияния частиц, в общем, меньше, чем их слипания.

В случае, когда давление  $p_{n0}$  в поровом пространстве повышенное, после соприкосновения соседних сферических сегментов вблизи точек касания



материал полимерного слоя под действием капиллярных сил смыкается, формируются участки с кривизной, обратной кривизне исходных сферических поверхностей. Очевидно, что межфазная границы с кривизной разного знака будет неустойчивой, и за сравнительно короткий промежуток времени примет форму, близкую к сферической. Нетрудно убедиться, что радиус ее

$$r_{n0} = r_p \sqrt[3]{(6/\pi) - 1}. \quad (11)$$

В соответствии с формулой Лапласа на данной сферической поверхности

$$p_{n0} - p_{c0} = 2\sigma/r_{n0}. \quad (12)$$

Здесь  $p_{c0}$  – давление в жидком материале слоя покрытия к началу действия внешних факторов.

Поскольку радиус  $r_{n0}$  сферической полости, находящейся в центре выделенной ячейки периодичности, меньше ее поперечных размеров, эти полости замкнуты (пузыри), изменять давление газа в них по ходу технологической операции, в общем, возможно лишь путем нагрева либо охлаждения пористой среды. В отсутствие фазовых переходов на границе раздела фаз согласно закона Клапейрона – Менделеева давление в полости

$$p_n = RM_n T / V_n, \quad (13)$$

где  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $M_n$  – масса газа в полости,  $V_n$  – ее объем.

Заменяя в (12) величины  $p_{n0}$ ,  $p_{c0}$ ,  $r_{n0}$  на текущие значения  $p_n$ ,  $p_c$ ,  $r_n$ , подставляя давление  $p_n$  (13), для отыскания радиуса  $r_n$  полости получим уравнение:

$$4\pi p_c r_n^3 + 2\sigma r_n^2 = 3RM_n T. \quad (14)$$

Очевидно, что изменение радиуса  $r_n$  будет небольшим, поэтому запишем:  $r_n = (1 + \varepsilon_n)r_{n0}$ , где  $\varepsilon_n$  – малая величина. После ряда преобразований, отбрасывания малых величин, для оценки  $\varepsilon_n$  найдем соотношение:

$$\varepsilon_n \approx 0.25(3RM_n T - 2(2\pi p_c + \sigma)) / (3\pi p_c + \sigma). \quad (15)$$

Из (15) видно, что с ростом температуры  $T$  при неизменных прочих параметрах  $\varepsilon_n$ , а значит и радиус  $r_n$ , увеличиваются. Наоборот, при увеличении коэффициента поверхностного натяжения  $\sigma$ , давления  $p_c$  параметр  $\varepsilon_n$  уменьшается.

**Закключение.** Таким образом, получены соотношения для определения время полного слипания, слияния полимерного материала покрытия микросфер, оценки влияния на эти процессы исходных размеров частиц, их укладки, вязкости материала, поверхностного натяжения на межфазной поверхности. Установлена зависимость, характеризующая изменение размеров газовой полости в ячейке периодичности при слиянии частиц в ходе нагрева (охлаждения) пористой среды, воздействия на нее механических нагрузок. Данные соотношения, зависимости могут быть полезны при выборе рациональных технологических режимов производства изделий из синтактных углеродных пен.

## Литература

1. Самойлов В.М. Получение теплопроводных углеродных пен и их применение в автомобильном транспорте / В.М. Самойлов, Е.А. Данилов, Э.Р. Галимов, В.Л. Федяев, М.А. Орлов // Материалы Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2016» (МНТК «ИМТОМ–2016»). Ч. 2. – Казань, 2016.с. 211 – 214.
2. Полубаринова – Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. М.: Наука, 1977. – 664 с.
3. Яковлев А.Д. Порошковые краски. Л.: Химия, 1987. – 216 с.
4. Белов С.В. Пористые металлы в машиностроении. М.: Машиностроение, 1981. – 247 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы», соглашение №14.583.21.0057 от 28 июля 2016 г. (Идентификатор проекта RFMEF158316X0057).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНИЧНЫХ СЛОЕВ ФОРМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОТЛИВКЕ ТИТАНА

Хатмуллина А.И., Петров Е.Ю., Ляхович А.М.

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Россия, 420008  
г. Казань, ул. Кремлевская 18

**Аннотация.** Методом электронной микроскопии с системой зондового микроанализа исследованы граничные слои форм, используемых для отливок из титана. Установлена миграция, как компонентов форм, так и добавок титанового сплава в поверхностные слои форм.

**Abstract.** Boundary layers of the mold used for castings from titanium have been investigated by the method of electron microscopy with a system of probe microanalysis. Migration both components of mold and additives of titanium alloy is established to the surface layers of the form.

**Ключевые слова:** титан, форма для отливки, электронная микроскопия.

### Введение

Титан – металл, который имеет малый удельный вес (плотность титана составляет около  $4,5 \text{ г/см}^3$ ), но при этом отличается высокой удельной прочностью. Чистый титан обладает высокими пластическими характеристиками. Прочная тонкая оксидная пленка на поверхности титана

обеспечивает очень высокую коррозионную стойкость. Титан и сплавы на его основе являются важным конструкционным материалом для авиационной, космической, подводной техники и т.д. Основной проблемой титановых сплавов является образование диффузионного газонасыщенного слоя, обладающего высокой твердостью, пониженной пластичностью, склонностью к трещинообразованию, называемого «альфированным слоем». Образование его происходит при отливке, вследствие миграции элементов литейной формы и окружающей среды. Толщина альфированного слоя может достигать несколько мм.

Цель работы: исследование граничных слоев форм, используемых при отливке титана для выявления процессов, происходящих при формировании альфированного слоя.

#### **Экспериментальная часть.**

В данной работе исследовалась литейная форма, состоящая из окислов: MgO (92,3 %), CaO (3,2 %), SiO<sub>2</sub> (2,2 %), Na<sub>2</sub>O (SiO<sub>2</sub>)<sub>n</sub> (2,3 %). Рассчитанное содержание химических элементов Mg:O:Si:Ca:Na(ат.%) в форме составляет 47,31:50,0:0,76:1,17:0,76. Форма спекается при температуре 1000±50 °С в течение 6 часов. Перед спеканием форма насыщается углекислым газом для схватывания компонентов формы. Охлаждение формы происходит в печи в течение 10 ч.

Изучались образцы двух типов: исходная литейная форма (Рис.1а) и форма после контакта с титановой отливкой (Рис.1б). Для исследования рельефа, элементного состава поверхности и поперечного сечения формы использовался сканирующий (растровый) электронный микроскоп “EVO 50 XVP” (Carl Zeiss), оснащенный системой зондового микроанализа “INCA Energy – 350”.

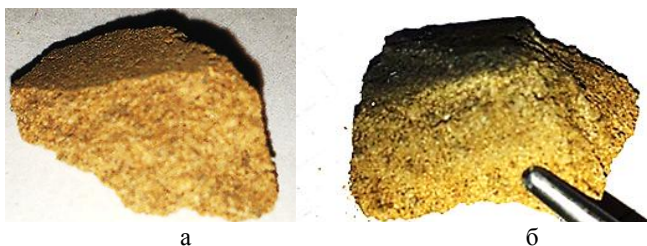


Рис. 1. Исследуемые образцы исходной формы (а) и формы после контакта с отливкой (б).

#### **Результаты исследования.**

При рассмотрении исходной формы исследовались 3 области поверхности (рис.2а) и 6 областей поперечного сечения (Рис.2б).

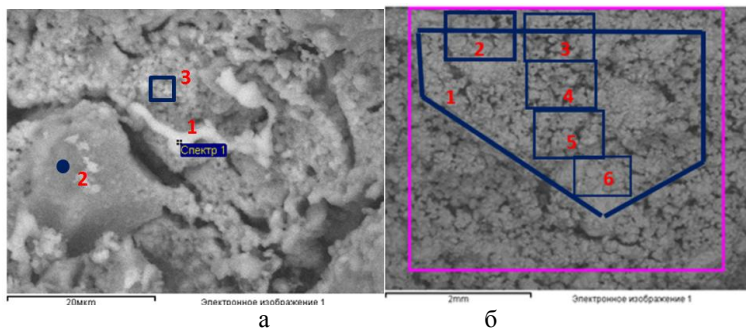


Рис.2 Изображение поверхности (а) и поперечного сечения (б) формы до контакта с отливкой.

Установлено, что в образце имеется большое количество пор, расположенных по всему объёму. На поверхности формы обнаружено существование областей с различными структурами. Рельеф поперечного сечения формы достаточно однороден.

Исследование областей поверхности с различной структурой показало, что они различаются по элементному составу (Табл.). Для первого участка характерно превышение концентрации О и Са при пониженном содержании Mg по сравнению с расчетным и средним значением концентрации. Значительное увеличение кислорода, возможно, связано как с образованием окислов с высшей степенью окисления, так и с образованием солей угольной кислоты. Угольная кислота образуется в процессе взаимодействия углекислого газа с водой, присутствующей в форме.

Таблица

Элементный состав (ат.%) поверхности формы до контакта с отливкой

Элемент	области			среднее	
	1	2	3	поверхность	расчет
O	64.6	46.9	57.8	59.3	<b>50.4</b>
Ra	3.0	5.1	4.0	3.5	-
Mag	18.2	35.5	25.6	26.6	<b>47.7</b>
Si	3.8	7.8	5.8	6.4	<b>0.8</b>
Ci	9.4	1.3	4.1	3.2	<b>1.2</b>
Fe	1.0	2.5	2.7	0.5	-
O*	<b>63.0</b>	<b>70.1</b>	<b>57.6</b>	<b>56.75</b>	-

\* - в случае максимального окисления элементов.

На втором участке содержание Si, Na больше, чем на первом участке; для третьей области характерно промежуточное, между первой и второй областью, содержание элементов.

Количественное исследование элементного состава поперечного сечения показало, что он близок к среднему значению состава поверхности и практически одинаков на рассмотренной глубине (Рис.3).

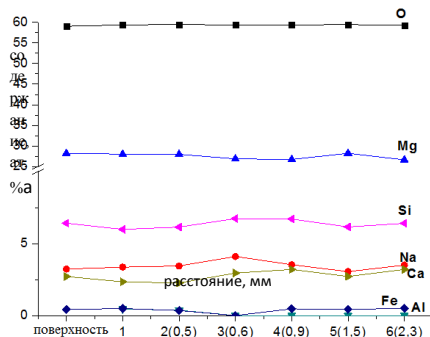


Рис.3. Профиль изменения элементного состава формы.

При изучении формы после контакта ее с отливкой титана были исследованы 4 области поверхности (Рис.4а) и 5 участков поперечного сечения (Рис.5а). Рельеф поверхности образца неровный, имеются углубления и возвышенности, для которых характерен разный элементный состав (Рис.4б). Это свидетельствует о том, что отрыв формы от отливки происходит по слоям, расположенным на различных расстояниях от отливки. Присутствие титана на поверхности отрыва формы может быть связано с миграцией его из отливки.

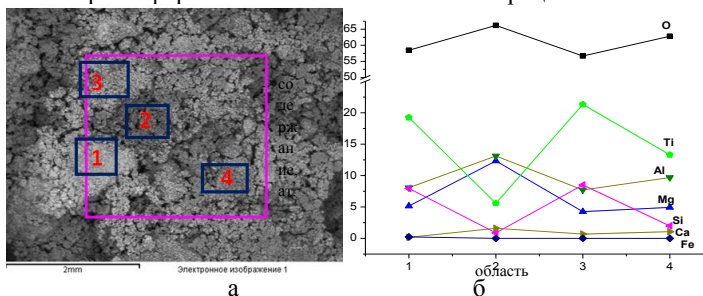


Рис.4. Изображение рельефа (а) и элементный состав (б) исследуемых областей поверхности после контакта с отливкой

Поперечное сечение формы после контакта с отливкой имеет однородную структуру. Распределение элементов по поперечному сечению одинаково и схоже с составом поперечного сечения формы без контакта с отливкой. Из этого следует, что межфазный слой, оставшийся на поверхности отливки, очень тонкий; большая часть межфазного слоя осталась на отливке.

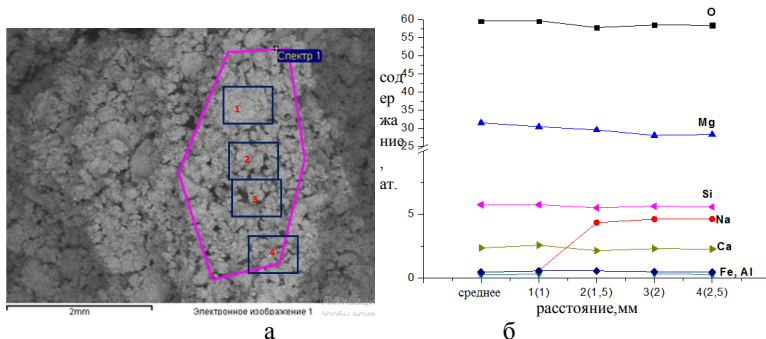


Рис.5. Изображение поперечного сечения (а) и элементный состав (б) исследуемых областей после контакта с отливкой

### Выводы.

В исходной литевой форме имеется миграция O, Si, Ca и Na в граничный слой толщиной до 3 мм из объёма. На поверхности формы имеются области, характеризующиеся различной структурой.

После контакта формы с отливкой наблюдается обратная миграция титана в поверхностные слои формы. При отслаивании отливки от формы большая часть межфазного слоя осталась на отливке.

Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России 11.1300.2017/4.6

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ПОСРЕДСТВОМ ШНЕКОВЫХ ВСТАВОК

Хуснутдинова Эльвира Мусавировна  
 Коначина Ирина Александровна  
 Хамидуллина Гульнара Рафкатовна  
 Казанский (Приволжский) федеральный университет  
 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18

Вачагина Екатерина Константиновна  
 Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Казанский  
 научный центр Российской академии наук  
 240111, г. Казань, а/я 261, ул. Лобачевского, д.2/31

**Аннотация.** Рассмотрен метод интенсификации теплообмена при ламинарных течениях высоковязких неньютоновских сред с использованием шнековых вставок. Данный метод интенсификации относится к методам

закрутки потока, при котором создается вращательное движение жидкости по всему поперечному сечению канала и является наиболее актуальным для высоковязких сред.

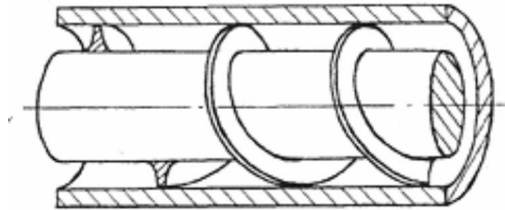
**Abstract.** The method of heat exchange intensification under laminar flows of high-viscosity non-Newtonian liquid with the use of auger inserts is considered. This method of intensification refers to methods of swirling the flow, which creates a rotational motion of the fluid throughout the entire cross section of the channel and is most relevant for high viscosity liquid.

**Ключевые слова:** интенсификатор, шнековая вставка, ламинарное течение, нефть.

Одна из важнейших задач, стоящих перед предприятиями энергетического комплекса страны - поиск новых путей рационального использования энергетических ресурсов. Наиболее перспективный путь снижения массы и габаритных параметров теплообменного оборудования – интенсификация теплообмена. Описание различных типов интенсификаторов приведены, в частности, в работах Назмеева Ю.Г., Бергласа А.Е., Митрофановой О.В., Дрейцера Г.А. и других авторов [1-3].

Применительно к течению однофазных теплоносителей используются шероховатые и развитые путем оребрения или создания впадин поверхности, закрутка потока спиральными ребрами, шнековыми устройствами, завихрителями, установленными на входе в канал, подмешивание к потоку жидкости газовых пузырей, а к потоку газа – твердых частиц или капель жидкости, вращение или вибрация поверхности теплообмена, пульсация потока теплоносителя, воздействие на поток электростатических полей, отсос потока из пограничного слоя, струйные системы. Эффективность этих способов различна, как правило, удается увеличить теплоотдачу до 2-3 раз, при этом для различных способов интенсификации затраты энергии существенно отличаются [1].

Область ламинарных течений является перспективной областью, где разработка и анализ способов повышения эффективности теплообменной аппаратуры является весьма актуальной задачей. Ламинарным течениям свойственны низкие коэффициенты теплоотдачи. Скорость потока и температура теплоносителя изменяются по всей высоте канала, так что термическое сопротивление составляет весь пограничный слой, который может занимать все сечение трубы или канала. Следовательно, мелкая шероховатость на поверхности теплообмена не эффективна для интенсификации теплоотдачи при ламинарных течениях [2]. Ориентируясь на эти особенности, можно выделить метод интенсификации конвективного теплообмена с закруткой потока с применением шнековых вставок [3]. Закрутка потока с помощью вставленного в трубу шнека значительно повышает энергетическую эффективность теплообмена по отношению к незакрученному потоку.



**Рис. 1. Закручивающее устройство - шнековая вставка в круглой трубе**

В последние годы, в связи с бурным развитием численных методов и вычислительной техники появилась возможность проведения расчетов для анализа структуры винтовых течений с высокой степенью детализации и сравнительного анализа эффективности различных конструкций интенсификаторов.

Ожидается, что применение шнековых вставок с несколькими заходами шнекового «ребра» позволит усилить эффект интенсификации за счет более интенсивного воздействия на поток. Исследование данного эффекта требует разработки адекватных натурным процессам математических моделей и методов теплогидравлического расчета.

Для исследования интенсификации процессов теплообмена при течении высоковязкой нефти и нефтепродуктов с помощью многозаходных шнековых вставок поставлены следующие актуальные задачи:

1. Разработка математической модели гидродинамики и теплообмена при неизотермическом течении неньютоновской жидкости в канале с трехзаходными шнековыми вставками.

2. Адаптация коммерческого программного комплекса Comsol Multiphysics к решению поставленной задачи.

3. Численное и экспериментальные исследования неизотермического течения высоковязкой нефти в каналах со шнековыми вставками для различных геометрических и режимных параметров.

4. Анализ полей завихренности, профиля температуры и скорости по результатам численных исследований.

5. Оценка влияние угла наклона ребра шнековой вставки, шага закрутки, и межтрубного пространства на поля завихренности, профили температуры, скорости и теплогидравлическую эффективность теплообменного оборудования.

6. Обобщение и оценка полученных результатов численных и экспериментальных исследований.

7. Разработка рекомендаций по использованию шнековых вставок для подогрева нефти и нефтепродуктов на перекачивающих станциях.



Основным эффектом, влияющим на теплогидравлические характеристики интенсифицируемых каналов [4], является снижение гидравлического сопротивления каналов (внутреннее течение) и затрачиваемой мощности на транспортировку нефти и нефтепродуктов при прочих равных условиях.

### Литература

1. Кадыйров А.И. Гидродинамическая структура потока вязкой жидкости в каналах с интенсификаторами в виде шнековой вставки / А.И. Кадыйров, Г.Р. Халитова, Е.К. Вацагина // Труды Академэнерго. Издательство: Исследовательский центр проблем энергетики Казанского научного центра РАН (Казань) – 2016. – 58-74 с.

2. Попов И.А. Физические основы и промышленное применение интенсификации теплообмена: Интенсификация теплообмена: монография / И.А. Попов, Х.М. Махьянов, В.М. Гуреев // Казань: Центр инновационных технологий, 2009. – 560 с.

3. Назмеев Ю.Г. Теплообмен при ламинарном течении жидкости в дискретно-шероховатых каналах / Ю.Г. Назмеев // М.: Энергоатомиздат, 1998. - 376 с.

4. Khusnutdinova E.M. Comparative Analysis of Thermohydraulic Performance of Enhanced Viscous Oil and Oil Product Heaters / E.M. Khusnutdinova, I.A. Konakhina, A.F. Khamidullina // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. - Art. № 012046.

## СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В УСЛОВИЯХ ПОДОГРЕВА И МЕТОДЫ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Хуснутдинова Э.М., Коначина И.А., Хамидуллина Г.Р., Мамонова А.О.  
Казанский (Приволжский) федеральный университет  
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18

**Аннотация.** Рассмотрены способы транспортировки нефти по трубопроводам. Особое внимание уделено на процессы сложного реологического поведения высокопарафинистых нефтей. Выявлены оптимальные методы применимые для транспортировки высоковязкой нефти с помощью интенсификаторов.

**Abstract.** Methods of oil transportation through pipelines are considered. Particular attention is paid to the processes of complex rheological behavior of highly paraffinic oils. Optimal methods applicable for transportation of high-viscosity oil with the help of intensifiers are revealed.

**Ключевые слова:** транспортировка по трубопроводам, высокопарафинистая нефть, способ интенсификации

С каждым годом в нашей стране и за рубежом наблюдается существенное увеличение объёмов добычи трудноизвлекаемых запасов. В их число входит тяжёлая нефть с вязкостью 30 мПа·с и выше, содержащая большое количество парафина и застывающая при сравнительно высоких температурах. Запасы таких видов нефти составляют около одного трлн. тонн и превышают объём остаточных извлекаемых запасов нефти малой и средней вязкости более чем в пять раз.

Эксплуатация нефтяных месторождений невозможна без решения вопроса о способе транспортировки. Трубопроводный транспорт нефти является самым экономичным способом доставки этих природных энергоносителей до места их дальнейшей переработки. Однако наличие технологических ограничений, связанных с реологическими свойствами высоковязкой жидкости, является основным препятствием для транспортировки по трубопроводам обыденным методом. Для увеличения эффективности процесса перекачивания вязкие и высоковязкие нефти подвергаются предварительной обработке, позволяющей увеличить текучесть жидкости и уменьшить гидравлическое сопротивление трубопровода. К ним относятся перекачка с разбавителями, с депрессорными присадками, термическая обработка нефти, предварительный нагрев нефти и применение интенсификатора работающего по принципу винтовой закрутки потока.

На территории России функционирует ряд магистральных трубопроводов для перекачки вязкой нефти от месторождения до места дальнейшей переработки, где используются различные методы транспортировки.

Наибольшей доступностью отличается технология применения углеводородных разбавителей, в качестве которых, как правило, выступают газовый конденсат или маловязкие нефти. Смешивание высоковязкой транспортируемой жидкости с разбавителем существенно влияет на ее реологические свойства, снижает не только значение её вязкости, но и значение температуры застывания нефти. Это обусловлено, в первую очередь, понижением концентрации парафина в смеси, что происходит за счёт растворения легкими фракциями разбавителя некоторых его частей. Кроме того, содержание асфальто-смолистых веществ в маловязкой жидкости, используемой в качестве растворителя, влияет на рост кристаллов парафина и препятствует образованию его прочной структурной решетки.

Практикуемым методом для улучшения реологических параметров перекачиваемой нефти, является применение особых химических реагентов (депрессорных присадок). Депрессаторы — это высокомолекулярные нефтерастворимые вещества, способные при введении в небольших количествах в нефть с высоким содержанием парафина уменьшить ее температуру застывания, вязкость и предельное напряжение сдвига. Типичным природным депрессатором являются асфальто-смолистые вещества, содержащиеся в нефти. Поэтому одним из способов улучшения реологических свойств высокопарафинистой нефти является добавка к ней продуктов, богатых этими веществами — гудрона, битума.

Перекачка высоковязкой нефти с подогревом, также называемая «горячая перекачка», в настоящее время является наиболее распространенным способом трубопроводного транспорта этих продуктов. Этот способ предусматривает нагрев нефти либо непосредственно перед ее закачкой в трубопровод, либо вдоль всей трассы.

На практике наиболее применим первый вариант «горячих» трубопроводов, где устанавливаются станции 3 видов: насосно-тепловые — для подогрева и перекачки продукта, тепловые — только для подогрева и насосные — только для перекачки продукта [2]. Повышение температуры нефти может осуществляться как в резервуарах, так и в специальных печах парового или огневого типа, соответственно расположенных в начале трубопровода и в нескольких пунктах по его трассе.

Резервуары, куда попадает нефть с промысла, оборудованы паровыми подогревательными устройствами змеевикового или секционного типа, позволяющими поддерживать температуру транспортируемой продукции для откачивания ее подпорными насосами. Эти наносы прокачивают нефть через дополнительные подогреватели и подают на прием основных насосов, после чего она попадает в магистральный трубопровод [4].

Однако в процессе движения происходит остывание нефти за счет теплообмена с окружающей средой. В результате этого возникает необходимость периодического подогрева высоковязкой жидкости для предотвращения ее застывания и дальнейшего свободного движения. Такие дополнительные пункты тепловой обработки устанавливаются через каждые 25-100 км вдоль всей трассы.

В результате нефть закачивается в резервуары конечного пункта, которые также оборудованы системой подогрева.

Во втором варианте роль теплообменника играет трубопровод-спутник, по которому перекачивается теплоноситель. Он, как правило, прокладывается параллельно нефтепроводу или размещается на его поверхности, на котором нанесено теплоизоляционное покрытие, сокращающее потерю теплоты на горячих трубопроводах. Теплоносителями обычно служат пар, горячая вода и другие нагретые жидкости [2].

«Горячая перекачка» получила широкое распространение как в России, так и за рубежом за счет своей простой и отработанной технологии, но остается актуальной проблема с обеспечением надежности конструкций [1].

Значительные энергозатраты связаны с необходимостью преодоления сил вязкого трения, с этой целью широко применяется терморазогрев нефтей, способствующий снижению их эффективной вязкости [5]. Процесс термообработки заключается в нагреве нефти до температуры, при которой растворяются содержащиеся в ней твердые парафиновые углеводороды, и охлаждении с заданной скоростью в определенном состоянии.

Улучшение реологических свойств нефти связано с происходящими в результате термообработки внутренними изменениями. При охлаждении нефти естественным путем выделяющиеся кристаллы парафина соединяются

между собой, тем самым образуя структурную решетку, прочность которой зависит от концентрации парафина в нефти. Нагревание нефти в процессе обработки способствует полному растворению содержащихся в ней твердых парафинов, а при дальнейшем охлаждении нефти наблюдается кристаллизация парафинов. Эффективность подобной технологии напрямую зависит от температур обработки, которые тщательно подбираются экспериментальным образом для каждого нефтепродукта. Как показывает опыт, охлаждение нефти наилучшим образом проводить в статичном состоянии.

Реологические параметры нефти, полученные после тепловой обработки, с течением времени восстанавливаются до исходных значений. Во избежание опасности «замораживания» трубопровода необходимо точно знать сроки восстановления свойств нефтепродуктов, которые различны для каждого из них. Если же описываемые параметры на протяжении длительного времени остаются неизменными, то такую нефть можно транспортировать по нефтепроводу как обычную маловязкую жидкость [3].

Сравнительный анализ технологий транспортировки высоковязкой нефти показывает, что термообработка является одним из самых дорогих видов подготовки нефти к перекачке.

В настоящее время в связи с постоянно растущими объемами транспортируемых по магистральным трубопроводам высоковязкой нефти, актуальной остается проблема снижения гидравлического сопротивления, энергозатрат при транспортировке, уменьшение массы и габаритов теплообменных аппаратов. Одно из доступных решений данной проблемы связано с использованием интенсификации теплообмена, что повышает энергетическую эффективность теплообменных аппаратов. Это открывает возможности за счет управления скоростью сдвига в потоке управлять эффективной вязкостью нефти и существенно снижению гидравлического сопротивления транспортирующих трубопроводов [5]. При выборе методов интенсификации теплообмена приходится учитывать не только эффективность самой поверхности, но и универсальность теплоносителей, технологичность изготовления поверхности, технологичность сборки теплообменного аппарата, прочностные требования. Из всех методов интенсификации теплообмена в трубах наибольшее внимание, как эффективным и технологически реализуемым, уделяется принципу винтовой закрутки.

Задача определения закономерностей управления гидродинамическими характеристиками течения аномально вязких нефтей в транспортирующих трубопроводах и рабочих каналах сложна и требует систематизации [6]. Несмотря на то, что данная задача имеет важное технологическое значение, исследований в данной области проведено пока еще недостаточно, и представленное исследование направлено на решение обозначенной проблемы с привлечением аппарата математического моделирования.

## Литература

1. Транспортировка высоковязких нефтей // Молодежный научный форум: Технические и математические науки: электр. сб. ст. по материалам XXXV студ. междунар. заочной науч.-практ. конф. — М.: «МЦНО». — 2016 — № 6(35)
2. Алиев Р.А. Трубопроводный транспорт нефти и газа: учеб. для вузов / Р.А. Алиев, В.Д. Белоусов, А.Г. Немудров, В.А. Юфин, Е.И. Яковлев. — 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Недра, 1988. — 368 с.
3. Коршак А.А., Шаммазов А.М. Основы нефтегазового дела. Учебник для ВУЗов. Издание второе, дополненное и исправленное: — Уфа.: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2002. — 544 с.
4. Сдвижков И.В.Тема: «Особенности транспортировки быстрозастывающих и высоковязких нефтей и нефтепродуктов по магистральным нефтепроводам» // Выпускная квалификационная работа / Национальный исследовательский томский политехнический университет. — 2016.
5. Konakhina I.A. Enhancement of Hydrodynamic Processes in Oil Pipelines Considering Rheologically Complex High-Viscosity Oils / I.A. Konakhina, G.R.Khamidullina, A.F. Khamidullina // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2016. - Vol.134, Is.1. - Art. № 012019.
6. Khusnutdinova E.M. Comparative Analysis of Thermohydraulic Performance of Enhanced Viscous Oil and Oil Product Heaters / E.M. Khusnutdinova, I.A. Konakhina, A.F. Khamidullina // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2017 - Art. № 012046.

### **AGILE В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

#### **AGILE IN PROJECT MANAGEMENT SYSTEM IN MECHANICAL ENGINEERING**

*Айдар Шафагатович Шавалиев*

*Айдар Султангалиевич Пуряев*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Набережночелнинский институт, Россия*

*420008, Казань, ул. Кремлевская, 18.*

*aidar828@yandex.ru*

*aidarp@mail.ru*

*Aidar Sh. Shavaliyev*

*Aidar S. Puryaev*

*Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny Institute,*

*Kazan, Russia*

*aidar828@yandex.ru*

*aidarp@mail.ru*

**Аннотация.** Цель работы – освещение практического применения концепции Agile в процессах управления жизненными циклами инвестиционных проектов в сфере машиностроения. Выявлены сравнительные преимущества и недостатки концепции гибкого проектирования. Приведены тематики проектов машиностроения, в которых возможно применение концепции Agile.

**Ключевые слова:** Agile, инвестиционный проект, машиностроение, бэклог.

**Abstract.** The aim of the work is to highlight the practical application of the Agile concept in the life cycle management of investment projects in the field of engineering. The comparative advantages and disadvantages of the concept of flexible design are revealed. The themes of engineering projects in which the application of the Agile concept can be applied are identified.

**Keywords:** Agile, investment project, mechanical engineering, backlog.

Современный уровень развития технологий и прогресс практически во всех отраслях предъявляет особые требования к управлению производствами. Темпы развития технологий в мировых масштабах достигают пиковых значений и, скорее всего, в будущем будут только прирастать.

Сложно предугадать, что ожидает человечество в ближайшие 50-100 лет в области машиностроения и в других отраслях [1], но на примере картины 1900 г. (рисунок 1) можно констатировать [2,3] – темпы развития технологий будут прирастать еще с большой скоростью в будущем.



Рисунок 1 – Нью-Йорк, пересечение улиц Бродвей, 5-я авеню и 23 улицы (1905 год): где на картине машина? [1]

Та же самая улица примерно 20 лет спустя (рисунок 2).



Рисунок 2 – Нью-Йорк, пересечение улиц Бродвей, 5-я авеню и 23 улицы (примерно 1925 год): где на картине лошадь? [1]

Темпы развития современного машиностроения и других отраслей экономики непосредственно связано с развитием интернета, вычислительной техники и цифровых технологий. Прогресс развития общества можно пронаблюдать на следующих примерах [4]:

- в 1990 гг. мобильный телефон был примерно у 1 млн. человек, в наше время в свободном обращении находится 5-6 млрд. телефонов, т.е. в 5-6 тыс. раз больше;

- ни один человек не выиграл шахматный турнир против высокотехнического компьютера с 2005 года.

- каждые 2 минуты мы делаем столько фотографий, сколько сделали все люди в 19-м веке. Только в 2014 году человечество сделало 880 миллиардов фотографий. Это по 123 фотографии на каждого мужчину, женщину и ребенка на Земле.

- люди создадут больше информации в форме данных в ближайшие 2 дня, чем было создано за всю историю до 2003 года.

- вычислительная мощность, находящаяся в iPhone 5S в 1991 стоила более 3 млрд. долларов.

Несмотря на прогресс технологий машиностроения (активное развитие роботов, электромобилей, Адаптивных систем и т.д.) – можно констатировать, что ближайшее 10-летие развития машиностроения будет тесно связано с цифровыми технологиями, потоками информационных данных, искусственным интеллектом и возрастающей скоростью осуществления изменений.

Традиционные технологии управления производствами и проектами машиностроения отойдут на второй план, активное развитие возможно только в условиях гибких быстроизменяющихся систем, обладающих кибернетическими возможностями по самостоятельной регуляции и настройки.

С точки зрения жизненных циклов стандарт управления проектами выделяет [5]:

1. **Предиктивные жизненные циклы.** Предиктивные жизненные циклы (также известные как полностью управляемые планом) — вид жизненного

цикла проекта, при котором содержание проекта, а также сроки и стоимость, необходимые для выполнения данного содержания, определяются на как можно более ранней стадии жизненного цикла, эти проекты проходят через ряд последовательных или перекрывающихся фаз, при этом каждая фаза, как правило, фокусируется на подгруппе операций проекта и процессов управления проектом.

**2. Итеративные и инкрементные жизненные циклы.** Итеративные и инкрементные жизненные циклы – это жизненные циклы, при которых фазы проекта (также называемые итерациями) намеренно повторяют одну или более операций проекта по мере того, как команда проекта начинает лучше понимать продукт. Итеративность определяет разработку продукта путем выполнения ряда повторяющихся циклов, в то время как инкрементность определяет последовательное наращивание функциональности продукта.

**3. Адаптивные жизненные циклы.** Адаптивные жизненные циклы (также известные как управляемые изменениями или гибкие (agile) методы) направлены на реагирование на высокие уровни изменений и требуют постоянной высокой степени вовлеченности заинтересованных сторон. Адаптивные методы являются также итеративными и инкрементными, но отличаются тем, что итерации происходят очень быстро (продолжительность обычно составляет 2–4 недели) и фиксированы по срокам и стоимости. В адаптивных проектах во время каждой итерации обычно выполняются несколько процессов, хотя ранние итерации могут больше концентрироваться на планировании операций. Общее содержание проекта разбивается на набор требований, а работа, которая должна быть выполнена, иногда называется бэклогом (журналом требований). В начале итерации команда определяет, сколько высокоприоритетных элементов из бэклога могут быть получены во время следующей итерации. В конце каждой итерации продукт должен быть готов для анализа заказчиком.

Очевидно, что первая модель управления проектами – предиктивные циклы уходит в прошлое. Она имеет один существенный недостаток: отсутствие времени для детального планирования всех характеристик проекта.

Вторая модель – итеративные и инкрементные жизненные циклы, наиболее интересны с точки зрения скорости, по сравнению с предиктивным жизненным циклом.

Адаптивный жизненный цикл, пожалуй, имеет самое главное преимущество – продукт делается для заказчика, традиционные технические требования и технические задания заменяются на бэклог. Ключевой выигрыш – время. Оно не будет потрачено на изначальный план.

Невооруженным глазом можно определить, что наиболее приемлема Agile технология для управления проектами, но, есть тонкости самого процесса и ряд обстоятельств пока сдерживающих процесс применения новых технологий для управления проектами машиностроения.

В общем виде, проекты машиностроительной сферы можно классифицировать следующим образом:

1. Продуктовые проекты (новый автомобиль, узел, агрегат).



2. Инфраструктурные проекты (модернизация оборудования, замена изношенных объектов основных средств, реновация, строительство и модернизация новых объектов).

3. Развитие торгово-сервисной сети (строительство корпусов/зданий, модернизация парка оборудования, строительство складских помещений).

4. Научно-исследовательские проекты.

5. ИТ-проекты (CRM системы, PLM системы, MES системы и другие программные продукты).

Применения Agile для проектов п. 1-3 вызывает существенные вопросы в моменте «перепланирования», для этих категорий проектов, пока что, при управлении любой технологией (в том числе и «водопадной», при которой процесс жизненного цикла проекта развивается последовательно от концепции исследований до подготовки к внедрению и реализации проекта) существует точка невозврата, ознаменованная контрактацией под объекты основных средств (оборудование, здания и сооружения и др.). На текущий момент сложно предположить, что делать с оборудованием или оснасткой, которые обычно являются уникальными, в случае резкой смены курса и изменения рыночной ситуации. Очевидный ответ – закупка универсального оборудования, также не снимает вопросы эффективности (такое оборудование, как правило, дороже и менее производительное). Вероятно, ответы на данные вопросы можно будет найти через определенный промежуток времени с приходом и массовым применением технологий 3D – печати (в оснастке и оборудовании). Что касается проектов категории п. 4-5, вопросов в применение Agile значительно меньше, и можно сделать вывод – Agile применять в ИТ и научных исследованиях можно и нужно. Ключевой выигрыш Agile – время, и как следствие, отсутствие упущенных выгод!

Мир стремительно и быстро меняется, скорость изменений достигла пиковых значений и будет возрастать. Технологии управления проектами с позиции управления жизненным циклом требуют все большего внимания. Одна из передовых и необходимых для развития машиностроения технологий управления – Agile, может быть применена в проектах машиностроения в области информационных технологий и научно-исследовательских работах.

#### Список источников

1. Горьков С.Н. Открытая лекция в КФУ «Возможности прорыва для Российской экономики», 2017. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=d6GUlokaePU>. (дата обращения: 25.10.2017).

2. Цифровизация городов. URL: <http://csr.ru/news/tsifrovizatsiya-gorodov/>. (дата обращения: 25.10.2017).

3. Данилина А. Как «умные» технологии способны изменить жизнь горожан. URL: <http://news.ifmo.ru/ru/education/official/news/7034/>. (дата обращения: 25.10.2017).

4. 25 удивительных фактов о человеческом прогрессе. URL: <https://www.infoniac.ru/news/25-udivitelnyh-faktov-o-chelovecheskom-progresse.html>. (дата обращения: 25.10.2017).

5. Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК), 5-е изд. – М: Олимп-Бизнес. 2014. 586 с.

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРИБЫЛЬНОСТИ ПРОЕКТА ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА И ВЫПУСКА АВТОКОМПОНЕНТОВ**

Юрасова О.И., Юрасов С.Ю., Рябов Е.А., Хисамутдинов Р.М.

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, 423810, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, пр. Мира, 68/19

**Аннотация.** В статье рассмотрены принципы укрепления конкурентоспособности предприятия за счет повышения прибыльности проекта подготовки производства и выпуска автокомпонентов.

**Abstract.** The article describes the principles of strengthening the company's competitiveness by increasing the profitability of the project preparation and production of automotive components production.

**Ключевые слова:** прибыльность проекта, конкурентоспособность предприятия, информационное обеспечение, стоимость процесса.

Вступление России в ВТО привело к тому, что отечественные производители автокомпонентов вынуждены повышать качество продукции до мирового уровня и обеспечивать возможно большую прибыль.

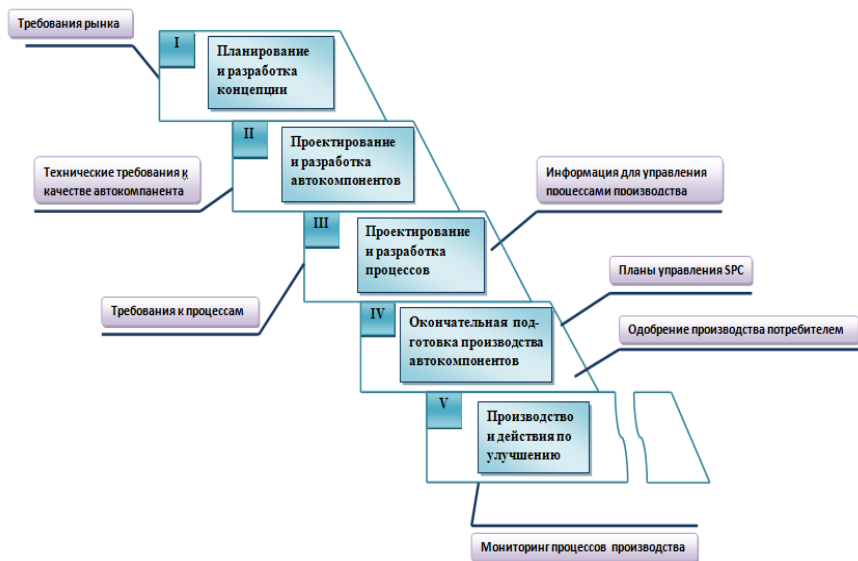


Рис. 1. Содержание APQP-процесса (ГОСТ Р 51814.6-05)

По современным представлениям процесс подготовки производства поделен на 5 этапов, где техдокументация формируется в основном на 3 этапе. Содержание APQP-процесса представлено на рис.1.

При подготовке производства недопустимы ошибки и упущения, которые могут привести в процессе производства к серьезным последствиям. Потери необходимо предотвратить ещё на этапе планирования производства. Необходимо не только устранить, но и впредь не допускать дальнейшего появления и развития потерь.

Повышение прибыльности проекта подготовки производства и выпуска автокомпонентов – исключительно сложная задача для российских машиностроителей. Проанализируем возможные экономические результаты проекта APQP, схема представлена на рис.2. В ходе определения рыночных требований к изделию (1 этап) в целом должен быть выполнен подробный анализ законодательства, требований предполагаемых потребителей, возможности конкурентов, а также возможности самого поставщика выполнить эти требования. На 2 этапе (конструкторское проектирование) наряду с разработкой документации требуется изготовить и испытать опытные образцы, чтобы подтвердить достижения запланированных требований к качеству. Если конструктор их не обеспечит, неизбежна потеря дохода, а если необоснованно зависит – возрастает себестоимость.

Деятельность по разработке процессов осуществляется на 3 этапе подготовки производства. Ошибочно считать, что это – только технологическое

проектирование с оформлением стандартизированных технологических карт. При разработке процессов в ходе технологического проектирования на 3 этапе становится крайне важным заложить наименее затратные варианты технологических решений. При этом мало разработать их в кратчайшие сроки. Не менее важно не допускать никаких ошибок и упущений в содержании операций, подборе оснастки и инструмента, назначении технологических параметров, выборе средств измерения. Попытка сэкономить приведет к тому, что в серийном производстве будет возникать множество проблем – как на рабочих местах, так и при сдаче продукции потребителю.

Проект APQP нацелен на то, чтобы при окончательной подготовке производства (4 этап) все работы были выполнены с должным качеством, особенно монтаж оборудования, обучение персонала, изготовление или заказ оснастки. Многие технологи и руководители производства стараются «проскочить» эту процедуру, не желая тратить время на подтверждение правильности принятых решений. В результате после начала выпуска автокомпонента возможно появление проблем – возвращение на ранние этапы подготовки производства (рис.2).

В бизнес-проекте на подготовку производства планировалось получение стабильной прибыли (пунктирная линия), но появившаяся проблема вынуждает тратить время и финансовые средства на устранение её причин.

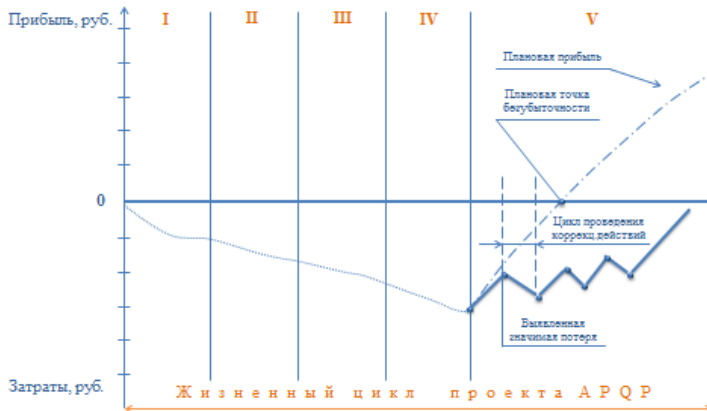


Рис. 2. Следствие ошибок и упущений при подготовке производства

Для результативного управления нужна максимально полная информация о требованиях к процессу и его фактическом состоянии. Можно сделать вывод о несогласованности требований стандартов в плане оптимизации стоимости процессов при подготовке производства, о сложности определения плановых

потерь, а также необходимости систематизации и упорядочения причин потенциальных потерь на каждом этапе планирования производства.

Главное достоинство требований ГОСТ Р ИСО 16949-09 – перенос возможно большего количества работ по созданию информационного обеспечения на ранние этапы подготовки производства [4].

Не допускать потери на ранних стадиях проекта во много раз экономичнее, чем устранять их уже после обнаружения. Первое условие прибыльности – получение максимального дохода от продажи автокомпонента потребителям. Оно обеспечивается безошибочной подготовкой производства в минимальные сроки, поддержанием мирового уровня качества изделия, строгим соблюдением планового графика поставок, безукоризненной организацией сервиса. Второе условие прибыльности – минимальная стоимость процессов жизненного цикла продукта, так как каждый из этих процессов будет повторяться многократно. Третье условие прибыльности – минимум всех потерь, внутренних и внешних, при полном отсутствии санкций [3]. Потери необходимо предотвратить ещё на этапе планирования производства.

Для повышения эффективности деятельности предприятия и достижения максимальной прибыльности проекта необходимо повышение результативности управления и минимизации стоимости процесса. Для обеспечения минимальной стоимости процесса необходимы минимизация затрат труда и упорядочение норм трудоёмкости, планирование расхода ресурсов. Сформулированные рекомендации позволяют на стадии технологического проектирования не только получить информацию для управления качеством автокомпонента, но и предупредить потенциальные потери, увеличивая прибыльность проекта.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ Р 51814.6 – 2005. Системы менеджмента качества. Менеджмент качества при планировании, разработке и подготовке производства автомобильных компонентов. – 70 с.
2. ГОСТ Р ИСО 16949-09 Системы менеджмента качества. Особые требования по применению ИСО 9001:2008 в автомобильной промышленности и организациях, производящих соответствующие запасные части. – 51 с.
3. Касьянов С.В., Каляшина А.В. О вкладе «бережливого производства» в конкурентоспособность российских предприятий// Автомобильная промышленность. 2013. №11. С.5-8.
4. Касьянов С.В., Юрасова О.И. Дифференциальное планирование комплекса количественных показателей процессов производства автокомпонентов на стадии технологического проектирования// Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. Издательство: Набережночелнинский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет" (Наб.Челны) 2015. Т. 1. № 2 (65). С. 27-32. Режим доступа: <http://kpfu.ru/portal/docs/F626861554/Kasyanov.pdf>

5. Юрасова О.И., Паутов Г.А. Повышение эффективности деятельности машиностроительного предприятия за счёт оптимизации стоимости процесса// Теория и практика общественного развития [Электронный ресурс]. 2015. №9. С.53-55. Режим доступа: [http://teoria-practica.ru/rus/files/arhiv\\_zhurnal/2015/9/economics/yurasova-pautov.pdf](http://teoria-practica.ru/rus/files/arhiv_zhurnal/2015/9/economics/yurasova-pautov.pdf)

## ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СЕПАРАТОРА С ПЕРЕМЕННЫМ СЕЧЕНИЕМ ПИТАЮЩИХ КАНАЛОВ

*Яшин Александр Владимирович  
ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ  
440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30*

*Аннотация.* Все серийные выпускаемые сепараторы работают по классической схеме, когда молоко в пакет тарелок подается по вертикальным питающим каналам снизу вверх, образованным отверстиями в тарелках. При этом на заполнение пакета тарелок оказывают влияние различные сопротивления, приводящие к снижению подачи жидкости на вышележащие тарелки, и производительности их отдельных межтарелочных пространств, приводящие к тому, что нижние тарелки работают в более жестком режиме, чем верхние. Для решения данной проблемы – повышение производительности сепаратора равномерным заполнением межтарелочных пространств разделяемой жидкостью предложена конструкция сепаратора с переменным сечением питающих каналов.

*Summary.* All serially released separators work according to the classical diagram when milk in a packet of plates is served on the vertical feeding channels from below up formed by holes in plates. At the same time different resistance leading to lowering of submission of liquid on overlying plates, and productivities their separate the space between plates of spaces, leading to the fact that the lower plates work in more rigid mode, than upper exert impact on filling of a packet of plates. For the solution of this problem – increase in productivity of a separator uniform filling the space between plates of spaces with the separated liquid offered construction of a separator with the variable section of the feeding channels.

Сепаратор состоит из корпуса с электроприводом 1 (рисунок 1 а) , приемно-выпускного устройства 2 и барабана 3. Приемно-выпускное устройство 2 имеет кран 4, приемник жидкости 5, поплавок 6, поплавковую камеру 7, отвод легкой фракции 8 и отвод тяжелой фракции 9.

Барабан 3 выполнен из основания 10 (рисунок 1 б), на котором размещен тарелкодержатель 11 с пакетом тарелок 12 и разделительная тарелка 13 с регулировочным винтом 14, фиксированные крышкой 15 с уплотнительным кольцом 16 и закрепленные гайкой 17, так, что четные тарелки 18 выполнены гладкими, а нечетные 19 имеют шипики 20 для образования межтарелочного пространства 21. При этом каждая тарелка имеет по три отверстия 22 на конической поверхности, образующие при сборке в пакет тарелок 12 вертикальные подводящие каналы 23, выполненные расширяющимися от

основания 10 к крышке 15 с конусностью 1:2...2:1, в результате последовательного увеличения диаметров отверстий 22 тарелок 18 и 19.

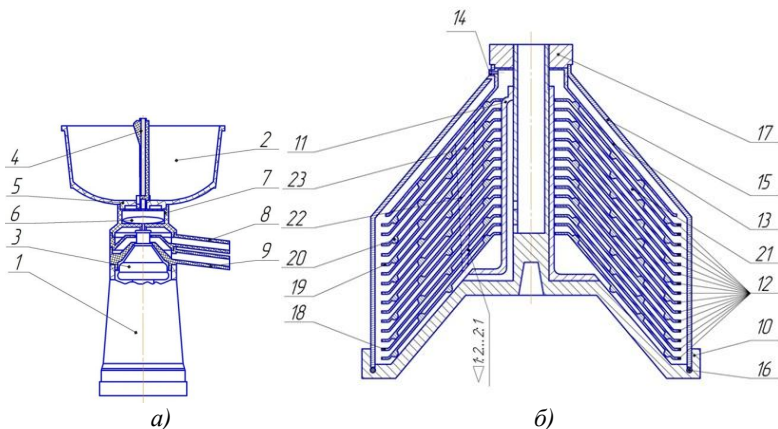


Рисунок 1 – Конструктивная схема: а) сепаратора; б) барабана: 1 – корпус с электроприводом; 2 – приемно-выпускное устройство, 3 – барабан; 4 – кран; 5 – приемник жидкости; 6 – поплавок, 7 – поплавковая камера; 8 – отвод легкой фракции; 9 – отвод тяжелой фракции; 10 – основание; 11 – тарелкодержатель; 12 – пакет тарелок; 13 – разделительная тарелка; 14 – регулировочный винт; 15 – крышка; 16 – уплотнительное кольцо; 17 – гайка; 18 – четная гладкая тарелка; 19 – нечетная тарелка с иголками; 20 – иголик; 21 – межтарелочное пространство; 22 – отверстие на конической части тарелки; 23 – вертикальный подводящий канал

Сепаратор работает нижеследующим образом. При передаче вращения от электропривода 1 барабану 3 и достижении им номинальных оборотов открывается кран 4 приемника жидкости 5. Жидкость поступает в поплавковую камеру 7, откуда через каналы тарелкодержателя 11 барабана 3 попадает в вертикальные подводящие каналы 23 (рисунок 2), выполненные расширяющимися от основания 10 к крышке 15, и равномерно распределяется в межтарелочных пространствах 21 по высоте пакета тарелок 12, где разделяется на легкую и тяжелую фракции. При этом тяжелая фракция отходит к периферии барабана 3, а легкая фракция, стремится к оси барабана 3. Затем обе фракции выводятся из барабана 3 через соответствующие отверстия отвода легкой фракции 8 и отвода тяжелой фракции 9. Выполнение вертикальных подводящих каналов 23 расширяющимися от основания 10 к крышке 15 с конусностью 1:2...2:1 способствует повышению производительности и качества разделения жидкости на тяжелую и легкую фракции за счет более равномерного распределения жидкости в межтарелочных пространствах 21 по высоте пакета тарелок 12, а следовательно, установлению одинакового расхода

жидкости каждым межтарелочным пространством 21 и оптимального режима разделения.

Разработанная конструкция сепаратора позволит обеспечить равномерное распределение жидкости в межтарелочных пространствах по высоте пакета тарелок барабана и повысить производительность не менее чем на 10 % при потерях легкой фракции – менее 0,05 %.

### Литература

1. Яшин, А.В. Механизация технологического процесса сепарирования молока / А.В. Яшин, А.В. Саввин, А.А. Романова. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 196 с.
2. Пат. 2537863 РФ, МПК А01J 11/10, В04В 1/08 Сепаратор-сливкоотделитель / А.В. Яшин, С.И. Щербаков, А.В. Саввин, В.С. Парфенов, В.Н. Стригин, А.А. Романова. – № 2013130752/05; заявлено 04.07.2013; опубл. 10.01.2015, Бюл. №1. – 6 с.
3. Пат. 2539759 РФ, МПК А01J 11/10, (2006.01). Сепаратор-сливкоотделитель / А.В. Яшин, С.И. Щербаков, А.В. Саввин и др. – заявлено 26.02.2013; опубл. 27.01.2015, Бюл. № 3. – 7 с.
4. Яшин, А.В. К вопросу о совершенствовании способа загрузки межтарелочных пространств молочных сепараторов / А.В. Яшин, В.С. Парфенов, А.В. Саввин и др. // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – С. 233-235.
5. Яшин, А.В. Теоретическая оценка производительности сепаратора-сливкоотделителя с лопастным тарелкодержателем и обоснование кинематического и технологического параметров / А.В. Яшин, А.В. Саввин // Образование, наука, практика: инновационный аспект: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной дню Российской науки. Том II. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С. 141-145.
6. Яшин, А.В. Теоретическая оценка производительности сепаратора-сливкоотделителя с лопастным тарелкодержателем и обоснование кинематического и технологического параметров / А.В. Яшин, А.В. Саввин // Образование, наука, практика: инновационный аспект: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной дню Российской науки. Том II. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С. 141-145.
7. Яшин, А.В. К вопросу о взаимосвязи разделяющей способности сепаратора и разделяемости молока / А.В. Яшин, А.В. Саввин, А.А. Романова // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Пенза: МНИЦ ПГСХА, 2015. – С. 227-232.
8. Яшин, А.В. Теоретическое обоснование конструктивных параметров лопастного тарелкодержателя сепаратора-сливкоотделителя / А.В. Яшин, А.В. Саввин // Образование, наука, практика: инновационный аспект: сборник



материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С. 146-150.

9. Яшин, А.В. Результаты экспериментальных исследований сепаратора-сливкоотделителя с лопастным тарелкодержателем / А.В. Яшин, А.В. Саввин // Образование, наука, практика: инновационный аспект: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С. 138-140.

10. Яшин, А.В. Сепаратор-молокоочиститель с двухсекционным барабаном / А.В.Яшин, В.С.Парфенов, А.А. Романов. –Нива Поволжья. – 2015. – № 4 (37). – С. 100-104.

11. Яшин, А.В. Обоснование минимального размера жирового шарика, выделяемого при сепарировании молока / А.В. Яшин, А.А. Романова // Нива Поволжья. – 2015. – № 4 (37). – С. 104-109.

12. Саввин, А.В. Сепаратор-сливкоотделитель / А.В. Саввин, С.И.Щербаков, А.В.Яшин // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – С. 180-181.

13. Саввин, А.В. К вопросу о совершенствовании молочных сепараторов / А.В. Саввин, А.В. Яшин // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГСХА, 2012. – С. 153-155.

14. Яшин, А.В. Структурно-функциональное описание технологического процесса сепарирования молока и структурная схема работы барабана / А.В. Яшин, А.В. Саввин // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Часть 1. – Ульяновск: ГСХА им. П.А. Столыпина, 2015. – С. 131-134.

15. Яшин, А.В. Обоснование конструктивных параметров питающих каналов сепарационной секции барабана сепаратора-молокоочистителя / А.В. Яшин, А.А. Романова // Вклад молодых ученых в аграрную науку: материалы Международной научно-практической конференции. – Кинель: РИЦ СГСХА, 2016. – С. 368-370.

16. Романова, А.А. К вопросу об улучшении качества сепарирования молока / А.А. Романова, В.С. Парфенов, А.В. Яшин и др. // Инновационные идеи молодых исследователей для АПК России: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Том III. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – С. 64-65.

17. Яшин, А.В. Результаты лабораторных исследований сепаратора-сливкоотделителя с лопастным тарелкодержателем / А.В. Яшин, А.В. Саввин // Вклад молодых ученых в аграрную науку: материалы Международной научно-практической конференции. – Кинель: РИЦ СГСХА, 2016. – С. 365-368.

18. Яшин, А.В. Классификация и анализ конструкций молочных сепараторов / А.В.Яшин, Д.С.Капитанов // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России: сборник

материалов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Пенза: РИО ПГСХА, 2017. – С. 170-173.

19. Яшин, А.В. Определение производительности сепарационной секции барабана сепаратора-молокоочистителя / А.В.Яшин, А.А.Романова // Нива Поволжья. – 2016. – № 4 (41). – С. 126-131.

20. Яшин, А.В. Сепаратор-сливкоотделитель с коническими питающими каналами / А.В.Яшин, А.А.Романова, А.В.Савин // Нива Поволжья. – 2016. № 4 (41). – С. 131-136.

21. Яшин, А.В. Определение конструктивных параметров лопастного тарелкодержателя сепаратора-сливкоотделителя / А.В.Яшин, А.Л.Мишанин, И.Н. Сёмов, П.Н. Хорев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – Т. 2. – № 1. – С. 50-53.

## СОДЕРЖАНИЕ

## СЕКЦИЯ № 1

<b>«Высокоэффективные материалы, технологии и оборудование в машиностроении» .....</b>	<b>3</b>
<b>Асташенко В.И., Швеева Т.В., Западнова Н.Н., Абдуллина О.К., Западнова Е.А.</b> Термическая обработка стальных поковок сложной конфигурации .....	4
<b>Ахмадиев Г.М.</b> Разработка способа получения наночастиц, содержащие углерод и ферромагнитный металл или сплав .....	7
<b>Ахмадиев Г.М.</b> Разработка способа производства металл-углерод содержащих тел.....	11
<b>Бадриева А.Р., Снигирева Ю.В., Моряшов А.А.</b> Исследование теплообмена в аппарате с пневматической системой создания пульсации.....	15
<b>Байрашева Д.А.</b> Определение характеристик морозостойкости конструкционных сталей.....	19
<b>Башмаков Д.А.</b> Лазерно-полевая закалка металлов.....	23
<b>Бердиев О.Ш., Федорович Д.С.</b> Техническое решение по увеличению толщины панели.....	26
<b>Бердиев О.Ш., Федорович Д.С.</b> Комбинированные технологические процессы при импульсной обработке .....	29
<b>Борисова Р.В., Охлопкова Т.А., Голиков А.Н.</b> Разработка триботехнических полимерных композиционных материалов на основе СВМПЭ и керамических наночастиц.....	33
<b>Бякров Ф.К., Маслов А.А.</b> Применение радиационного нагрева при штамповке деталей из титановых материалов.....	37
<b>Вагизов Т.Н., Галимов Э.Р., Тукбаев Э.Е., Федяев В.Л., Галимова Н.Я., Адыева Н.А., Аблясова А.Г., Ильина О.В.</b> Световозвращающие покрытия на основе полимерных порошковых композиций .....	42
<b>Валиев А.М., Панкратов Д.Л.</b> Способ повышения эффективности сборки неразъемных изделий пластической деформацией с применением искусственного интеллекта .....	46
<b>Галимова Н.Я., Тахавиев М.С., Гимранов И.Р., Галимов Э.Р., Тукбаев Э.Е., Федяев В.Л., Адыева Н.А., Вагизов Т.Н.</b> Совершенствование технологии нанесения полимерных порошковых покрытий.....	50
<b>Гришина Е.Н., Кириллов О.Н.</b> Обработка нежестких деталей электродом-щеткой .....	53
<b>Гумеров И.Ф., Шафигуллин Л.Н., Романова Н.В., Габрахманов А.Т., Саримова Д.Р.</b> Термические свойства смесей полипропилена и полиэтилена (ПП/ПЭВД).....	57

<b>Гумеров И.Ф., Шафигуллин Л.Н., Шафигуллина Г.Р., Романова Н.В., Ибрагимов А.Р., Низамова А.И.</b> Особенности применения методов ускоренных климатических испытаний полимерных материалов.....	61
<b>Заббаров А.А., Карельских Е.А., Шафигуллин Л.Н.</b> Применение углепластиков в машиностроении .....	65
<b>Звездин В.В., Хисамутдинов Р.М., Ибрафиллов И.Х., Саубанов Р.Р., Рахимов Р.Р.</b> Технология лазерной наплавки износостойких порошков на режущую кромку фрезы .....	68
<b>Зыков А.О., Магсумова А.Ф.</b> Разработка низковязкого связующего для формования конструкционных изделий методом RTM.....	72
<b>Кесель Б.А., Кесель Л.Г.</b> Особенности разработки концептуальных проектов реновации вспомогательных систем газотурбинных установок (ГТУ) с конвертированными двигателями .....	73
<b>Кесель Б.А., Кесель Л.Г.</b> Концептуальный проект реновации системы очистки циклового воздуха для газотурбинной электростанции в ООО «Газпром трансгаз Югорск» .....	77
<b>Ключников О.Р., Астраханов М.В.</b> Изучение конвективных и радиационных составляющих теплотеперь материалов и конструкций.....	81
<b>Королева Л.Ф.</b> Абразивный материал для финишного полирования металлов с получением наношероховатой поверхности.....	84
<b>Кулаков А.Т., Барыльникова Е.П., Назаров Ф.Л., Коваленко С.Ю., Грибков К.В.</b> Применение электроэрозионной обработки при восстановлении шлицевых поверхностей.....	88
<b>Лазарева Н.Н., Слепцова С.А., Капитонова Ю.В., Охлопкова А.А.</b> Разработка машиностроительных полимер-силикатных материалов на основе политетрафторэтилена .....	92
<b>Матухин Е.Л., Галимов Э.Р.</b> Электрофизическое модифицирование полимерных материалов ускоренными электронами .....	96
<b>Моряшов А.А., Гилязов М.М., Галеев В.К.</b> Исследование предельной производительности и задержки дисперсной фазы в пульсационном аппарате.....	98
<b>Муратаев Ф.И.</b> Исследование структуры и механических свойств металла тяги подъемника .....	101
<b>Мухаматдинова А.А., Сотников А.М., Шафигуллин Л.Н., Шафигуллина Г.Р., Мухаметзянова Г.Ф.</b> Применение полимерных топливных баков в автомобилестроении .....	105
<b>Мухаметзянова Г.Ф., Колесников М.С., Мухаметзянов И.Р.</b> Исследование растворимости штамповых сталей в расплаве силумина АК12 (АЛ12)» .....	109
<b>Мухаметзянова Г.Ф., Карих Ф.Г., Шафигуллин Л.Н.</b> Технология приготовления многокомпонентной смеси из быстрополимеризующихся жидкостей .....	114
<b>Новиков В.Ф., Снигирева Ю.В.</b> Сорбционная способность цеолитсодержащих пород .....	117
<b>Пермяков Д.Н.</b> Новая технология восстановления изношенных поверхностей распредвалов ДВС .....	121

<b>Сироткина Л.В.</b> Современные технологии в подготовке специалистов для энергетического машиностроения.....	124
<b>Смоленцев Е.В., Кондратьев М.В., Смоленцева Я.С.</b> Ремонт деталей машин электроэрозионно-плазменным способом .....	127
<b>Смоленцев Е.В., Шипилова О.Г., Мозгалин В.Л.</b> Комбинированная чистовая обработка задвижек нефтегазового оборудования .....	130
<b>Сухоруков Д.В., Сухорукова Е.В., Шаршин В.Н., Сиразитдинов Р.Ш.</b> Опыт производства модельной оснастки из полимерных композиционных материалов для литья в разовые формы .....	134
<b>Сухоруков Д.В., Сухорукова Е.В., Шаршин В.Н., Сиразитдинов Р.Ш.</b> Свойства и характеристики полимерного материала пресс-форм для литья по газифицируемым моделям.....	137
<b>Туюшева А.И., Бадыкова Г.И., Зиятдинов А.М., Низамеев А.Ю., Юсупов Ф.Т., Матухин Е.Л.</b> Особенности применения цифровых моделей во внутрифирменной системе дпо рабочих и специалистов .....	138
<b>Фасхутдинов А.И., Гильман В.Н.</b> Влияние износостойких покрытий на жизненный цикл зуборезного инструмента.....	141
<b>Хайруллин Р.А., Низамов Р.С., Панкратов Д.Л., Шibaков В.Г.</b> Выбор рациональной системы переходов при прецизионной штамповке зубчатого венца шестерен.....	145
<b>Хусаинов Р.М., Авдеев И.В., Крестьянинов П.Н., Сафин Д.Д.</b> Подбор оптимальных режимов резания при фрезеровании по показателям производительности и виброустойчивости.....	148
<b>Хуснутдинов А.Н., Рыбаков Р.Б., Киснеева Л.Н., Маслахова М.Н., Хайдарова А.Р.</b> Исследование температурных параметров силового кабеля электропривода .....	152
<b>Черноглазова А.В., Черноглазов П.А.</b> Применение композитов в авиостроении .....	154
<b>Черноглазова А.В., Бобыкин В.В., Черноглазов П.А.</b> Программа «edupack» при выборе материала для корпуса самолета .....	158
<b>Швеёв А.И., Астащенко В.И., Швеёва Т.В., Пермьяков Д.Н., Новиков Е.Е.</b> Продление жизненного цикла металла изношенных деталей машин .....	163
<b>Швеёв И.А., Шibaков В.Г., Швеёва Е.И.</b> Разработка технологии восстановления изношенных цементованных и нитроцементованных деталей .....	166
<b>Швеёва Т.В., Астащенко В.И., Швеёв А.И., Пермьяков Д.Н., Новиков Е.Е.</b> Инновационная технология химико-термической обработки хромоникелевых сталей .....	171
<b>Шibaков В.Г., Панкратов Д.Л., Низамов Р.С., Хайруллин Р.А.</b> Обеспечение качества поверхности зубчатого венца при прецизионной штамповке шестерен .....	175
<b>Якупов Н.М., Якупов С.Н.</b> Исследование влияния царапин на жесткость тонкостенных элементов .....	179
<b>Якупов С.Н., Якупов Н.М.</b> Исследование влияния вибрации на коррозионный износ тонкостенных элементов.....	183

## СЕКЦИЯ № 2

## «Инновационные разработки и экономика в машиностроении»..... 187

<b>Андреева А.А., Ляхович А.М.</b> К вопросу о технологических свойствах порошков полиамида 12, используемых в аддитивных технологиях .....	188
<b>Андрянов С.М., Никишин В.Н., Куликов А.С., Ямаев А.С.</b> Формирование высокого качества системы вентиляции картера на этапе проектирования и доводки высокофорсированного автомобильного дизеля .....	192
<b>Воробьев Ю.Н.</b> «Нематериальные активы» – так ли мы их понимаем? .....	195
<b>Галимов Э.Р., Тукбаев Э.Е., Федяев В.Л., Галимова Н.Я., Самойлов В.М., Орлов М.А., Бородулин А.С., Мавляев И.Р.</b> Технология получения термостойких высокопрочных углеродных синтактичных пен для эксплуатации в экстремальных условиях .....	200
<b>Галимов Э.Р., Федяев В.Л., Самойлов В.М., Данилов Е.А., Тимошук Е.И., Пономарева Д.В., Находнова А.В., Орлов М.А.</b> Получение и исследование физико-механических свойств синтактических углеродных пен .....	206
<b>Гильманшин И.Р., Азимов Ю.И., Савдур С.Н., Гильманшина С.И.</b> Моделирование многоуровневых структур энергоснабжения в модифицированных сетях Петри – Дн-сетях .....	212
<b>Гильманшин И.Р., Гильманшина С.И.</b> Этапы формирования научного мышления студентов в условиях университетского инженерно-технического образования .....	216
<b>Гильманшин И.Р., Кашапов Н.Ф., Гильманшина С.И., Галеев И.А., Сабитов Л.С.</b> Исследование проектов рекультивации полигонов захоронения отходов производства и потребления в части организации энергетической утилизации свалочного газа .....	220
<b>Гильманшина С.И., Халикова Ф.Д., Черкашина Ю.А., Гильманшин И.Р.</b> Формирование будущей инженерной химической элиты в лицеях для одаренных подростков при университетах .....	224
<b>Губин С.П., Корнилов Д. Ю., Ткачев С.В., Кашапов Н.Ф., Гильманшин И.Р., Киямов И. К., Ибрагимов Р.А., Киямова Л.И.</b> Влияние графена и оксида графена на физико-механические свойства и микроструктуру тяжелого бетона .....	228
<b>Динаэр Махэсути, Салимов Р.И.</b> Современная автомобильная промышленность в Китае .....	233
<b>Зиятдинов А.М., Ахмадуллин А.М., Матухин Е.Л.</b> Цифровая трансформация машиностроения как инновационный экономический этап в рамках индустрии 4.0 .....	236
<b>Исаков Р.Г., Ференец А.В., Метелев И.С.</b> Исследование релейной защиты и автоматики в сетях с распределённой генерацией на ПАК RDTs .....	239
<b>Казакова А.И., Шестакова П.Ю.</b> По организации планирования, создания и реализации объектов интеллектуальной собственности на серийном авиапредприятии .....	244
<b>Каратаев О. Р., Каратаева Е.С.</b> Механическая фильтрация, на основе избирательной концентрации частиц, как инновационный метод водоподготовки .....	248

<b>Каратаев О. Р., Каратаева Е.С.</b> Особенности расчета продольного перемешивания адсорбента в неподвижном слое с учетом трения на поверхности .....	251
<b>Кашапов Н.Ф., Нафиков М.М., Гильманшин И.Р., Нигматзянов А.Р., Петрова В.Я.</b> Утилизация отходов сельскохозяйственного производства и сельских поселений с получением биогаза и органики .....	255
<b>Кашапов Н.Ф., Нафиков М.М., Нигматзянов А.Р., Сайфутдинов Р.Ф.</b> Выбор энергоэффективной основной обработки почвы под сахарное сорго .....	259
<b>Кашапов Н.Ф., Нафиков М.М., Нигматзянов А.Р., Мингазов Р.А.</b> Инновационные технологии переработки зернового сорго .....	264
<b>Козлов А.Е.</b> Формирование и развитие экспортного потенциала предприятий оборонно-промышленного комплекса .....	269
<b>Коломейченко А.В., Титов Н.В., Кузнецов Ю.А., Калашникова Л.В., Багринецов О.О., Шарифуллин С.Н.</b> Исследование нанометаллокерамических композиционных покрытий, полученных вибродуговой наплавкой.....	272
<b>Конахина И.А., Хамидуллина Г.Р., Кузьмина М.А., Хуснутдинова Э.М.</b> Метод целевого энергетического мониторинга для анализа промышленных предприятий и объектов ЖКХ.....	276
<b>Кумченко И.И., Зинченко А.А.</b> Повышение вероятности полопастной взаимозаменяемости несущего винта без динамической балансировки.....	280
<b>Лившиц А.Б., Бадыкова Г.И., Ахмадуллин И.Н., Борбузанов В.Г., Гиниятов Н.Х., Матухин Е.Л.</b> Инновационная модернизация производственно-технологического комплекса: новый взгляд на прошлое и будущее .....	284
<b>Мавлеев И.Р., Волошко В.В., Салахов И.И.</b> Разработка многоступенчатой коробки передач для нового поколения тяжелых грузовых автомобилей .....	290
<b>Новичков С.В., Долгов Р.А.</b> Экономические показатели воздушно-аккумулирующей установки без регенератора.....	295
<b>Петров Е. Ю., Хагмуллина А.И., Ляхович А.М.</b> Модификация поверхности форм для отливки титана, и влияние ее на распределение элементов в граничных слоях .....	298
<b>Сагитова Р.Н., Гайсин И.А., Гильманшина С.И.</b> Получение медь-содержащих микроудобрений .....	302
<b>Салимов Р.И., Гарифуллина Л.Р., Гайсин Л.Г.</b> Рационализаторское предложение как будущий объект интеллектуальной собственности .....	303
<b>Сафаров Д.Т., Кондрашов А.Г., Хафизов И.И., Насибуллин М.Х.</b> Метод диагностирования станочных систем по замерам показателей точности изготавливаемых деталей.....	308
<b>Сафаров Д.Т., Кондрашов А.Г., Фаттахова Г.Р.</b> Разработка конструкции лабораторного виброшлифовального станка подготовки образцов для металлографического исследования .....	311
<b>Сафин Т.Р., Конахина И.А., Хамидуллина Г.Р.</b> Технико-экономический анализ комбинированных схем котельных установок.....	315
<b>Солдатова О.Б.</b> Современные тенденции развития охраны и защиты исключительных прав на нематериальные активы.....	319

<b>Сорокина А.Н., Антощенко А.А.</b> Активизация творческого потенциала как предпосылка востребованности проекта исследований на предприятии.....	323
<b>Султанов В.А.</b> Инновационные разработки в технической физике и энергетике.....	327
<b>Сурьянинов А.Е., Меньшенин В.А.</b> Прикладные системы для машиностроительного бизнеса разработки компаний «Фьюжен» и «Атлас». Перспективы развития.....	331
<b>Титов Н.В., Коломейченко А.В., Кузнецов Ю.А., Калашникова Л.В., Багринцев О.О., Шарифуллин С.Н.</b> Исследование плазменных металлокерамических покрытий на режущих поверхностях рабочих органов машин и механизмов.....	334
<b>Тукмаков А. Л., Кашапов Н.Ф., Тукмаков Д.А., Фазлыяхматов М.Г.</b> Численное моделирование аэродинамики запыленной среды в электрическом поле.....	338
<b>Федяев В.Л., Галимов Э.Р., Беляев А.В., Долгов А.В., Самойлов В.М.</b> Оценка динамики межфазной границы при контакте расплава с твердым материалом.....	342
<b>Федяев В.Л., Галимов Э.Р., Самойлов В.М.</b> Теплоперенос в синтактных углеродных пороматериалах.....	347
<b>Федяев В.Л., Галимов Э.Р., Орлов М.А., Самойлов В.М.</b> Математическое моделирование слияния связующего материала при получении синтактных углеродных пен.....	352
<b>Хатмуллина А.И., Петров Е.Ю., Ляхович А.М.</b> Исследование граничных слоев форм, используемых при отливке титана.....	357
<b>Хуснутдинова Э.М., Коначина И.А., Хамидуллина Г.Р., Вачагина Е.К.</b> Интенсификация подогревателей нефти и нефтепродуктов посредством шнековых вставок.....	361
<b>Хуснутдинова Э.М., Коначина И.А., Хамидуллина Г.Р., Мамонова А.О.</b> Способы организации транспортировки нефти и нефтепродуктов в условиях подогрева и методы их совершенствования.....	364
<b>Шавалиев А.Ш., Пуряев А.С.</b> Agile в системе управления проектами в машиностроении.....	368
<b>Юрасова О.И., Юрасов С.Ю., Рябов Е.А., Хисамутдинов Р.М.</b> Повышение прибыльности проекта подготовки производства и выпуска автокомпонентов.....	373
<b>Яшин А.В.</b> Обоснование конструкции сепаратора с переменным сечением питающих каналов.....	377



Материалы  
VIII Международной научно-технической конференции  
«Инновационные машиностроительные технологии,  
оборудование и материалы – 2017»

Часть 1

Подписано в печать 29.11.2017

Формат 60×84/16

Бумага офсетная

Тираж 300 экз.

Отпечатано в ООО «Фолиант»  
г. Казань, ул. Профсоюзная, 17в



**АО «Казанский научно-исследовательский институт**

**авиационных технологий»**

г. Казань, ул. Дементьева, д. 2в

тел.: (843) 571-31-79

571-31-49

факс: (843) 510-53-63

e-mail: oao@kniat.ru

web: www.kniat.pf

ISBN 978-5-9500631-6-9



9 785950 063169

