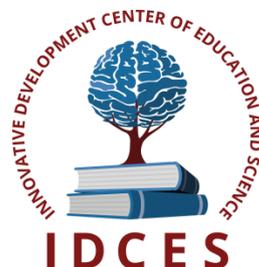


**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



## **ПРОБЛЕМЫ И ДОСТИЖЕНИЯ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ**

### **Выпуск II**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(7 мая 2015г.)**

**г. Омск  
2015 г.**

**Проблемы и достижения в науке и технике/** Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2. Омск, 2015. 168 с.

**Редакционная коллегия:**

доктор технических наук, профессор Аракелян Эдик Койрунович (г.Москва), доктор физико-математических наук, профессор Будагян Ирина Фадеевна (г.Москва), доктор технических наук, доцент Бунаков Павел Юрьевич (г.Коломна), кандидат технических наук Валеев Анвар Рашитович (г.Уфа), доктор технических наук, профессор Высоцкий Лев Ильич (г.Саратов), доктор технических наук, старший научный сотрудник Галкин Александр Фёдорович (г.Санкт-Петербург), кандидат технических наук, доцент Горюнова Валентина Викторовна (г.Пенза), кандидат педагогических наук, доцент Давлеткиреева Лилия Зайнитдиновна (г.Магнитогорск), доктор технических наук, профессор Дадашев Мирали Нуралиевич (г.Москва), доктор технических наук, профессор Денисов Валерий Николаевич (г.Санкт-Петербург), кандидат технических наук Егоров Алексей Борисович (г.Харьков), доктор технических наук, профессор Жуманиязов Максуд Жаббиевич (г.Ургенч), доктор технических наук, профессор, заслуженный мелиоратор РФ Заднепровский Рэм Петрович (г.Волгоград), кандидат технических наук Иванов Валерий Игоревич (г.Москва), кандидат технических наук Ключева Инна Викторовна (г.Новосибирск), кандидат технических наук, доцент Корниенко Владимир Тимофеевич (г.Ростов-на-Дону), кандидат технических наук, профессор Куберский Сергей Владимирович (г.Алчевск), доктор технических наук, доцент Курганова Юлия Анатольевна (г.Москва), кандидат технических наук Мостовой Антон Станиславович (г.Энгельс), доктор технических наук, профессор Мухуров Николай Иванович (г.Минск), кандидат технических наук, доцент Никулин Владимир Валерьевич (г.Саранск), кандидат технических наук, профессор Охрименко Ольга Владимировна (г.Вологда-Молочное), доктор технических наук, профессор Пачурин Герман Васильевич (г.Нижний Новгород), кандидат технических наук Полонский Яков Аркадьевич (г.Волгоград), кандидат технических наук Решетняк Сергей Николаевич (г.Москва), инженер, аспирант Рычков Евгений Николаевич (г.Пуатье), кандидат химических наук Хентов Виктор Яковлевич (г.Новочеркасск)

В сборнике научных трудов по итогам международной научно-практической конференции «Проблемы и достижения в науке и технике» (г.Омск) представлены научные статьи, тезисы, сообщения студентов, аспирантов, соискателей учёных степеней, научных сотрудников, докторантов, специалистов практического звена Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Сборник включен в национальную информационно-аналитическую систему "Российский индекс научного цитирования" (РИНЦ).

## Оглавление

<b>СЕКЦИЯ №1.</b>	
<b>ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01) .....</b>	<b>7</b>
<b>АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ</b>	
Май Ван Хонг, Черникова Н.Н., Кузнецова Е.В. ....	7
<b>ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ В ДИСЦИПЛИНЕ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» ДЛЯ</b>	
<b>НЕКОНСТРУКТОРСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ</b>	
Тиллес В.Ф., Волдиман К.Ю. ....	11
<b>СЕКЦИЯ №2.</b>	
<b>ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00) ..</b>	<b>13</b>
<b>АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТУРБО-МЕХАНИЗМАМИ</b>	
Мухопад А.Ю., Филатов Д.А. ....	13
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МАГНИТО-РЕЗОНАНСНОЙ</b>	
<b>ТОМОГРАФИИ</b>	
Мухопад А.Ю., Филатов Д.А. ....	13
<b>ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В СТОРОНУ</b>	
<b>ПРИБЛИЖЕНИЯ К МОДЕЛЯМ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА</b>	
Богатырёв П.Ю. ....	26
<b>ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ</b>	
<b>СВЯЗИ</b>	
Коротков М.А., Юркевская Л.А. ....	28
<b>РАЗРАБОТКА ZIGBEE-СОВМЕСТИМОГО МЕХАНИЗМА УДАЛЕННОГО ОБНОВЛЕНИЯ</b>	
<b>ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СЕНСОРНОГО УЗЛА</b>	
Суханов А.В. ....	32
<b>СЕКЦИЯ №3.</b>	
<b>ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00).....</b>	<b>34</b>
<b>ФОРМИРОВАНИЕ ПОГЛОЩАЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕРНОГО</b>	
<b>КОМПОЗИТА ДЛЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРОВ</b>	
Смирнов А.В., Синёв И.В. ....	34
<b>СЕКЦИЯ №4.</b>	
<b>МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00) .....</b>	<b>36</b>
<b>АНАЛИЗ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА РЕМОНТА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ</b>	
<b>ПО РАЗРАБОТАННОЙ И ТРАДИЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЯМ</b>	
Бондаренко Ю.А., Федоренко М.А., Санина Т.М. ....	36
<b>К РАСЧЕТУ МОЩНОСТИ ПРИВОДА ПОДАЧ НЕСТАЦИОНАРНОГО СТАНКА</b>	
Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Дуганов В.Я. ....	38
<b>ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ВИДОВ И ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКАЗОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ</b>	
<b>ТЕХНИКИ</b>	
Белов В.А., Дежаткин М.Е. ....	41
<b>ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ</b>	
<b>ЧАШЕЧНЫМИ РЕЗЦАМИ</b>	
Санина Т.М., Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А. ....	44
<b>ФОРМИРОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ «ХОЛОДНЫМ» ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ</b>	
Кузнецов Ю.А., Мамонов Е.В., Филичев Е.А., Понкратов Д.А., Павлов В.В. ....	47
<b>СЕКЦИЯ №5.</b>	
<b>ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00) .....</b>	<b>50</b>
<b>THE WIND POWER - THE ENERGY SOURCE OF THE FUTURE</b>	
Konoval I.A., Garanina T.V. ....	50
<b>МОДЕРНИЗАЦИЯ МОРОЗИЛЬНЫХ КАМЕР С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>	
Фатхиева Р.А., Байгалиев Б.Е., Ибрагимов А.И. ....	50
<b>ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ ПО СИНХРОНИЗИРОВАННЫМ</b>	
<b>МГНОВЕННЫМ ЗНАЧЕНИЯМ ТОКОВ</b>	
Барабаш К.С., Зеленский Е.Г. ....	53
<b>СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ СТРОИТЕЛЬСТВА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ</b>	
Постников Н.Н. ....	56
<b>СОЗДАНИЕ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ПРОЖЕКТОРА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>	
<b>БЕЗ АЛЮМИНИЕВОГО РАДИАТОРА</b>	
Березин В.В., Акбиров З.Р., Байгалиев Б.Е. ....	58

<b>СЕКЦИЯ №6.</b>	
<b>ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00) .....</b>	<b>60</b>
<b>СЕКЦИЯ №7.</b>	
<b>МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00) .....</b>	<b>60</b>
ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА СТРУКТУРУ АЛЮМИНИЯ И АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ Al-1.3%Mn, И СПЛАВА Al-1.6%Mn	
Шакетаева Г.Е., Ерболатулы Д. ....	60
ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ НА КИНЕТИКУ ФОРМИРОВАНИЯ ДИФфуЗИОННОЙ ЗОНЫ ПРИ КОНТАКТНОМ ПЛАВЛЕНИИ	
Шморгун В.Г., Слаутин О.В., Евстропов Д.А., Миронова Ю.В. ....	64
<b>СЕКЦИЯ №8.</b>	
<b>ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00) .....</b>	<b>68</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЗАРЯДНО-РАЗРЯДНОГО УСТРОЙСТВА СУПЕРКОНДЕСАТОРА	
Кобышев Н.А. ....	68
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗЕРВОВ В РАБОТЕ ТЕРМИНАЛЬНО-СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА	
Тяботова А.А., Гришкова Д.Ю. ....	70
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА	
Луковенко А.С. ....	73
<b>СЕКЦИЯ №9.</b>	
<b>АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10).....</b>	<b>76</b>
<b>СЕКЦИЯ №10.</b>	
<b>СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00) .....</b>	<b>76</b>
ВОПРОСЫ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ	
Базилевич А.М. ....	76
ИССЛЕДОВАНИЕ ОТХОДОВ НЕФТЕДОБЫЧИ НЕФТЯНОГО ШЛАМА	
Кайракбаев А.К., Абдрахимов В.З. ....	78
<b>СЕКЦИЯ №11.</b>	
<b>ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00) .....</b>	<b>82</b>
ВЛИЯНИЕ ИЗБЫТКА Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> НА ПОЛУЧЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННЫХ LTA И SOD ЦЕОЛИТОВ ИЗ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ СМЕСЕЙ МЕТАКАОЛИНА	
Гордина Н.Е., Кульпина Ю.Н., Прокофьев В.Ю. ....	82
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВЫХ ОТХОДОВ	
Алексеев А.И., Николаева Н.В., Конончук О.О. ....	85
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДА ОЗОНИРОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	
Павлова С.В. ....	88
<b>СЕКЦИЯ №12.</b>	
<b>ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00) .....</b>	<b>90</b>
<b>СЕКЦИЯ №13.</b>	
<b>ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00) .....</b>	<b>91</b>
<b>СЕКЦИЯ №14.</b>	
<b>ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00) .....</b>	<b>91</b>
АНАЛИЗ СОСТАВЛЯЮЩИХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ КОМПЕНСАЦИОННОГО МАГНИТОМЕТРА	
Бельский А.М. ....	91
ОЦЕНКА МЕТОДИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ ФЛУКТУАЦИЯМИ ФАЗЫ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СИГНАЛА С АМПЛИТУДНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ	
Сильвашко С.А. ....	93
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ БПЛА ВЕРТОЛЕТНОГО ТИПА	
Ахмеров Ш.Р. ....	98

РЕКУРРЕНТНЫЙ АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ДАННЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТАТИСТИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА С ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПАЦИЕНТА Ивахно Н.В. ....	99
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КОНТРАСТА В ИЗОБРАЖЕНИИ ДВУХ ИК-СВЕТОДИОДОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЪЕМА ДЫМА Пинус А.А. ....	102
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОРОТКИХ АНТЕНН ОСЕВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ Парпула С.А., Заярный В.П., Гирич В.С., Киселёв Д.С. ....	104
<b>СЕКЦИЯ №15.</b>	
<b>ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00).....</b>	<b>107</b>
<b>КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ TRI-GATE ТРАНЗИСТОРОВ</b> Аюпов Э.И., Гайнуллина Н.Р. ....	107
<b>МЕТОД СИНТЕЗА ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГРЕБНЫМИ ДИЗЕЛЬ-ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ</b> Румянцев А.Ю., Белоусова Н.В., Самосейко В.Ф., Саушев А.В. ....	110
<b>УЛУЧШЕНИЕ МАССОГАБАРИТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИЛОВОГО ФИЛЬТРА ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА БАЗЕ ШИП-ДПТ ПРИ РАБОТЕ С ТОКООГРАНИЧЕНИЕМ</b> Борисов П.А. ....	112
<b>СЕКЦИЯ №16.</b>	
<b>БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00) .....</b>	<b>119</b>
<b>АВТОТРАНСПОРТНЫЙ ШУМ</b> Дмитриев М.С., Меркулов Е.П. ....	119
<b>БИНАРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ (БСУПБ) ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ</b> Осипов В.А., Шилов Д.П., Кузин И.Ю., Галкин А.А. ....	121
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ШЛАКОВ ОТ СЖИГАНИЯ УГЛЯ КАНСКО-АЧИНСКОГО БАСЕЙНА НА КРАСНОЯРСКОЙ ТЭЦ-2</b> Кайракбаев А.К., Абдрахимов В.З. ....	124
<b>ОСОБЕННОСТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОТЕЛЬНЫХ</b> Шишкина Е.А., Дудочкин И.Б., Овчинников Я.В., Кухта М.В., Зарипова Г.У. ....	126
<b>ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА ОПЕРАТОРОВ СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ</b> Вишневская Н.Л., Плахова Л.В. ....	132
<b>СЕКЦИЯ №17.</b>	
<b>ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12).....</b>	<b>134</b>
<b>ИНЖИНИРИНГ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ИНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦИИ</b> Давлеткиреева Л.З., Скокова И.К. ....	134
<b>СЕКЦИЯ №18.</b>	
<b>ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23) .....</b>	<b>140</b>
<b>ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ СМК В РОССИИ</b> Адракова Г.С., Дедух А.А., Тяпаев Т.Б. ....	140
<b>РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА ПРОИЗВОДСТВА ПЕРЕРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВЫХ ОТХОДОВ</b> Алексеев А.И., Николаева Н.В., Конончук О.О. ....	142
<b>СЕКЦИЯ №19.</b>	
<b>НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08) .....</b>	<b>146</b>
<b>МОДЕЛЬ ПОЛЯРИЗАЦИИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ</b> Тиллес В.Ф. ....	146

**СЕКЦИЯ №20.**

<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05) .....</b>	<b>149</b>
INTERNET PROVIDER COMPARISON ALGORITHM, BASED ON THE FAMILY OF ELECTRE METHODS Efimova O.V., Pirogov S.A., Semenov S.A.....	149
АЛГОРИТМ ШИФРОВАНИЯ С ПЕРЕМЕННОЙ ФРАГМЕНТАЦИЕЙ БЛОКА Жданов О.Н., Соколов А.В. ....	153
АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ БЕЗРАБОТИЦЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ Башанова И.А. ....	159
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ Пискарева Ю.В., Агафонова В.В. ....	161

**СЕКЦИЯ №21.**

<b>МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08) .....</b>	<b>165</b>
<b>ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2015 ГОД .....</b>	<b>166</b>

# СЕКЦИЯ №1. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Май Ван Хонг, Черникова Н.Н., Кузнецова Е.В.

ОГУ, РФ, г.Оренбург

Одной из задач, решаемых при разработке технологического процесса механической обработки изделий машиностроения, является назначение числа технологических переходов (стадий) обработки и расчет глубины резания для каждого перехода.

Автоматизация решения данных задач позволяет существенно снизить трудоемкость проектирования технологии, а методика формализованного описания и разработки программного кода может быть полезна при разработке собственных систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП).

В качестве формализованного аппарата удобно использовать информационные карты для назначения стадий обработки [1]. Например, для фрезерования по карте 54 лист 2 ([1], стр.174) определяем, что для обработки размера 41h14 в размер 38h11 необходимо выполнение полустивой (II) и чистовой (III) стадий обработки (Рисунок 1).

Использование всех данных информационных карт позволяет разработать приложение для автоматизированного выбора числа стадий для всех видов обработки резанием.

В качестве примера составлен следующий программный код процедуры в среде Delphi:

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
Const
  Stadii: array[1..17,7..16] of string =
// D - качество поверхности на детали, Z - качество поверхности на заготовке
{D:  , 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, }
{Z11} (('3+4','3+4','3+4','3','3','-' '-' '-' '-' '-'),
{Z12} ('3+4','3+4','3+4','3','3','-' '-' '-' '-' '-'),
{Z13} ('2+3+4','2+3+4','2+3+4','2+3','2+3','2','2','-' '-' '-' '-'),
{Z14} ('2+3+4','2+3+4','2+3+4','2+3','2+3','2','2','-' '-' '-' '-'),
{Z15} ('1+2+3+4','1+2+3+4','1+2+3+4','1+2+3','1+2+3','1+2','1+2','-' '-' '-' '-'),
{Z16} ('1+2+3+4','1+2+3+4','1+2+3+4','1+2+3','1+2+3','1+2','1+2','1','1','1'),
{Z17} ('1+2+3+4','1+2+3+4','1+2+3+4','1+2+3','1+2+3','1+2','1+2','1','1','1'));
Perehod: array [1..4] of string = ('Черновая', 'Полустивая', 'Чистовая', 'Отделочная');
Var
  i,j,k,x: integer;
  A,SS: string;
begin
  StringGrid1.Cells[0,0]:='№№';
  StringGrid1.Cells[1,0]:='Стадия обработки (переход)';
  i:=StrToInt(Edit1.Text); j:=StrToInt(Edit2.Text); Edit3.Text:=Stadii[i,j];
  x:=0;
  For k:=1 to Length(Stadii[i,j]) do
  begin
    A:=Copy(Stadii[i,j],k,1); SS:='';
    If A='1' then begin x:=x+1; SS:=Perehod[1] end;
    If A='2' then begin x:=x+1; SS:=Perehod[2] end;
    If A='3' then begin x:=x+1; SS:=Perehod[3] end;
    If A='4' then begin x:=x+1; SS:=Perehod[4] end;
    If SS<>'' then
    begin
      StringGrid1.Cells[0,x]:=IntToStr(x); StringGrid1.Cells[1,x]:=SS;
    end;
  end;
```

end;  
StringGrid1.RowCount:=X+1;  
end; {Button1.Click}

Внешний вид экранной формы процедуры представлен на Рисунке 2.

КОЛИЧЕСТВО СТАДИЙ ОБРАБОТКИ		Фрезерование плоскостей																	
Фрезы торцовые с пластинами из твердого сплава, быстрорежущей стали, сверхтвердых материалов и минералокерамики		Карта 54					Лист 2												
№ позиции	Метод получения заготовки	Квалитет заготовки	Квалитеты детали																
			16-15		14		13-12		11-10		9-8-7								
			Требуемые стадии обработки																
№	Наименование	№	Наименование	№	Наименование	№	Наименование	№	Наименование	№	Наименование								
стадии	стадии	стадии	стадии	стадии	стадии	стадии	стадии	стадии	стадии	стадии	стадии								
4	Литье стальное II кл. точности и чугунное I кл. точности в песчаные формы, стальное и чугунное в кокиль и центробежное, чугунное в оболочковые формы, цветных металлов и сплавов II кл. точности в песчаные формы, в оболочковые формы, в кокиль, центробежное и по выплавляемым моделям; горячая ковка и штамповка стальных деталей в штампах, на прессах и молотах	14	—	—	—	II	Получистовая	II	Получистовая	III	Чистовая	II	Получистовая	III	Чистовая	IV	Отделочная		
5	Литье стальное I кл. точности в песчаные формы, в оболочковые формы и по выплавляемым моделям, чугунное в оболочковые формы и по выплавляемым моделям, цветных металлов и сплавов по выплавляемым моделям и под давлением	13	—	—	—	—	—	II	Получистовая	II	Получистовая	III	Чистовая	II	Получистовая	III	Чистовая	IV	Отделочная
6	Литье стальное I кл. точности в песчаные формы, в оболочковые формы и по выплавляемым моделям, чугунное по выплавляемым моделям и в оболочковые формы, цветных металлов и сплавов под давлением	12	—	—	—	—	—	—	—	III	Чистовая	—	—	III	Чистовая	IV	Отделочная		
7	Литье стальное в оболочковые формы и по выплавляемым моделям, чугунное по выплавляемым моделям	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	III	Чистовая	—	—	III	Чистовая	IV	Отделочная
Индекс			а		б		в		г		д								

Рис. 1. Использование информационной карты для выбора числа стадий обработки [1]

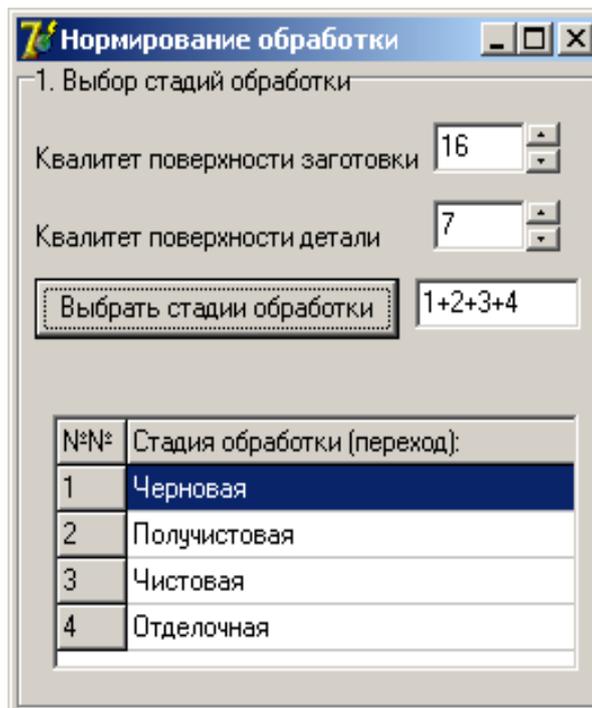


Рис.2. Экранная форма процедуры выбора числа стадий обработки

После ввода и отладки приложения возможны его запуск и использование в практических целях.

Следующий шаг – определение глубины резания, т.е. срезаемого слоя припуска для получения требуемой точности обработки. Назначение глубины резания ведется с последнего перехода (в рассматриваемом случае – с чистового фрезерования). По карте 55 ([1], стр. 175) определяем глубину резания:  $t_{III} = 1,00$  мм и  $t_{II} = 2,00$  мм:

ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛУЧИСТОВОЙ, ЧИСТОВОЙ И ОТДЕЛОЧНОЙ СТАДИИ ОБРАБОТКИ (II, III и IV стадии)				Фрезерование плоскостей								
Фрезы торцовые с пластинами из твердого сплава, быстрорежущей стали, сверхтвердых материалов и минералокерамики				Карта 55			Лист 1					
№ позиции	Размеры (длина × ширина) обрабатываемой поверхности, мм, до	Квалитет заготовки	Квалитет детали	Выполняемый размер, мм, до								
				80	120	180	250	315	400	500	630	свыше 630
				Глубина резания t, мм, не менее								
<b>Получистовая стадия (II)</b>												
1	160×160	14	13	2,10	2,30	2,60	2,80	3,10	3,30	3,50	4,20	4,70
2			12	1,90	2,00	2,30	2,50	2,70	2,90	3,10	3,60	4,10
3			11	1,50	1,70	1,90	2,00	2,30	2,40	2,60	3,30	3,40
4		13	12	1,30	1,50	1,70	1,90	2,10	2,20	2,30	2,70	2,00
5			11	1,20	1,30	1,60	1,70	1,80	1,90	2,10	2,40	2,60
6	400×400	14	13	2,20	2,40	2,70	2,90	3,20	3,40	3,60	4,30	4,80
7			12	2,00	2,10	2,40	2,60	2,80	3,00	3,20	3,70	4,20
8			11	1,50	1,70	2,00	2,10	2,30	2,50	2,70	3,40	3,50
9		13	12	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,30	2,40	2,80	3,00
10			11	1,20	1,30	1,60	1,70	1,90	2,00	2,10	2,50	2,70
11	свыше 400×400	14	13	2,30	2,50	2,80	3,00	3,30	3,50	3,70	4,40	4,90
12			12	2,10	2,20	2,50	2,70	2,90	3,10	3,30	3,80	4,30
13			11	1,70	1,90	2,10	2,20	2,50	2,60	2,80	3,50	3,60
14		13	12	1,50	1,70	1,90	2,10	2,30	2,40	2,50	2,90	3,10
15			11	1,40	1,50	1,80	2,00	2,00	2,10	2,30	2,60	2,80
<b>Чистовая стадия (III)</b>												
16	160×160	13	10	1,10	1,20	1,30	1,40	1,60	1,70	1,80	2,30	2,50
17		12	11	1,00	1,10	1,10	1,20	1,40	1,50	1,60	2,00	2,20
18			10	0,90	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,90	2,00
19	400×400	11	10	0,60	0,70	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,40	1,50
20		13	10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,70	1,80	1,90	2,40	2,60
21			11	1,00	1,10	1,20	1,30	1,50	1,60	1,70	2,10	2,30
22	12	10	0,90	1,00	1,00	1,10	1,30	1,30	1,40	1,90	2,00	
23		11	10	0,70	0,70	0,80	0,80	0,90	1,00	1,10	1,50	1,60
24	свыше 400×400	13	10	1,30	1,40	1,50	1,60	1,80	1,90	2,00	2,50	2,70
25		12	11	1,10	1,20	1,30	1,40	1,60	1,70	1,80	2,20	2,40
26			10	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	2,10	2,20
27	11	10	0,70	0,80	0,80	0,90	1,00	1,10	1,10	1,50	1,60	
Индекс				а	б	в	г	д	е	ж	з	и

Рис.3. Использование информационной карты для выбора глубины резания

Внешний вид экранной формы процедуры автоматизированного расчета глубины резания может быть оформлен в соответствии с Рисунком 4.

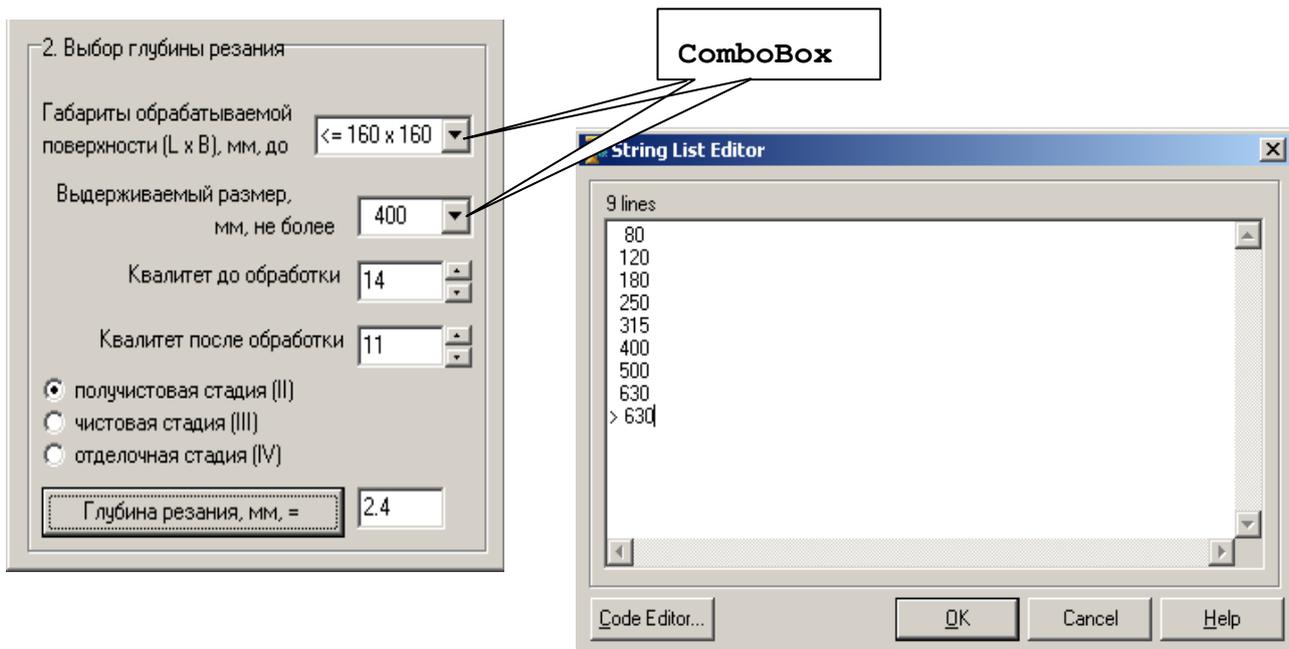


Рис.4. Экранная форма (а) и значения компонента ComboBox2 (б) процедуры расчета глубины резания

Таким образом, справочник [1] содержит формализованный аппарат, необходимый для построения САПР ТП.

В условиях, когда по техническим специальностям вузов практически повсеместно преподаются дисциплины программирования на языках высокого уровня, разработка собственных компьютерных приложений для автоматизации проектирования технологических процессов перестает быть проблемой.

#### Список литературы

1. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 2. Нормативы режимов резания.- М.: Экономика, 1990.- 473 с.

### ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ В ДИСЦИПЛИНЕ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» ДЛЯ НЕКОНСТРУКТОРСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

**Тиллес В.Ф., Волдиман К.Ю.**

ЮГУ, РФ, г.Ханты-Мансийск

В связи с введением государственных образовательных стандартов поколения 3+ особенно актуальной становится задача определения образовательной организацией высшего образования содержания образовательных программ. Так как ФГОС 3+ не содержат не только краткого изложения дидактических единиц дисциплины (как было ранее в ГОС второго поколения), не содержат «знаний, навыков, умений», формируемых дисциплиной, как было во ФГОС 3. ФГОС3+ не содержат даже наименований базовых дисциплин, которые составляют основу образовательной программы. ФГОС3+ предъявляет требования к сформированным в результате обучения компетенциям.

Формулировки компетенций достаточно общие, и то, каким способом они будут сформированы, определяет разработчик образовательной программы, то есть выпускающая кафедра. В условиях запланированного сокращения 44% преподавателей вузов России [1] заведующие выпускающими кафедрами поставлены в жесткие условия. Пытаясь сохранить преподавателей выпускающей кафедры, заведующий составляет учебный план с максимальным количеством часов для дисциплин своих сотрудников и минимальным количеством аудиторных часов для преподавателей базовых дисциплин. Под удар, наряду с математикой, физикой, химией, на технических направлениях подготовки попадает «Инженерная графика».

Довольно часто можно услышать от заведующих выпускающими кафедрами вопрос: «А зачем начертательная геометрия?» и предложения преподавать «Инженерную графику» без начертательной геометрии.

Эти идеи проявились в изменении наименования дисциплины в учебных планах – исключение дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная графика», наряду с появлением дисциплин «Инженерная графика» или «Инженерная и компьютерная графика».

Анализ программ дистанционных курсов ведущих американских вузов [2] показал, что в дисциплинах типа «Design» или «Foundations of Computer Graphics» никакой «Начертательной геометрии» - нет.

Так нужна ли начертательная геометрия? Или достаточно слегка расширить и углубить учебник школьного черчения и этого будет достаточно, по крайней мере для студентов не конструкторских специальностей? Эта идея кажется оправданной в связи с резким снижением процента первокурсников, у которых в школе был предмет «Черчение», хоть в каком-либо минимальном объеме, не говоря уже о полноценном курсе в 72 часа. С одной стороны Правительство РФ ставит задачи по развитию инженерного образования, а с другой стороны – из школьной программы исключили «Черчение».

Невольно напрашивается вывод о том, что за то мизерное количество аудиторных занятий, которое осталось на НГИГ от ГОС2, максимум, что успеют преподаватель и студенты – это изучить расширенный и приближенный к требованиям ЕСКД курс школьного черчения.

Однако допустить такого снижения качества образования – нельзя. Всё-таки, несмотря на квалификацию бакалавр (внедряемый сегодня – прикладной бакалавр), а не «инженер», мы даем образование, которое считается высшим. И подход к формированию образовательной программы должен быть соответствующим.

Самой сложной компетенцией, формируемой в процессе изучения Инженерной графики, является способность читать сборочные чертежи и выполнять эскизы сложных деталей с натуры. Чтобы сформировать эти компетенции необходимо предварительно развить пространственное воображение студента. Это очень не простая задача в современных условиях, когда в школе нет черчения и, практически, нет стереометрии. Именно Начертательная геометрия позволяет развить пространственное воображение. Решение позиционных и метрических задач Начертательной геометрии в достаточном количестве и различной степени сложности на практических занятиях и самостоятельно вызывает усиленную работу пространственного воображения и развивает его.

Выполняя построения по правилам, изучаемым в Начертательной геометрии, студенты представляют мысленную форму предметов и их взаимное расположение в пространстве, определяют размеры, исследуют геометрические свойства, присущие изображаемому предмету.

Как писал Н.А. Рынин, [3] начертательная геометрия «является наивысшим средством для развития той таинственной и мало поддающейся изучению точными науками способности человеческого духа, которая зовется воображением и которая является ступенью к другой способности – фантазии, без которой почти не совершаются великие открытия и изобретения».

В условиях, когда вопрос инновационного развития промышленности России становится вопросом существования России вообще, сокращать или исключать из образовательных программ высшего образования дисциплину, которая в существенной степени формирует способность человека к инновациям – недопустимо.

#### Список литературы

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2012 г. N 2620-р "Собрание законодательства Российской Федерации", 14.01.2013, N 2, ст. 149.
2. [www.coursera.org](http://www.coursera.org), [www.edx.org](http://www.edx.org)
3. Фролов С.А. Покровская М.В. В поисках начала.- М.: МГТУ им. Баумана, 2012. – 192 с.

**СЕКЦИЯ №2.  
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)**

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТУРБО-МЕХАНИЗМАМИ**

**Мухопад А.Ю., Филатов Д.А.**

ИрГУПС, РФ, г.Иркутск

Аннотация.

Рассмотрены вопросы синтеза управляющих автоматов (УА) турбо-механизмами на основе применения автоматов с мультиплексором (МУА). Синтез МУА производится по модифицированной граф-схеме алгоритма (ГСА) на основе ввода пустых операторов, обеспечивающих выбор единственного логического условия из всего множества по коду состояния автомата. За счет выделения одиночных подграфов в графе переходов и их объединения в структурной схеме УА достигается предельная минимизация комбинационной схемы переходов. Моделирование МУА осуществляется методом структурно-автоматного программирования.

Ключевые слова: алгоритм, автомат, программа, синтез, декомпозиция, структурная модель, вихревой эффект.

Введение.

В настоящее время используются турбо-механизмы различного типа к которым относятся:

- сложные вентиляционные системы;
- вихревые трубы;
- специальные механизмы с использованием вихревого эффекта.

В работах [3, 7] предложен турбо-механизм для очистки поверхностей деталей от лаковых, масляных и других типов загрязнений с помощью горячего сжатого воздуха и ультразвукового излучения. Такой турбо-механизм можно эффективно использовать для отчистки железнодорожных стрелок и рельс от снега и льда.

Подогрев воздушной среды относительно высокого давления осуществляется в вихревой трубе под воздействием эффекта Ранка (Рисунок 1).

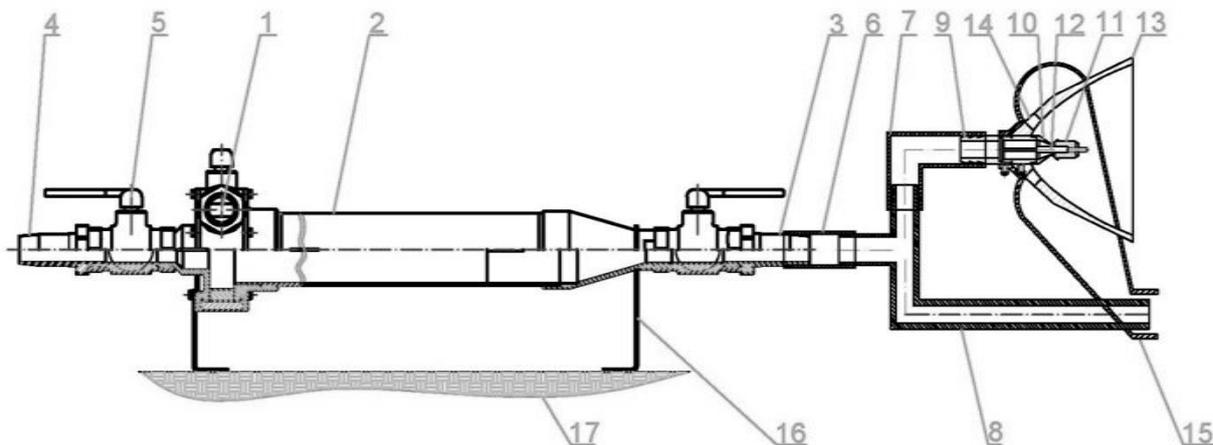


Рис.1. Общий вид ультразвуковой системы очистки технологических сред с применением вихревого эффекта, где 1 – сопло вихревой трубы, 2 – гладкая цилиндрическая труба, 3, 4, 9 – штуцер, 5 – дроссель, 6, 7 – стыковочный элемент, 8 – пневмообдувка, 10 – сопло ультразвуковой сирены, 11 – резонатор, 12 – стержень, 13 – рефлектор, 14 – отверстия для выхода отработанного сжатого воздуха, 15 – отборная камера отработанного сжатого воздуха, 16 – элемент крепления системы, 17 – элемент рабочей поверхности

Устройство (Рисунок 1) может быть отнесено к категории сложных технических систем, так как содержит все подсистемы структурной модели в виде Ф – функциональной, И – информационной, А – адресной, Л – логической, У – управляющей подсистем [2, 5, 6].

Функции подсистем определяются на основе представления всего процесса в виде сети Петри с запрещающими дугами [3]. Эта модель процесса позволяет определить полный набор управляющих микрокоманд  $A_1 \dots A_k$ , логических условий  $\alpha_1 \dots \alpha_q$  (Табл.1) и разработать алгоритм управления (Рисунок 2) в виде граф-схемы (ГСА).

При традиционном подходе к созданию управляющей подсистемы выбирается микроэлектронный контроллер (МК), для которого с использованием языков высокого уровня по ГСА составляется программа.

Такая программа получается сложной, что затрудняет отладку, реконфигурируемость и модернизацию подсистемы управления и контроля.



Таблица микроопераций и микрокоманд

$\alpha_1$	Присутствует входной поток сжатого воздуха в вихревую трубу.
$\alpha_2$	Параметр температуры входного сжатого воздуха в вихревую трубу в норме.
$\alpha_3$	Параметр давления входного сжатого воздуха в вихревую трубу в норме.
$\alpha_4$	Параметр давления входного сжатого воздуха в вихревую трубу равен рабочему давлению.
$\alpha_5$	Параметр давления входного сжатого воздуха в вихревую трубу меньше рабочего давления.
$\alpha_6$	Отсутствует выходной холодный поток сжатого воздуха.
$\alpha_7$	Параметр температуры выходного холодного сжатого воздуха в норме.
$\alpha_8$	Параметр давления выходного холодного сжатого воздуха в норме.
$\alpha_9$	Параметр давления выходного холодного сжатого воздуха равен рабочему давлению.
$\alpha_{10}$	Параметр давления выходного холодного сжатого воздуха меньше рабочего давления.
$\alpha_{11}$	Отсутствует входной поток сжатого воздуха в ультразвуковую сирену.
$\alpha_{12}$	Параметр температуры входного потока сжатого воздуха в ультразвуковую сирену в норме.
$\alpha_{13}$	Параметр давления входного потока сжатого воздуха в ультразвуковую сирену в норме.
$\alpha_{14}$	Параметр давления входного сжатого воздуха в ультразвуковую сирену равен рабочему давлению.
$\alpha_{15}$	Параметр давления входного сжатого воздуха в ультразвуковую сирену меньше рабочего давления.
$\alpha_{16}$	Параметр температуры входного потока сжатого воздуха в пневмообдувку в норме.
$\alpha_{17}$	Параметр давления входного потока сжатого воздуха в пневмообдувку в норме.
$\alpha_{18}$	Параметр давления входного потока сжатого воздуха в пневмообдувку равен рабочему давлению.
$\alpha_{19}$	Параметр давления входного потока сжатого воздуха в пневмообдувку меньше рабочего давления.
$A_0$	Установка нулевого состояния системы.
$A_1$	Проверка значений параметров температуры и давления.
$A_2$	Оператор включен на измерение параметра давления входной поток сжатого воздуха в вихревую трубу.
$A_3$	Вращение первого электродвигателя против часовой стрелки, открытие заслонки воздушного потока.
$A_4$	Вращение первого электродвигателя по часовой стрелке, закрытие заслонки воздушного потока.
$A_5$	Выдача результата.
$A_6$	Оператор включен на измерение параметра давления выходной холодный поток сжатого воздуха.
$A_7$	Вращение второго электродвигателя против часовой стрелки, открытие заслонки воздушного потока.
$A_8$	Вращение второго электродвигателя по часовой стрелке, закрытие заслонки воздушного потока.
$A_9$	Вывод данных.
$A_{10}$	Оператор включен на измерение параметра давления входного сжатого воздуха в ультразвуковую сирену.
$A_{11}$	Вращение третьего электродвигателя против часовой стрелки, открытие заслонки воздушного потока.
$A_{12}$	Вращение третьего электродвигателя по часовой стрелке, закрытие заслонки воздушного потока.
$A_{13}$	Вывод данных.
$A_{14}$	Оператор включен на измерение параметра давления входного потока сжатого воздуха в пневмообдувку.
$A_{15}$	Вращение четвертого электродвигателя против часовой стрелки, открытие заслонки воздушного потока.
$A_{16}$	Вращение четвертого электродвигателя по часовой стрелке, закрытие заслонки воздушного потока.
$A_{17}$	Вывод данных.
$A_{18}$	Подготовка к завершению работы. Закрытие всех заслонок воздушного потока.

Структурное автоматное программирование:

Рассмотрим принципиально новый подход к реализации У-подсистемы на основе применения УА нового типа [1, 4, 5].

Структурная организация УА основана на введении мультиплексора для выбора единственного  $\alpha_j \leftarrow \{\alpha\}$  по коду состояния УА  $a(t+1)$ . Схема адресации мультиплексора формирует номер (j) условия  $\alpha_j \leftarrow \{\alpha\}$  по коду  $a(t+1) - y_1 \dots y_m$ .

Возможна микропрограммная реализация У-подсистемы на базе автомата Мура, но при этом для реализации комбинационных схем потребуются ПЛИС, ПЛМ или ПЗУ слишком большого объема.

Управляющий автомат нового типа определим как МУА, то есть мультиплексором УА.

Для синтеза МУА ГСА преобразуется по следующей методике, состоящей из семи пунктов [5]:

1. Если между  $\alpha_i$  и  $\alpha_j$  нет оператора  $A_i \leftarrow \{A\}$ , то ставится пустой оператор  $A_p$ .

2. За счет введения  $A_p$  ГСА преобразуется к однородному виду так, чтобы к любому  $\alpha_j \leftarrow \{\alpha\}$  имелся только один вход, а к  $A_i \leftarrow \{A\}$  не более двух.

3. В ГСА выделяются непрерывные пути для которых  $a(t+1) \rightarrow \overline{\alpha}a(t) + 1$ . Нумеруются все операторы, кроме логических на непрерывных путях, а затем нумеруются оставшиеся.

4. Если на непрерывном пути имеется переход  $a(t+1) \rightarrow \overline{\alpha}a(t) + 1$ , то значение  $\overline{\alpha}_j$  заменяется на  $\beta_j$ , где  $\beta_j = \overline{\alpha}_j$ . Тогда все переходы будут осуществляться по кодам  $x_1 \dots x_m$ , так как  $\alpha_0 + \alpha_i + \beta_j = 1$ .

5. По графу кодов заполняется таблица соответствия  $a(t) \rightarrow \alpha_j$ , которая является таблицей истинности для определения адреса мультиплексора в виде кода  $z_1 \dots z_m$ .

6. Определяется функция необходимости (+1) -  $\gamma$  или (-1) -  $\gamma_2$  к содержимому счетчика, как дизъюнкция кодов  $a(t)$  для непрерывных путей.

7. Для переходов всех непрерывных путей заполняется таблица переходов, соответствующая системе булевых функций ( $F_1$ )  $a(t+1) = F_1(\alpha_j, x_1 \dots x_m)$ .

Для рассматриваемого турбо-механизма (Рисунок 1) с ГСА (Рисунок 2) соответствует структурная схема МУА (Рисунок 3). Реализация систем булевых функций  $F_1$  и  $F_3$  в МУА возможна на ПЛМ или ПЛИС. Однако верхняя оценка сложности функций  $F_1$  и  $F_3$  производится по объему ПЗУ, который для МУА равен  $W = m \cdot 2^{m+1}$ , а для УА Мура  $V = m \cdot 2^{m+q}$ . Сокращение объема в  $Q$  раз определяется соотношением  $Q = V/W = 2^{q-1}$  раз для  $F_1$ . Функции  $F_3$  в УА нет, поэтому следует определить объем  $K = V/R$ , где  $R = 2^{m+1} + 2^m = 3 \cdot 2^m$ .

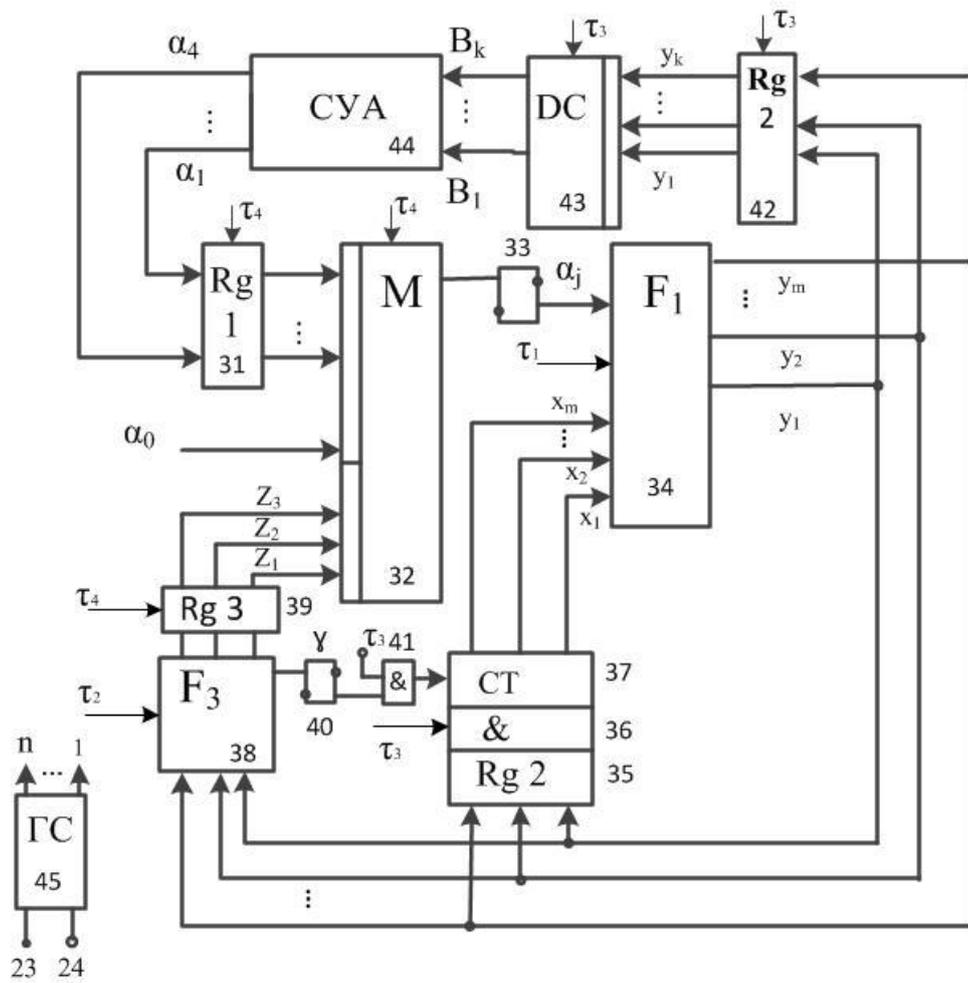


Рис.3. Управляющий автомат турбо-механизмами

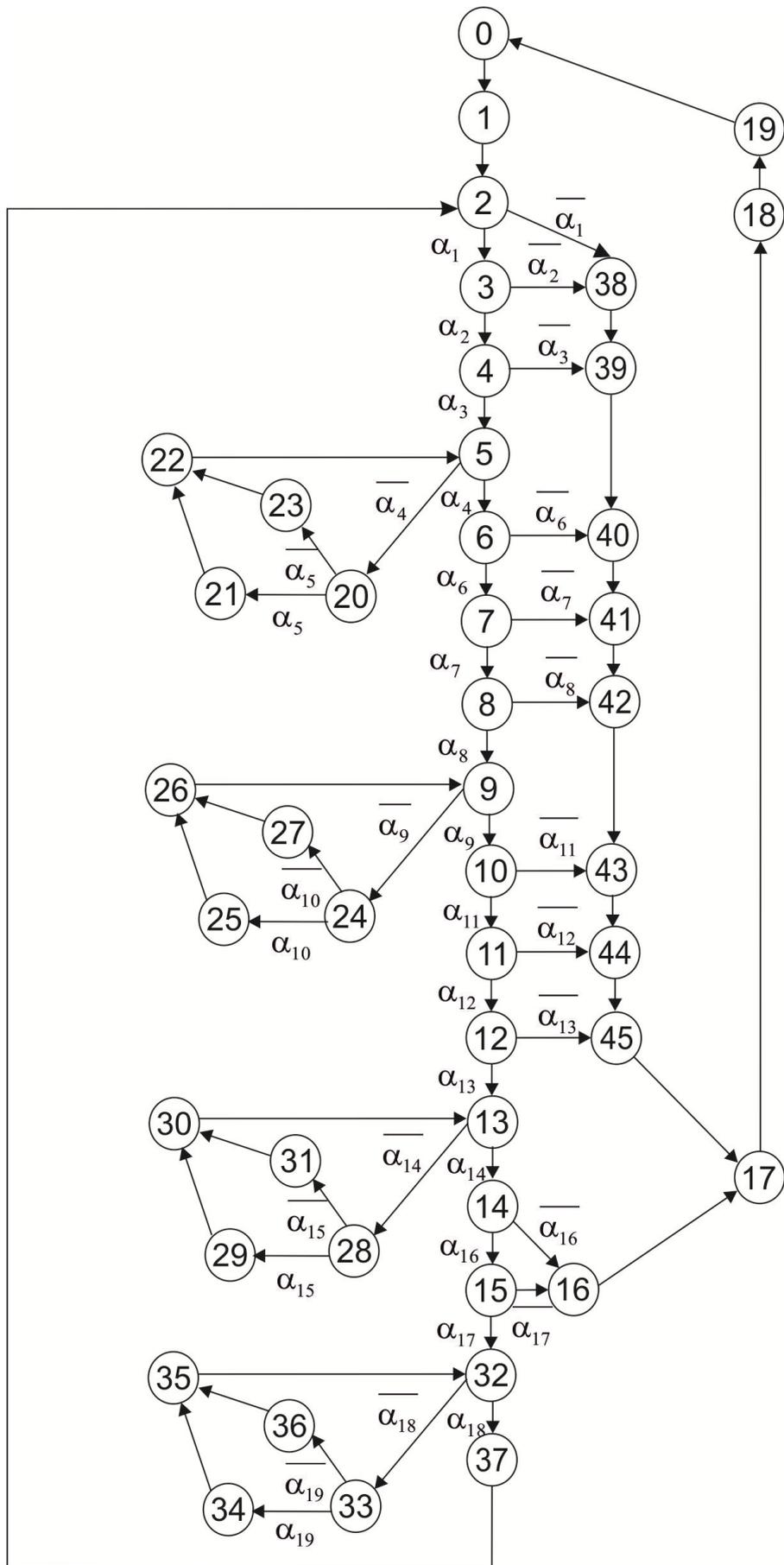


Рис.4. Граф переходов алгоритма

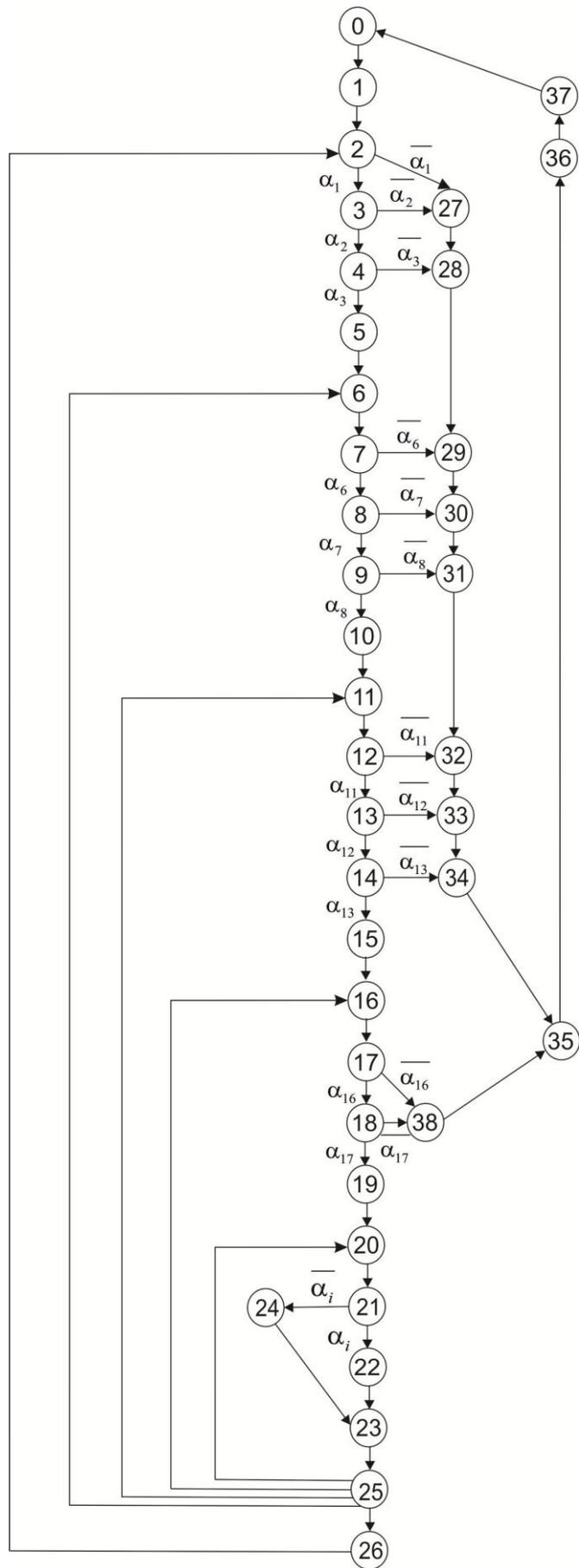


Рис.5. Граф переходов алгоритма с применением стековой памяти

Для рассматриваемого турбо-механизма  $m=6; q=19$ , тогда  $K = \frac{1}{3} 2^{19} = 1,7 \cdot 10^5$ .

Затраты на оборудование могут быть дополнительно снижены, если граф переходов (Рисунок 4) преобразовать к виду (Рисунок 5) за счет ввода дополнительных вершин 5, 10, 15, 19, 26 и отнесения однотипных подграфов (5, 20-23; 9, 24-27; 13, 28-31; 32, 33-36 Рисунок 4) в конец графа переходов в виде типовой структуры (21-25 Рисунок 5). Обращения к этой структуре из вершин 5, 9, 13, 32 (Рисунок 4) потребует замены микрокоманд  $A_i \leftarrow \{A\}$ , соответствующих объединенным подграфам 20-23, 24-27, 28-31, 33-36.

Реализацию замены  $\alpha_j$  и кода возврата  $x_1 x_2 \dots x_m - 5, 10, 15, 19, 26$  целесообразно осуществить через кольцевую стековую память (Рисунок 6).

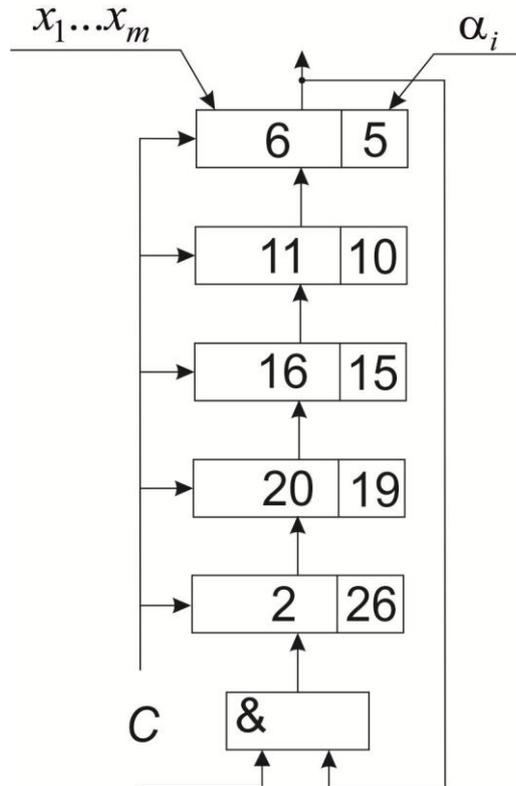


Рис.6. Стековая память смены  $\alpha_j \leftarrow \{\alpha\}$

При такой реализации функции переходов комбинационная схема  $F_1$  задается таблицей (Табл.2) всего из 14 строк.

Таблица 2

Таблица переходов

№ п/п	$a(t)$	$\alpha$	$a(t+1)$
1	26	$\alpha_0$	2
2	2	$\overline{\alpha_1}$	27
3	3	$\overline{\alpha_2}$	27
4	4	$\overline{\alpha_3}$	28
5	7	$\overline{\alpha_6}$	29

6	12	$\overline{\alpha_{11}}$	32
7	13	$\overline{\alpha_{12}}$	33
8	17	$\overline{\alpha_{16}}$	38
9	18	$\overline{\alpha_{17}}$	38
10	21	$\alpha_i$	23
11	27	$\alpha_0$	36
12	38	$\alpha_0$	36
13	36	$\alpha_0$	37
14	37	$\alpha_0$	0

Еще одним достоинством структурной организации МУА является ее соответствие весьма простой программной реализации на микроконтроллерах по методу структурного автоматного программирования [1]. Для этого после абстрактного синтеза МУА таблицы функций  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  запоминаются в различных зонах ОЗУ. Составляется ведущая программа опроса зон памяти ( $F_1$ ,  $F_2$  и  $F_3$ ) в соответствии с алгоритмом синхронизации МУА.

Таким образом, для проектирования спецпроцессора управления турбо-механизмами необходимо:

- составить математическую модель на основе сети Петри [2, 3] и на ее основе определить алгоритм управления с таблицей логических условий и операторов действия (микрокоманд управления);
- провести абстрактный синтез управляющего автомата с ориентацией на автоматы нового типа (МУА).
- перейти к этапу функционального электрического типа МУА на ПЛИМ, ПЛИС или к эквивалентной программной реализации на микроконтроллере по методу структурного автоматного программирования.

Методика структурного автоматного программирования проверена авторами методом моделирования на ЭВМ в среде программирования Borland C++.

Заключение.

Применение метода структурного автоматного программирования для автоматизированных систем очистки технологических сред позволяет создавать программы управляющих автоматов для управления и контроля в режиме реального времени, при реализации программы исключительно аппаратными средствами.

#### Список литературы

1. Безрукова Е.А., Мухопад А.Ю. Автоматизированное программирование микроконтроллерных средств управления технологическими процессами и сложными техническими системами. Информационные системы контроля и управления в промышленности и на транспорте: сб. науч. трудов / под редакцией Ю.Ф. Мухопада. – Иркутск: ИрГУПС, 2014. – Вып. 24. – С. 5-23.
2. Мухопад Ю.Ф. Микроэлектронные системы управления. – Братск: БрГУ, 2009. – 285с.
3. Мухопад Ю.Ф., Филатов Д.А., Модель системы контроля и управления турбо-механизмами // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – Новосибирск: НГТУ, 2013. – №2(51) – С. 3-12.
4. Мухопад А.Ю., Мухопад Ю.Ф., Пунсык-Намжилов Д.Ц., Матвеев Е.Н. Микропрограммный автомат. Патент РФ №2527190 БИ №24. – 2014, G06F9/00(2006.01) от 03.12.2013.
5. Мухопад А.Ю. Структурный синтез автоматов управления системами обработки информации реального времени / Автореф. дисс. к.т.н. – Братск, 2010. – 19 с.
6. Мухопад Ю.Ф. Теория дискретных устройств. Иркутск: ИрГУПС. – 2010. – 172 с.
7. Филатов Д.А. Математическое описание процессов в системе ультразвуковой очистки железнодорожных стрелок с применением вихревого эффекта // Системы. Методы. Технологии. – 2012. – №4(16). – С. 82-86.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МАГНИТО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Аль-Факих Али Салех Али, Аль-Бахели Васел Ахмед Ахмед

ТвГТУ, РФ, г.Тверь

Магнитно-резонансная томография(МРТ) вызывает больший интерес среди исследователей в области диагностики инсультов головного мозга. МРТ имеет преимущества перед КТ, так как обладает большими диагностическими возможностями в ранней диагностике инсультов. Однако невысокая контрастность МРТ-изображений может быть причиной, осложняющей визуальное определение типа инсульта. Целью этой работы является разработка алгоритма для автоматической классификации инсультов головного мозга на ишемические и геморрагические, чтобы помочь врачу точно постановить диагноз на ранних сроках лечения пациента. Последовательность обработки данных МРТ с целью диагностики типа инсульта приведена на Рисунке 1.

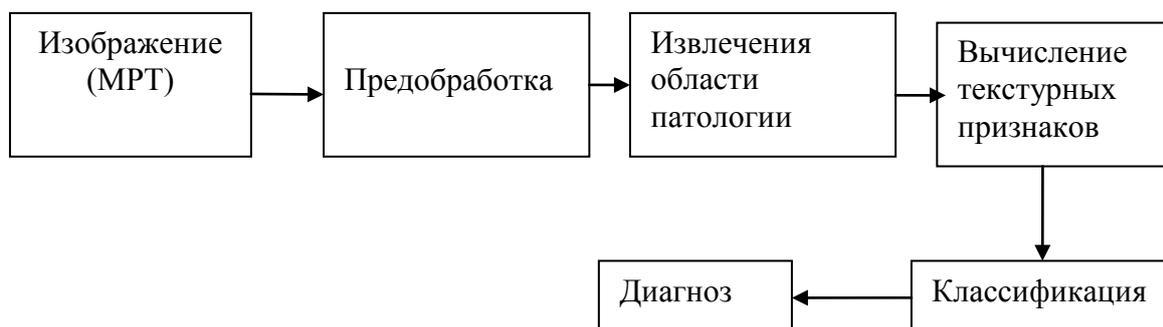


Рис.1. Схема автоматической классификации инсультов головного мозга

Предобработка заключается в удалении контуров, которые окружают вещества головного мозга и которые осложняют процесс распознавания области инсульта. Контур изображения представляет собой кривые на изображении, в точках которых модуль градиента  $\text{grad}(i, j)$  имеет достаточно большое значение для каждого элемента изображения с координатами  $(i, j)$ . Оценка модуля градиента  $\text{grad}(i, j)$  была получена с помощью оператора Собеля [2]. Извлечения области инсульта происходит с помощью пороговой обработки МРТ-изображений. Для этой цели используется функция градационного преобразования вида

$$s=T(e).$$

Были исследованы различные виды градационного преобразования – логарифмическое, степенное, кусочно линейные. Наилучшие результаты были получены при использовании пороговой функции градационного преобразования. Алгоритм устранения подобных шумов состоит из следующих шагов:

1. определяется пороговое значение  $m$ ;
2. последовательно считываются пиксели исходного изображения и определяется их яркость;
3. значение яркости в текущей точке  $e$  сравнивается с пороговым -  $m$ ;
4. с помощью пороговой функции градационного преобразования переменная  $s$  принимает одно из двух значений, соответствующих крайним значениям яркости.

Результат предобработки показан на Рисунке 2.

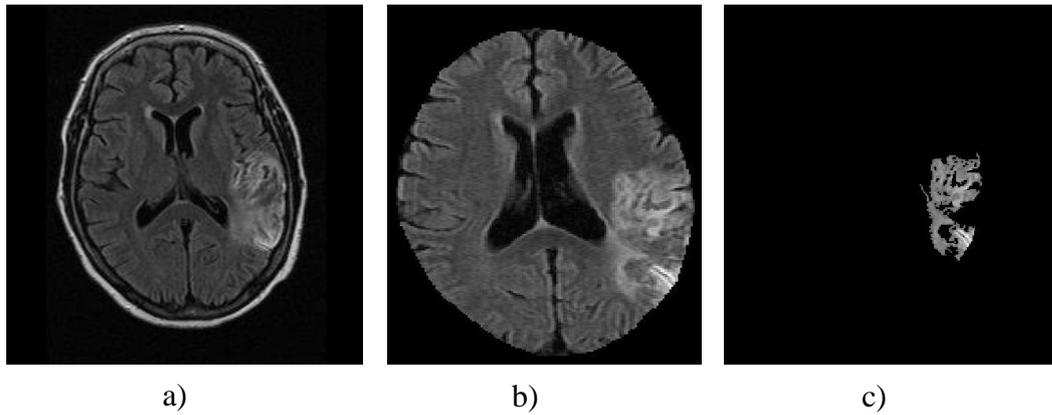


Рис.2. а - исходное изображение головного мозга. б - после предобработки.с-области инсульта (результат пороговой обработки).

Текстурные признаки изображения обладают очень высокой информативностью в задачах классификации изображений. В качестве текстурных признаков использовались статистические моменты, получаемые в результате обработки гистограмм яркости. Пусть  $Z_i$  – случайная величина яркости изображения,  $p(z_i)$  – нормализованная гистограмма яркости изображения инсультов,  $i = 0, 1, \dots, L-1$ , где  $L$  обозначает число различных значений яркости. Формула для нахождения центрального момента порядка  $n$  будет иметь следующий вид:

$$\mu_n = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - \bar{z})^n p(z_i),$$

Таким образом, дескрипторы изображения, основанные на статических моментах, описываются следующим образом:

1. среднее значения яркости изображения -  $\mu_1 = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i),$

2. стандартное отклонения, которое используется для измерения средней контрастности -  $\sigma = \sqrt{\mu_2} = \sqrt{\sigma^2},$

3. гладкость-  $G = 1 - 1/(1 + \sigma^2),$  Мера относительной гладкости яркости изображения. Для области с постоянной яркостью  $G = 0$  и близко к 1 для области с большими отклонениями уровней яркости

4. асимметрия –  $A_s.$  Характеризует симметричность гистограмм. Равен 0 для симметричных гистограмм, положителен для гистограмм скошенных вправо и отрицателен для скошенных влево

5. однородность  $u = \sum_{i=0}^{L-1} p^2(z_i),$  Мера равномерности, эта величина максимальна для постоянной яркости

6. энтропия (мера случайности)  $e = - \sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) \log_2 p(z_i),$

Таким образом, шесть текстурных признаков изображения инсульта вычисляются и становятся входными данными вероятностной нейронной сети для классификации инсультов головного мозга на ишемические и геморрагические. Обозначим значения перечисленных выше дескрипторов как  $x_1, x_2, \dots, x_6.$  В качестве классификатора использовалась искусственная нейронная сеть [1]. Ее архитектура приведена на Рисунке 3. Были рассмотрены сети с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки, а также сети радиального базиса. Были исследованы различные варианты таких сетей. Варьировались число нейронов в скрытом слое, функции активации, алгоритмы обучения. Более предпочтительным представляется использование вероятностной нейронной сети, которая является разновидностью сети радиального базиса. Достоинством этой сети является ее более быстрая сходимость, полученная на реальных данных.

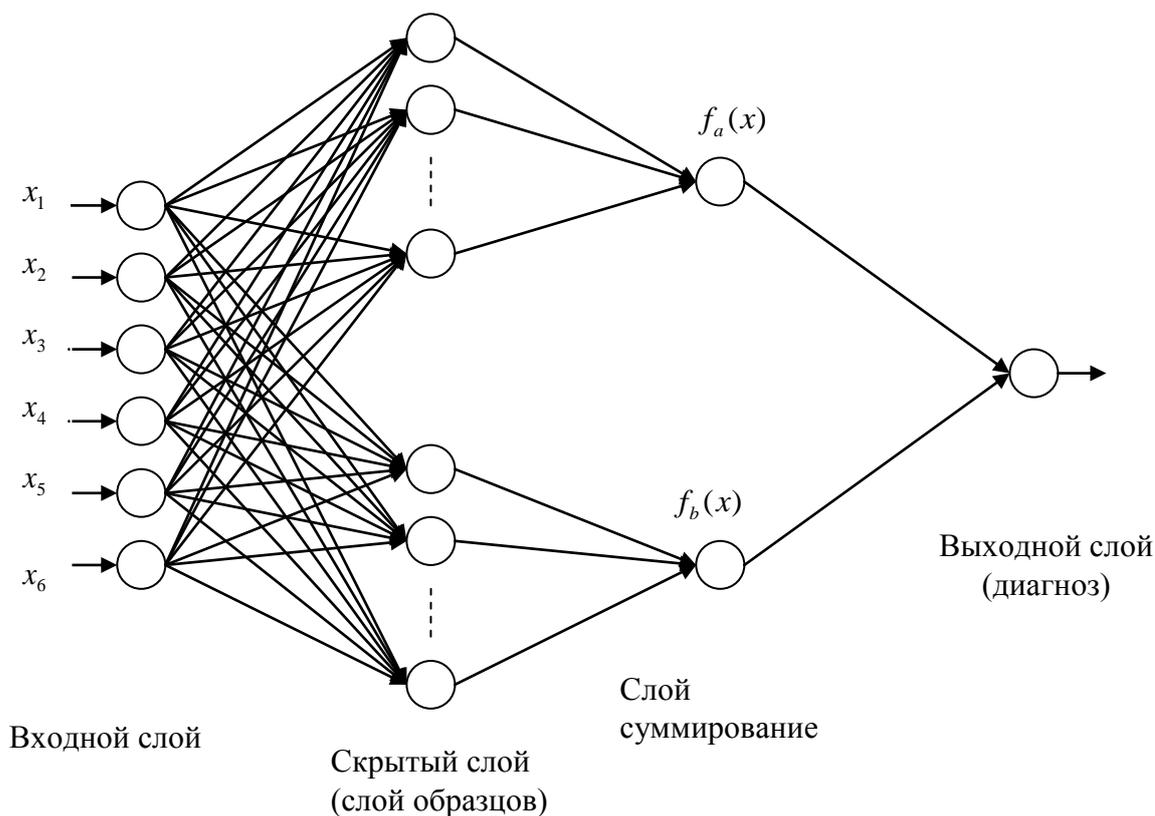


Рис.3. Архитектура вероятностной нейронной сети (PNN) для классификации инсульта головного мозга.

Архитектура сети PNN базируется на архитектуре радиальной базисной сети и состоит из двух слоев. Первый – радиальный базисный слой с функцией активации:

$$\text{radbas}(n) = \exp(-n^2).$$

Вход функции активации определяется как модуль разности вектора весов и вектора входа, умноженный на смещение. В качестве второго слоя используется конкурирующий слой. Он подсчитывает вероятность принадлежности входного вектора к одному из двух классов соответствующих типу инсультов головного мозга - ишемическому или геморрагическому. Конкурирующая функция активации преобразует вектор входа слоя нейронов так, чтобы нейрон с самым большим входом имел выход равный 1, а все другие нейроны имели выходы, равные 0. Выбор числа нейронов в скрытом слое осуществлялся экспериментально. В начале обучения использовалось минимальное количество скрытых нейронов. Затем число их последовательно увеличивалось вплоть до достижения требуемого уровня натренированности сети на исходном множестве обучающих выборок. Добавление нейронов, производилось по результатам оценивания способности сети к обобщению после определённого количества циклов обучения. Численные эксперименты показали, что погрешность обучения при увеличении количества итераций монотонно уменьшается, тогда как погрешность обобщения снижается только до определенного момента, после чего начинает расти. Таким образом, на способности сети к обобщению влияет и длительность обучения. Проверка качества обучения осуществлялась на основе вычисления среднеквадратической ошибки (SSE). Для вычисления якобиана критерия качества обучения по переменным весам и смещениям использовался метод обратного распространения ошибки. Каждая настраиваемая переменная корректировалась в соответствии с методом Левенберга-Маркварда.

Применение обученной сети на тестовых примерах показало, что вероятность правильной классификации составила 0,8847%, а среднеквадратическая ошибка – 0,243. Из этого следует, что сети PNN весьма эффективны для решения задач классификации. Если задано достаточно большое обучающее множество, то получаемое с помощью сети решение сходится к решению, получаемому по правилу Байеса.

#### Список литературы

1. Саймон Хайкин / Нейронные сети: полный курс, 2 издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Виллямс», 2006. – 1104 с.
2. Pratt W.K. Digital Image Processing: PIKS Scientific inside (4th ed.) // Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc., Los Altos, California, 2007, 782 p.

# ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В СТОРОНУ ПРИБЛИЖЕНИЯ К МОДЕЛЯМ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА

**Богатырёв П.Ю.**

Госуниверситет-УНПК, РФ, г.Орел

Аннотация: В статье на основе анализа истории развития языков программирования делается вывод о наблюдаемой тенденции повышения их описательных возможностей. Из этого выводится необходимость уподобления языков программирования наиболее мощному и универсальному средству моделирования – естественному языку. Выполняется анализ свойств естественного языка на основе работ Витгенштейна и Выготского, в ходе которого выявляется его важная особенность – недетерминированность. На основе этого предлагается модель дальнейшего развития средств разработки ПО, заключающаяся в добавлении новых уровней абстрагирования.

Ключевые слова: язык программирования, парадигма, развитие, моделирование, естественный язык, Витгенштейн, Выготский, нечеткость.

Если проследить всю историю развития парадигм программирования, то можно заметить постепенное увеличение описательных возможностей языков, позволяющих не просто задавать последовательность выполнения команд для ЭВМ, но моделировать таким образом реальность. Языки машинных команд в этом смысле являются отправной точкой, поскольку они не содержат никакой семантики, кроме устройства ЭВМ, для которой они предназначены. Язык ассемблера, по сути, является более удобным способом написания машинных команд. Однако это удобство заключается в добавлении некоторой семантики на уровне операций, использовании осмысленных имен вместо кодов. На следующем этапе – этапе процедурного и модульного программирования – семантика заключается в представлениях алгоритмической декомпозиции и структурного анализа. То есть, мир представляется в виде набора операций, процессов, действий, которые преобразуют некоторые входные информационные потоки в выходные. В явном виде моделирование мира с данной точки зрения представлено в методологии SADT [6]. Однако после появления ООП от этого подхода отказались в связи с преимуществами последнего[1].

Концепция ООП заключается в использовании объектной декомпозиции, т.е. представления действительности как набора независимых объектов, у каждого из которых имеются известные общедоступные каналы для взаимодействия и некоторая внутренняя скрытая «начинка». Данные объекты обмениваются друг с другом сообщениями через открытые каналы, в результате чего изменяют свое внутреннее состояние. При этом предполагается, что большинство объектов имеют некоторое существенное сходство, благодаря которому их можно объединить в иерархическую систему классификации, так что свойства этих классов в полной мере описывают каждый конкретный объект [1].

Данная модель в концептуальном смысле имеет претензию на соответствие структуре естественного языка и способу человеческого мышления. Классы в данном случае соответствуют понятиям языка, а объекты конкретным проявлениям этих понятий в реальном мире. Например, Буч приводит методику объектно-ориентированного анализа, при которой понятия, взятые непосредственно из словаря пользователя, преобразуются в классы и объекты (микропроцесс анализа и проектирования [1, с.307-337]).

Учитывая данное историческое направление развития языков программирования, дальнейшие пути совершенствования средств разработки программного обеспечения следует искать в создании еще более эффективных средств моделирования. Для поиска таких инструментов нам следует обратиться к уже существующим способам описания действительности. Наиболее широко используемый и доказавший на протяжении веков свою эффективность способ описания действительности – это словесное описание. Наша речь – это мощнейший интеллектуальный инструмент, который не только способен описывать любые объекты и явления реального мира, но и тесно связан с внутренними когнитивными процессами. Поэтому, изучая свойства и особенности речи, можно обнаружить такие закономерности, которые будут в равной степени описывать как сам мир, так и способ его восприятия нами.

Попытки понимания сущности языка были предприняты двумя знаменитыми мыслителями, родоначальником школы аналитической философии, австрийским философом Людвигом Витгенштейном, и всемирно известным психологом, основателем психолингвистической школы Львом Семеновичем Выготским. Каждый из этих мыслителей, в силу специфики своего подхода, рассматривали язык с разных точек зрения. Витгенштейна, как философа, в большей степени интересовали вопросы соотношения языка с действительностью, с реальным его применением в социокультурной практике. Выготский, в свою очередь, как

психолог, интересовался внутренними механизмами языка, генезиса его происхождения, связи его с мыслительными процессами. Поэтому особенно интересным представляется сопоставление выводов, к которым пришли эти исследователи, двигаясь с двух разных сторон – снаружи и изнутри – к языку. Интересным представляется тот факт, что оба подхода, Витгенштейна и Выготского, не просто не противоречат друг другу, но и коррелируют в своих основополагающих принципах. Наиболее существенной в данном контексте идеей, встречающейся в обеих работах, мы считаем анти-детерминистическую установку в понимании языка. Оба мыслителя обсуждают эту тему, и каждый из них приводит собственные, специфические аргументы в поддержку этой концепции.

С позиции Витгенштейна [3, 5] язык нельзя свести к формальной логике, с четкими и однозначными правилами вывода, поскольку язык является продуктом «языковых игр». Значение каждого понятия, каждой языковой конструкции образуется спонтанно в ходе человеческой деятельности, и поэтому он имеет нечеткий характер. Так, например, рассматривая понятие «игра», философ обнаруживает, что невозможно выделить какие-либо общие признаки, характерные для всех игр. То, что верно для настольных игр, где присутствуют правила и соревновательный момент, оказывается неприменимо к детским играм в песочнице. Существует множество видов деятельности называемых играми, между которыми имеются «семейные сходства», однако полное определение понятия «игра» едва ли возможно. «Безусловно, можно начертить несколько таких прямоугольников с четкими контурами, которые соответствовали бы одному нечеткому. Но если в оригинале нет резких границ при переходе одного цвета в другой, то разве не становится невыполнимой задача передать расплывчатое изображение четким?» [3, п.76]. То есть, пытаться описать содержание понятий формальным образом подобно попытке описать расплывчатую область четким прямоугольником. Можно сделать это с разной степенью полноты или адекватности, но в любом случае, конечный результат будет неверным.

Своеобразный подход к этой проблеме у Выготского [4]. Он рассматривает слово не в контексте его фактического существования, но в рамках процесса его формирования. С этой точки зрения психолог представляет слово как результат обобщения, сложной интеллектуальной операции по выявлению (пользуясь терминологией Витгенштейна) «семейных сходств» у объектов реального мира. Иллюстрирует этот тезис процесс усвоения понятий детьми, подробно проанализированный в [4]. На начальном этапе дети воспринимают слова языка как названия предметов, с которыми взрослые их связывают. При этом, если одно и то же «название» дается разным предметам, то это воспринимается как таковое, то есть просто как факт того, что все эти предметы называются одинаково. То есть, понятие в сознании детей представляется как множество из всех тех объектов реального мира, которые были им обозначены. Так происходит потому, что в раннем возрасте дети еще оказываются не способны провести ту интеллектуальную операцию обобщения, выявления общих черт, которая и образует значение слова.

При такой трактовке слова формализация языка возможна только в той степени, в какой возможна формализация самого процесса обобщения. Слово выражает то общее, ту «схожесть» объектов действительности, которую люди заметили в ходе познавательной деятельности. Поэтому, чтобы четко определить значение слова, необходимо четко определить сущность ощущения «схожести», описать все критерии, которые его определяют. Очевидно, что хотя и возможно выделить некоторые объективные показатели, все же они только отчасти характеризуют обозначенное явление. Существенную часть здесь занимает именно субъективное восприятие мира человеком.

Таким образом, мы приходим к выводу, что перспективным направлением развития инструментов моделирования реальности является уход от строгих четких формальных описаний к нечетким и неоднозначным. Однако при этом язык должен оставаться достаточно детерминированным, чтобы он мог быть преобразован в последовательность машинных команд. Решение данного противоречия мы видим в разделении средств моделирования и средств вычисления. Любую компьютерную программу можно представить в виде сплошной последовательности команд, следовательно, все надстройки, которые до сих пор вводились в языки программирования, являются лишь средством упрощения восприятия кода программистом. Представление кода необязательно должно быть полностью формальным и детерминированным, его основным критерием является его эвристичность, простота, наглядность. Так, например, можно использовать одновременно несколько представлений, среди которых будут сугубо формальные, служащие для написания конкретных алгоритмов, и ряд нечетких, неформальных моделей, служащих для обзора и ориентации в рамках системы. Вероятно, что модели второго типа могут быть даже вынесены в качестве отдельного языка или программного инструмента, тогда как непосредственно в самом языке программирования останутся только базовые конструкции, служащие для непосредственного написания алгоритмов для вычислительных машин. Вся остальная часть, связанная с разбиением кода на модули, объекты, процедуры и т.д. может быть переложена на эти языки моделирования,

которые на основе установленных связей и взаимодействий будут формировать конечную структуру программной системы, объединяя разрозненные куски кода в единое целое.

Таким образом, мы считаем, что продолжая логику движения языков программирования в сторону языков описания действительности, есть смысл двигаться в сторону соответствия естественным языкам. В статье мы рассмотрели взгляды на сущность человеческой речи двух мыслителей – австрийского философа Витгенштейна и русского психолога Выготского. В ходе этого анализа было выявлено, что важной характеристикой естественного языка является его нечеткость и неоднозначность. Именно благодаря этому оказывается возможно речевое мышление и возможна такая универсальность и выразительная сила естественного языка. Поэтому, мы считаем, что дальнейшее развитие языков программирования следует рассматривать в контексте отделения описательной моделирующей части языков программирования от непосредственно средств описания алгоритмов, и представления данной составляющей в более нечеткой и неформальной форме, приближенной к естественному языку.

#### **Список литературы**

1. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование [Текст] / Г. Буч. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2010. – 720 с.
2. Бобровский С. История развития программного обеспечения [Электронный ресурс] / С. Бобровский. – Режим доступа: <http://www.computer-museum.ru/histsoft/oophist.htm>
3. Витгенштейн, Л. Философские исследования [Электронный ресурс] / Л. Витгенштейн – Режим доступа: <http://filosof.historic.ru/books/item/f00/s00/z0000273/index.shtml>
4. Выготский, Л.С. Мышление и речь. Изд. 5, испр. [Текст] / Л.С. Выготский. – Издательство "Лабиринт", М., 1999. – 352 с.
5. Грязнов, А.Ф. Язык и деятельность. Критический анализ витгенштейнианства [Текст] / А.Ф. Грязнов – Изд. 2-е, доп. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 152 с.
6. Марка, Д., Клемент, М. Методология структурного анализа и проектирования SADT – Мета Технология, 1993. – 284 с.

### **ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ**

**Коротков М.А., Юркевская Л.А.**

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», г.Оренбург

Техническая эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания представляет собой сложный комплекс мероприятий, выполняемых с целью обеспечения надежной связи. Содержание кабелей под избыточным воздушным давлением обеспечивает решение этой задачи. Оперативный контроль за состоянием кабельных линий связи под избыточным воздушным давлением является актуальной задачей. [1]

На Рисунке 1 представлена схема контроля расхода воздуха в баллоне на необслуживаемых усилительных пунктах (НУП) магистральных линиях связи.

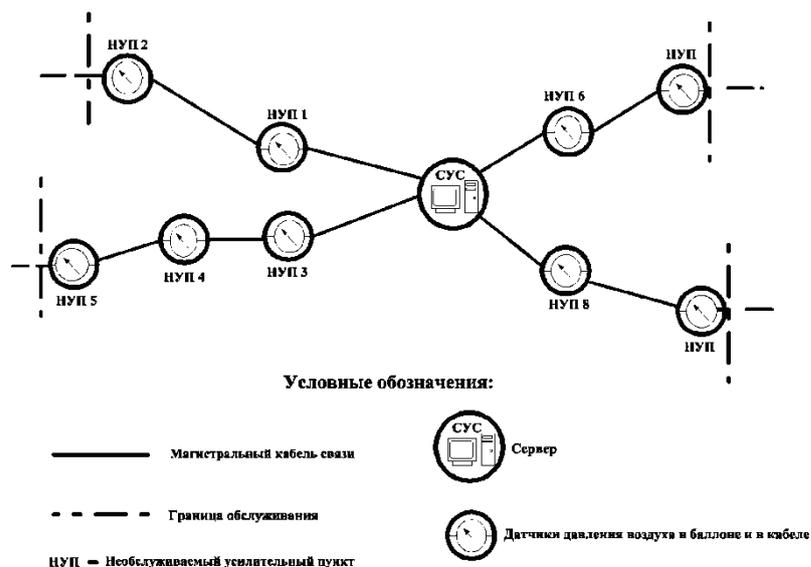


Рис.1. Схема контроля расхода воздуха в баллоне

Границы обслуживания сетевого узла связи составляют на сотни километров. Магистральные линии связи проходят по полям, доступ в осенне-зимний и в паводковый период к НУП затруднен. В настоящее время отсутствует сигнализация контроля расхода воздуха в НУП, что приводит к ложным выездам линейной бригады.

На Рисунке 2 показан процент ложных выездов линейной бригады.

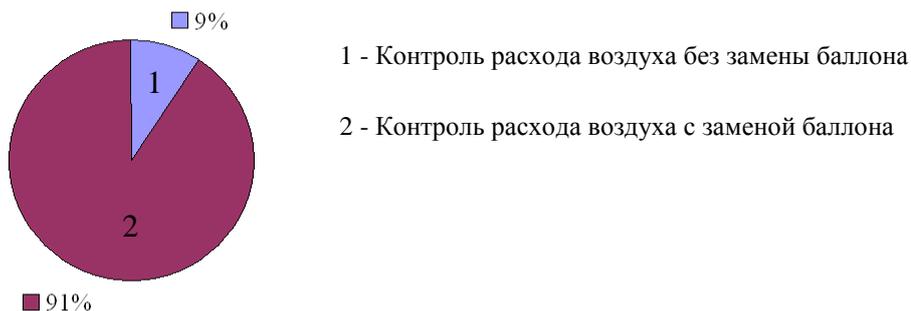


Рис.2. Диаграмма контроля расхода воздуха в течении года

Каждый НУП имеет аналоговую автоматическую установку содержания кабелей связи под избыточным давлением (АУСКИД). Установка предназначена для подачи сухого воздуха под давлением из источника сжатого воздуха в кабели связи и поддержания в них постоянного избыточного давления воздуха [2]. Предлагается на АУСКИД вместо аналогового манометра использовать цифровой манометр давления. Разработана программная система контроля состояния магистральных кабельных линий связи, которая опрашивает по назначенным адресам все НУП и выводит информацию о содержании давления воздуха в баллоне на сетевой узел связи (СУС), на экран монитора с записью в базу данных.

Система обеспечивает:

- использование одной пары токопроводящей жилы магистрального кабеля связи обеспечивает сигнализацией все НУП;
- круглосуточный мониторинг состояния кабельных линий связи под избыточным воздушным давлением;
- контроль давления воздуха в баллоне на каждом НУП;
- сигнализацию при понижении давления в баллоне;
- запись в базу данных полученной информации по всем НУП о расходе воздуха в баллоне.

В Табл.1 представлены результаты работы программной системы мониторинга состояния магистральных кабельных линий связи. Получены данные о расходе воздуха в баллоне на НУП. Данные о давлении воздуха в баллоне регистрировались в течение одного месяца.

Давление воздуха в баллоне в НУП

	1.05.14	5.05.14	10.05.14	15.05.14	20.05.14	25.05.14	30.05.14
НУП 1	120	120	115	115	110	110	100
НУП 2	115	100	85	65	50	35	20
НУП 3	115	115	115	115	115	115	115
НУП 4	120	120	120	120	120	120	120
НУП 5	115	95	75	55	35	15	0
НУП 6	120	110	100	90	80	60	40
НУП 7	120	90	60	30	0	0	0
НУП 8	115	115	110	110	105	105	100

Для выявления наиболее значимых факторов и, как следствие, факторной структуры, использован метод главных компонент (МГК).

Суть метода главных компонент метода состоит в замене коррелированных компонент некоррелированными факторами. Другой важной характеристикой метода является возможность ограничиться наиболее информативными главными компонентами и исключить остальные из анализа, что упрощает интерпретацию результатов.

При анализе по одному фактору объединяются сильно коррелируемые между собой переменные и, как следствие, происходит перераспределение дисперсии между компонентами и получается максимально простая и наглядная структура факторов. После объединения коррелированность компонент внутри каждого фактора между собой будет выше, чем их коррелированность с компонентами из других факторов.

Для расчетов использована система MathCad 14, промежуточный результат (коэффициенты парной корреляции) представлен ниже

$$r := R(z) = \begin{pmatrix} 1 & 0.172 & 0.061 & 0.04 & 0.015 & 0.055 & 0.064 \\ 0.172 & 1 & 0.99 & 0.989 & 0.983 & 0.977 & 0.944 \\ 0.061 & 0.99 & 1 & 0.998 & 0.998 & 0.982 & 0.948 \\ 0.04 & 0.989 & 0.998 & 1 & 0.999 & 0.986 & 0.953 \\ 0.015 & 0.983 & 0.998 & 0.999 & 1 & 0.983 & 0.95 \\ 0.055 & 0.977 & 0.982 & 0.986 & 0.983 & 1 & 0.99 \\ 0.064 & 0.944 & 0.948 & 0.953 & 0.95 & 0.99 & 1 \end{pmatrix}$$

Получена матрица главных компонент

$$F(al, z) = \begin{pmatrix} 0.902 & -0.942 & -0.264 & -1.601 & 0.049 & -0.876 & -3.747 \times 10^{-7} \\ -0.745 & 0.934 & -0.65 & -0.185 & 2.262 & 0.03 & 3.778 \times 10^{-7} \\ 0.886 & 1.09 & 0.89 & 1.225 & -0.223 & -1.638 & -1.038 \times 10^{-6} \\ 1.116 & -0.902 & 0.453 & 1.196 & 0.503 & 1.686 & 8.764 \times 10^{-7} \\ -1.161 & 0.91 & -0.697 & 0.337 & -1.382 & 0.648 & 1.722 \times 10^{-7} \\ -0.021 & -1.006 & -1.793 & 0.593 & -0.493 & -0.534 & -3.474 \times 10^{-7} \\ -1.667 & -1.137 & 1.617 & -0.156 & -0.065 & -0.278 & -1.78 \times 10^{-7} \\ 0.69 & 1.052 & 0.444 & -1.407 & -0.65 & 0.961 & 5.02 \times 10^{-7} \end{pmatrix}$$

Для определения расхода воздуха в баллоне НУП построен график (Рисунок 3), исходя из значений из 1 и 2 столбца матрицы главных компонент.

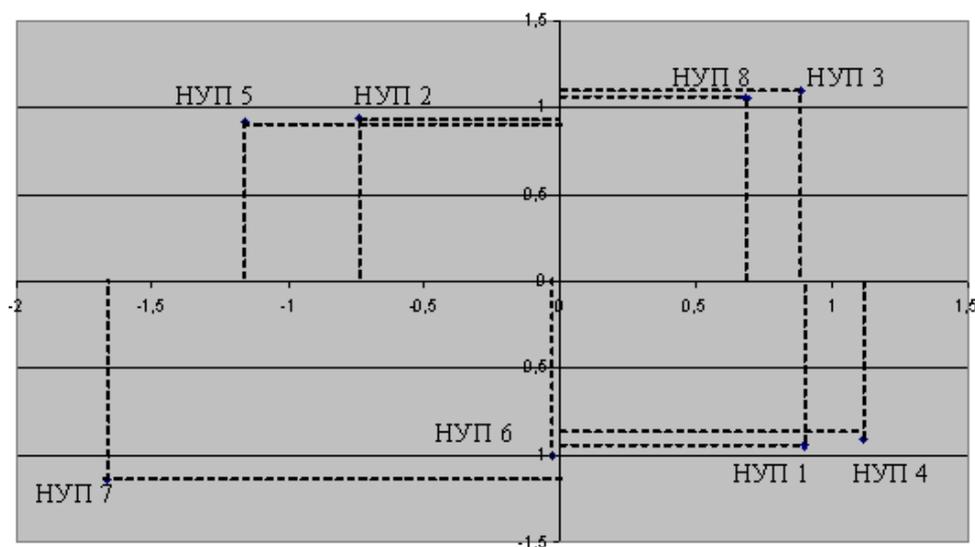
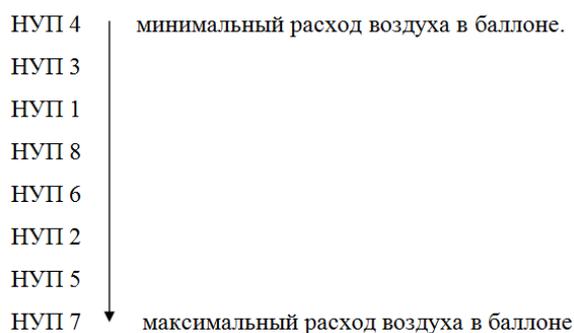


Рис.3. Расход воздуха в баллонах по НУП

Из графика видно, что расход воздуха в баллоне от минимального до максимального по НУП зависит от веса главной компоненты, чем выше вес компоненты, тем на этом НУП расход воздуха в баллоне ниже:



По полученным результатам факторного анализа принимается решение, что линии до НУП 7 имеет место повреждение оболочки кабеля.

Таким образом, предложенная программная система мониторинга состояния магистральных кабельных линий связи, находящихся под избыточным давлением, на основе замены аналоговых на цифровые манометры позволяет повысить точность определения места негерметичности кабеля.

#### Список литературы

1. Архангельский Г.А. Содержание кабелей связи под давлением М.: Радио и связь, 1983 с 91-113.
2. АУСКИД-1М Автоматическая установка содержания кабелей связи под избыточным давлением Электронный ресурс <http://www.elec.ru/market/auskid-1m-avtomaticheskaja-ustanovka-soderzhanija--14937555897.html>
3. Гроднев И.И., Верник С.М. Линии связи М.: Радиосвязь,1988, с 42-57.

## РАЗРАБОТКА ZIGBEE-СОВМЕСТИМОГО МЕХАНИЗМА УДАЛЕННОГО ОБНОВЛЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СЕНСОРНОГО УЗЛА

Суханов А.В.

НПК «Технологический Центр», г.Зеленоград

Беспроводные самоорганизующиеся автономные сенсорные сети являются одним из современных направлений развития систем контроля и управления процессами. Беспроводные сенсорные устройства (БСУ), установленные в различных помещениях промышленных зданий или на открытой местности, передают результаты измерений на другие БСУ, которые объединены в сенсорную mesh-сеть. Целевое устройство, считывающее информацию с сенсоров, передает данные по радиоканалу стандарта IEEE 802.15.4 на центральный сервер оператора, при этом используя другие БСУ сети в качестве ретрансляторов. Такая автоматизированная беспроводная сенсорная система позволяет обеспечивать качественный и надежный дистанционный мониторинг [1]. В настоящее время очень актуален вопрос территориального удаленного автоматического обновления программного обеспечения (ПО) ZigBee-узлов. Это связано с тем, что при большом количестве автономных БСУ, для традиционного обновления «прошивки» микроконтроллеров требуется не малый промежуток времени. В случае отсутствия автоматического обновления ПО микроконтроллера сенсорного узла, каждый БСУ нужно обеспечить прямым соединением с персональным компьютером для возможности отладки и обновления ПО.

В рамках проекта была разработана сетевая технология ZigBee-совместимого механизма удаленного обновления «прошивки» микроконтроллера. Разработанные сетевые протоколы ZigBee-совместимого механизма позволяют автоматически обновлять программное обеспечение у функционально разных БСУ без использования прямого соединения с персональным компьютером. Технология ZigBee-совместимого механизма основана с использованием независимого программного модуля – загрузчика [2]. Независимый загрузчик расположен в зарезервированной области flash-памяти микроконтроллера приемопередатчика. Загрузчик исполняет только задачи по получению новой версии «прошивки» микроконтроллера по радиоканалу или через SPI. Получив данные, загрузчик стирает из flash памяти старую программу и поверх записывает новое приложение. Существуют 2 способа автоматического обновления ПО в автономных беспроводных сенсорных сетях, первый способ – автономный загрузчик, второй – прикладной загрузчик. Программный модуль прикладного загрузчика занимает меньше места в памяти, что позволяет высвободить часть памяти программ для основного приложения микроконтроллера. Для крупномасштабных сенсорных сетей рекомендуется применять прикладной загрузчик, а не автономный.

Главная особенность автономного загрузчика заключается в том, что взаимодействие программы автономного загрузчика с основной программой происходит только в момент передачи ему управления от основного приложения, при вызове определенной API-функции. После получения управления приложение считывает данные по SPI и при считывании определенных данных переходит в режим загрузки по ранее определенному каналу. Если на входе SPI данных нет, то включается режим работы с беспроводным приемопередатчиком стандарта ZigBee. Загружаемый файл «прошивки» должен иметь бинарный формат. При передаче бинарного нового файла «прошивки» микроконтроллера используется протокол XModem, который имеет возможность разбивать передаваемый файл на части размером в 128 байт, а также подсчитывать CRC-контрольную сумму для проверки целостности данных. При передаче файла «прошивки» микроконтроллера каждый блок данных и CRC контрольная сумма фрагментируются и передаются по радиоканалу при помощи двух пакетов, так как максимальный размер полезной нагрузки одного пакета недостаточен для передачи не фрагментированного блока. При получении первых 128 байт файла «прошивки» по радиоканалу загрузчик копирует полученные данные в flash-память на место старого приложения. С этого момента старое ПО микроконтроллера уже невозможно восстановить, так как информация потеряна безвозвратно (Рисунок 1). Стек ZigBee и основное приложение находятся в одной области памяти. Программный модуль загрузчика не имеет доступа к стеку ZigBee. При работе с радиоканалом используются не ZigBee-пакеты, а протокол более низкого уровня. Маршрутизация и ретрансляция сообщений в ZigBee-сети происходит на более высоком, сетевом уровне стека протоколов. При использовании автономного загрузчика файл-образ нового приложения не может быть ретранслирован роутерами. Следовательно, узел источник новой «прошивки» должен находиться в зоне досягаемости узла приемника. Существуют всего несколько режимов работы для автономного загрузчика – последовательный, транзитной пересылки, клонирования.

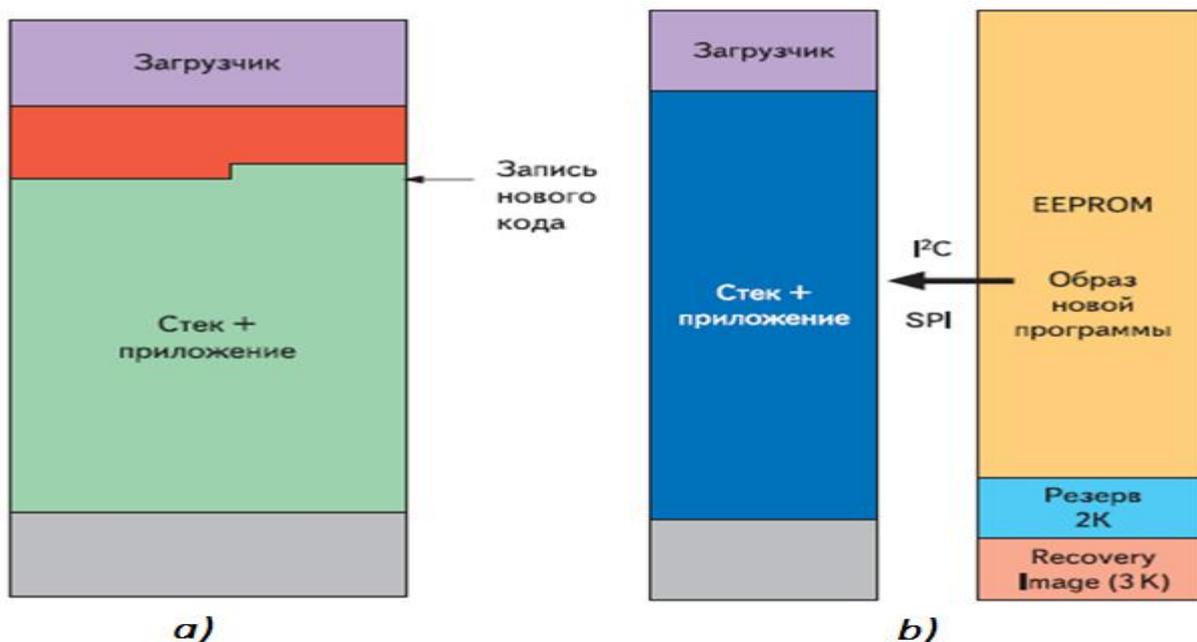


Рис.1. Запись нового приложения в память микроконтроллера а) автономный загрузчик б) прикладной загрузчик

Существует второй механизм автоматического обновления ПО– прикладной загрузчик. Главная особенность прикладного загрузчика – это использование внешней EEPROM-памяти на плате БСУ (рисунок 1). Небольшая дополнительная EEPROM-память используется для предварительного сохранения файла «прошивки», полученного целевым узлом. Дополнительная EEPROM-память создает возможность сохранения образа нового приложения и позволяет перенести работы с радиоканалом из загрузочного программного модуля в секцию основного ПО. В итоге получение файла «прошивки» по радиоканалу происходит под управлением основного приложения микроконтроллера. В этот момент до обновления основному приложению еще доступен полный стек ZigBee. Для пересылки данных используются ZigBee-пакеты, а не пакеты нижнего уровня IEEE802.15.4. Благодаря этой особенности узел-источник не обязан находиться в зоне действия узла-приемника, БСУ может быть расположено очень далеко от источника, так как используется механизм серии ретрансляций в беспроводной сенсорной сети. Управление программному загрузочному модулю микроконтроллера передается лишь после того, как новый образ «прошивки» будет сохранен во EEPROM-внешнюю память на плате БСУ. Загрузочный модуль микроконтроллера будет выполнять только задачу копирования данных из EEPROM во flash-память по интерфейсу SPI и не поддерживает функции работы с радиоканалом. Еще одна особенность прикладного загрузчика заключается в том, что функционал механизма обновления «прошивки» реализован в загрузочном модуле и в основном приложении БСУ. Всего существуют несколько режимов работы для прикладного загрузчика – последовательной загрузки, транзитной пересылки, транзитной пересылки с ретрансляцией (Рисунок 2).



Рис.2. Последовательность режимов работы прикладного загрузчика.

Разработанный ZigBee-совместимый механизм удаленного обновления программного обеспечения микроконтроллера сенсорного узла позволяет автоматизировать управление ПОВ автономных сенсорных сетей,

тем самым облегчая обслуживание всей системы мониторинга. Разработанные для БСУ сетевые протоколы вместе с альтернативными источниками энергии позволяют создать полностью автономные сенсорные сети.

Работы выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Соглашение №14.577.21.0134, уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57714X0134) с использованием оборудования ЦКП «Функциональный контроль и диагностика микро- и наносистемной техники» на базе НПК «Технологический центр».

#### Список литературы

1. Суханов А.В., Прокофьев И.В. Программно-аппаратный комплекс сбора и анализа данных беспроводных сенсорных сетей для систем промышленной безопасности и экологического мониторинга // Инженерные и научные приложения на базе National Instruments – 2014: Сборник трудов XIII международной научно-практической конференции, Москва 19-20 ноября 2014 г. –М.: ДМК Пресс, 2014. С. 185-187
2. EmberZNet Application Developer's Reference Manual , 14 October 2010, 120-3021-000H

### СЕКЦИЯ №3.

#### ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)

#### ФОРМИРОВАНИЕ ПОГЛОЩАЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТА ДЛЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРОВ

Смирнов А.В., Синёв И.В.

«СГУ им. Н.Г. Чернышевского», РФ, г.Саратов

Реферат. Представлен способ формирования демпфирующего покрытия на основе металл-полимерного 0-3 композита. Нанесение такого покрытия на пьезоэлектрический резонатор позволяет локально гасить колебания, не допуская распространения их в заданных направлениях. Такое покрытие может быть использовано для снижения перекрестного влияния нескольких колебательных контуров, сформированных на одной пластине, друг на друга.

Ключевые слова: металл-полимерный композит, поглощающий слой, пьезоэлектрический резонатор.

Композиционные материалы находят широкое применение в акустике, например, для создания согласующих и поглощающих слоёв. Поиск новых и совершенствование имеющихся материалов является актуальной для акустики задачей [1-6]. В данной работе было исследовано применение металл-полимерного композита связности 0-3 на основе вольфрама и полистирола в качестве поглощающего покрытия в пьезоэлектрическом резонаторе.

Процесс получения покрытий проходил в три этапа.

Сначала проводилось капсулирование частиц вольфрама в оболочку из полистирола. Для этого порошки вольфрама со средним размером частиц 20 и 0,9 мкм перемешивались с предварительно измельченным полистиролом, с размером частиц менее 0,6 мкм. Полученная смесь подвергалась воздействию СВЧ излучения. В процессе облучения частицы металла нагревались и полистирол, находящийся с ними в контакте оплавлялся, создавая вокруг частицы вольфрама оболочку из полистирола (Рисунок 1а).

На втором этапе порошки капсулированных частиц двух размеров смешивались в соотношении 1 часть 20 мкм к 4 частям 0.9 мкм. Затем к ним добавлялся раствор полистирола в  $CCl_4$ . Полученная смесь наносилась на подложку путем набрызгивания сверху вниз через маску с помощью аэрографа (Рисунок 1б). В качестве подложки использовалась поверхность пьезоэлектрического резонатора на основе пластины ниобата лития X-среза. Для лучшего компактирования частиц подложка закреплялась на конце концентратора ультразвуковой установки (УРСК-7Н, СССР).

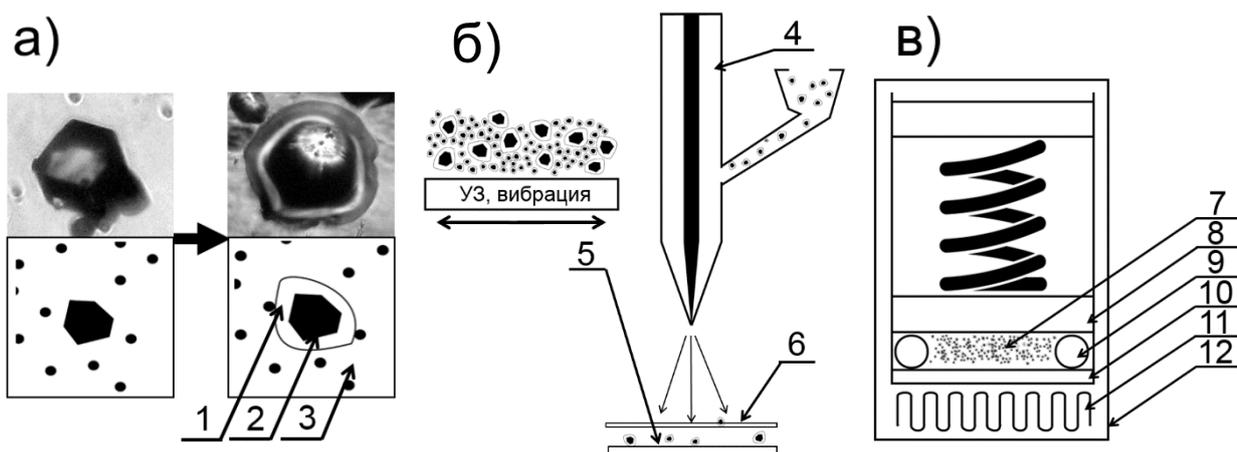


Рис.1. Получение демпфирующего покрытия: а) Слева частица вольфрама до капсулирования справа после, 1 – оболочка из полистирола, 2 – частица вольфрама, 3 – порошок полистирола б) Схема установки для переноса суспензии капсулированных частиц на подложку 4 – аэрограф, 5 – подложка, 6 – маска. в) Схема прессования металл-полимерного покрытия в вакуумной камере 7 – порошок капсулированного в полимере металла, 8 – механический пресс, 9 – спейсер, 10 – подложка, 11 – нагревательный элемент, 12 – вакуумная камера,

На третьем этапе подложка с нанесенным на нее слоем помещалась в механический пресс и сдавливалась (Рисунок 1в) с одновременным нагревом. Для уменьшения содержания возможных воздушных включений спекание проводилось в камере вакуумной установки (давление  $10^{-3}$  мбар, 4 часа, температура  $92^{\circ}\text{C}$ ). Толщина слоя задавалась с помощью молибденового спейсера толщиной 50 мкм. Охлаждение проводилось в вакууме в течение 14 часов. Полученный пьезоэлектрический резонатор с нанесенным на его поверхность слоем извлекался и облучался ртутной лампой типа ДРШ-250-3 в течение 5 мин.

С помощью измерителя LCR параметров (4285A Agilent Technologies, США) была измерена частотная зависимость электрического импеданса пьезоэлектрического резонатора с поперечным электрическим полем на основе пластины ниобата лития X – среза до и после нанесения покрытия на его поверхность (Рисунок 2). Видно, что реальная и мнимая части импеданса до нанесения покрытия обладают несколькими максимумами, что явно связано с наличием паразитных колебаний. Нанесение на поверхность резонатора демпфирующего слоя, приводит к подавлению паразитных колебаний. Так, у реальной части остается один четко выраженный максимум, и при этом его величина увеличилась в два раза с 250 до 500 кОм, также и амплитуда у мнимой части увеличилась в два раза и исчез дополнительный пик.

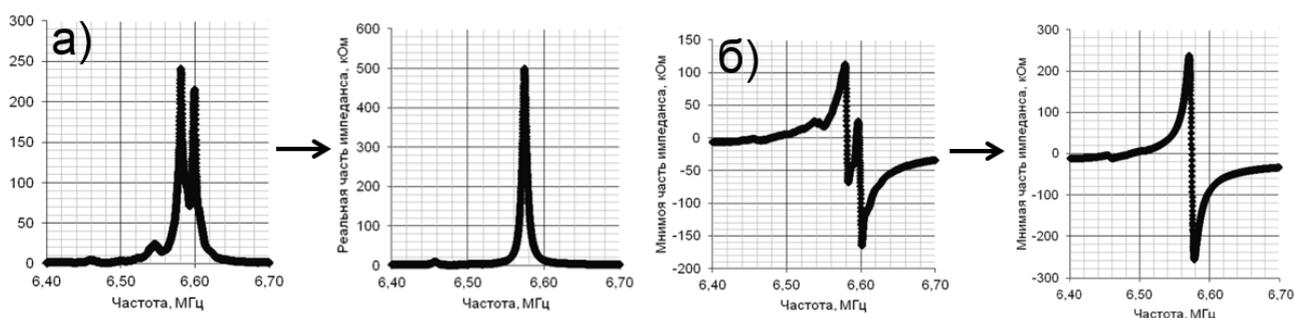


Рис.2. Частотная зависимость активной(а), мнимой(б) частей электрического импеданса пьезоэлектрического резонатора с поперечным электрическим полем, слева - до, справа - после нанесения поглощающего слоя.

Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента РФ (Конкурс СП-2015) и гранта № 13-08-00678 Российского фонда фундаментальных исследований.

#### Список литературы

1. Н. Wang, Т. Ritter, W. Cao, K. Shung High frequency properties of passive materials for ultrasonic transducers. IEEE Transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control, Vol. 48, No. 1, 2001.

2. Б.Д. Зайцев, И.Е. Кузнецова, А.М.Шихабудинов, А.А. Васильев. Новый способ подавления паразитных мод в пьезоэлектрическом резонаторе с поперечным электрическим полем. ПЖТФ, 2010, том 36, выпуск 16, с. 27 -34.
3. Смирнов А.В., Синёв И. В., Шихабудинов А. М Акустические свойства композита 0-3 на основе вольфрама и полистирола Журнал радиоэлектроники, № 12, 2012.
4. E.K.Akdogan, M.Allahverdi, A.Safari, Piezoelectric Composites for Sensor and Actuator Applications. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 2005, Vol. 52, No. 5, P. 746-775.
5. Paul K. Techniques for joining dissimilar materials: metals and polymers/ K. Paul, S. Raimo, J. Martikainen, C. Magnus // Rev. Adv. Mater. Sci. – 2014. – 36. – P. 152-164.
6. Tavman I.H. Thermal and mechanical properties of cooper powder filled poly(ethylene) composites/ I.H. Tavman// Powder Tech nology. – 1997. – V.91,№1. – P.63-67.

#### **СЕКЦИЯ №4.**

#### **МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)**

### **АНАЛИЗ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА РЕМОНТА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПО РАЗРАБОТАННОЙ И ТРАДИЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЯМ**

**Бондаренко Ю.А., Федоренко М.А., Санина Т.М.**

БГТУ им. В.Г. Шухова, РФ, г.Белгород

В процессе эксплуатации оборудование изнашивается, устаревает, деформируется и т.д., значит, возникает вопрос о его замене или ремонтном восстановлении в условиях эксплуатации с минимальным монтажом и незначительными по времени простоями, т.к. это приводит к снижению объема выпускаемой продукции. Актуальность таких технологий особенно велика для промышленности России, т.к. новое оборудование часто дорогостоящее, и поэтому возникает потребность поддерживать его работоспособность при помощи станочного парка, способного выполнять все необходимые операции, связанные с металлообработкой. Суть и направление новых технологий с использованием приставных станков заключается в том, что небольшой металлообрабатывающий станок устанавливается на деталь, узел, агрегат и т.д. и производится обработка без демонтажа объекта. Применение приставных станков возможно не только на предприятиях, имеющих вращающиеся узлы и агрегаты, но и на большом стационарном оборудовании.

Вопросы ремонтного восстановления крупногабаритного оборудования, которое очень сложно доставлять на машиностроительные предприятия для обеспечения его работоспособности, требует значительных трудозатрат и финансирования, в связи с тем, что детали и узлы имеют большую массу и размеры. Использование приставных станков, различной конструкции позволит обрабатывать поверхности практически любой конфигурации в условиях эксплуатации промышленного оборудования без его демонтажа [1...7].

Исследования показывают, что применение приставных станков для монтажа и ремонта крупногабаритного оборудования исключает целый ряд трудоёмких и дорогостоящих операций, которые осуществляются на стационарном оборудовании. Использование приставных станков на ремонтных работах позволяет не проводить транспортировку негабаритных деталей на машиностроительные предприятия, а следовательно сократить простои. Применение таких станков позволяет не только сократить сроки монтажно-ремонтных работ, но и повысить качество работ. При помощи таких станков можно выполнять практически любые работы, связанные с металлообработкой и обеспечивать необходимую точность.

Для проведения обработки сопряженных и ремонта изношенных поверхностей необходимо иметь информацию, дающую сведения о геометрических размерах и их отклонениях, а при ремонте – данные о износе, повреждении или разрушении, для чего надо проводить методологическую оценку точности с использованием прямых и косвенных методов измерения, включая вибромониторинг. В процессе обработки при помощи приставных станков решается вопрос управления и обеспечения точности. Применение приставных станков невозможно без современного режущего инструмента, который обладает необходимой стойкостью, обеспечивает требуемую шероховатость поверхности и повышает производительность работ.

С целью проверки и подтверждения экспериментальных исследований, выполненных в лабораторных условиях, по обработке крупногабаритных вращающихся поверхностей деталей оборудования отрасли строительных материалов, был проведен промышленный эксперимент.

Методика статистического исследования погрешностей обработки единичных деталей на приставных станках позволяет установить фактическую точность и шероховатость поверхности деталей. Погрешности обработки можно определить по основным параметрам, задаваемым разработчиками при проектировании крупногабаритных деталей. Вопросы точности при этом рассматриваются дифференцированно по каждому параметру в отдельности (погрешности размера, формы, расположения) с учетом выбранного способа обработки на приставных станках.

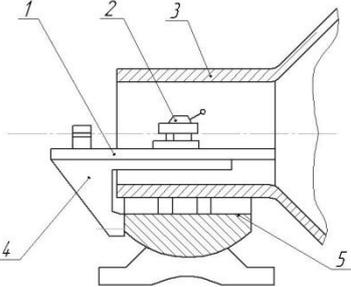
Восстановление посадочной поверхности было проведено на трех цапфах помольных мельниц без их демонтажа и на специальном оборудовании, приставном станке. Результаты, полученные в процессе обработки, приведены в Табл.1.

Разработанная новая технология обработки внутренних цилиндрических поверхностей цапф помольных и сырьевых мельниц и комплект приставного станка обеспечивают проведение вышеуказанного техпроцесса без демонтажа цапф на месте эксплуатации мельницы. Эти разработки значительно сократили простой мельницы в ремонте, а, следовательно, обеспечили уменьшение потерь от недовыпуска продукции, устранив целый ряд операций, в результате чего позволили дополнительно выпускать продукцию. Комплект приставного станка при наличии ремонтного цеха на заводе можно изготовить. В качестве подвижной опоры используется корпус эксплуатируемого опорного подшипника мельничного агрегата, а в качестве поперечного суппорта – суппорт токарного станка. В качестве инструмента рекомендуется применять ротационный режущий инструмент, а при его отсутствии можно установить призматический резец, но обработка им будет длительнее из-за низкой стойкости инструмента. Качество поверхностного слоя также будет ниже, т.к. ротационная обработка одновременно позволяет получить наклеп. При необходимости можно вместо резцедержателя установить шлифовальную головку для обработки.

Проведенные промышленные испытания подтверждают, что данная схема восстановления круглости внутренней поверхности цапфы обеспечивает требуемую точность обработки и заданную шероховатость поверхности.

Таблица 1

Сравнительные показатели способа восстановления работоспособности цапф помольных агрегатов по предложенной и традиционной технологиям

Технологические операции восстановления точности и шероховатости поверхности цапф мельниц	Технология восстановления с применением станка (Пат.№ 75339) 	Традиционная технология восстановления 
1. Демонтаж верхней крышки цапфы	4 часа	4 часа
2. Установка мельницы на дополнительную опору	В качестве опоры используется комплект приставного станка	Используется неподвижная опора из подсобных материалов
3. Снятие 64 призонных болтов диаметром 60мм.	-	23 часа
4. Демонтаж цапфы с крышкой	-	8 часов
5. Доставка крышки на ремонтную базу	-	96 часа
6. Восстановление поверхности	8 часов	62 часа

цапфы		
7. Доставка цапфы на предприятие	-	62 часа
8. Монтаж крышки с цапфой	-	24 часа
9. Установка верхней крышки	3 часа	3 часа
10. Демонтаж дополнительной опоры	Демонтаж станка 8 часов	Демонтаж неподвижной опоры: 6 часов
11. Общий простой мельницы	19 часов	278 часов
12. Дополнительные расходы	Приобретение станка	Транспортные расходы и оплата ремонта
13. Недовыпуск продукции	42т/ч x 19 ч = 798т	42т/ч x 278 ч = 11676т

#### Список литературы

1. Пат. 75339 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup>В23В5/00. Станок для обработки цапф помольных мельниц / М.А.Федоренко, Ю.А. Бондаренко, Т.М. Федоренко// заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2008104754/22 (005171); заявл. 19.05.07; опубл. 10.18.08, Бюл. №22. – 1 с.
2. Пат. 89830 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup>В23В5/00. Станок для обработки внутренних поверхностей цапф помольных мельниц / Т.М. Санина, Ю.А. Бондаренко, М.А. Федоренко // заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2009132048/22; заявл. 25.08.09; опубл. 20.12.09, Бюл. № 35. – 1 с.
3. Пат. 96043 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В23В5/00. Передвижной фрезерный станок для обработки крупногабаритных деталей кольцевой формы / Т.М. Санина, Ю.А. Бондаренко, М.А. Федоренко // заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2010110755/22, заявл. 22.03.2010, опубл. 20.07.2010 г. Бюл. № 20. – 1 с.
4. Пат. 144693 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup>В23В5/00. Передвижной фрезерный станок для обработки торцов крупногабаритных деталей кольцевой формы / М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко, Т.М. Санина, О.А. Алтунина// заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2014117387/02; заявл. 29.04.2014, опубл. 27.08.2014 г. Бюл. № 24. – 1 с.
5. Федоренко, М.А. Исследование обеспечения необходимой шероховатости поверхности крупногабаритных вращающихся деталей приставными станочными модулями/М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко, Т.М. Федоренко// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.- 2008.- № 2.-С. 35-38.
6. Федоренко, М.А. Технология обработки торцов барабанов вращающегося оборудования/М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко, Т.М. Санина, В.Г. Афонин, С.И. Антонов//Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2013. - № 4. - С. 65-66.
7. Федоренко, Т.М. Анализ потери работоспособности цапф шаровых мельниц / Т.М. Федоренко, А.А. Погонин, М.А. Федоренко// Технология машиностроения. – 2009. – № 1. – С. 30–31.

## К РАСЧЕТУ МОЩНОСТИ ПРИВОДА ПОДАЧ НЕСТАЦИОНАРНОГО СТАНКА

**Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Дуганов В.Я.**

БГТУ им. В.Г. Шухова, РФ, г.Белгород

Параметры качества - точность обработки и шероховатость поверхности, в сочетании с производительностью и экономичностью являются определяющими в науке о резании металлов и технологии машиностроения.

Крупногабаритные детали можно обрабатывать или восстанавливать на тяжелых и уникальных станках, имеющих на машиностроительных предприятиях. Демонтаж, доставка деталей на такие предприятия, а после этого монтаж оборудования занимает длительное время, что отрицательно сказывается на производительности и себестоимости выпускаемой продукции.

Повышение качества обработки деталей на металлорежущих станках является наиболее эффективным путем сокращения трудоемких пригоночных работ при сборке и монтаже оборудования. Исключение или сокращение пригоночных работ в технологии тяжелого машиностроения значительно улучшает качество сопрягаемых поверхностей в собранном узле или оборудовании. Следовательно, необходимо применять новые технологии, обеспечивающие проведение работ по замене или ремонтном восстановлении узлов и агрегатов крупногабаритного оборудования. Эти технологии заключаются в применении приставных станков [2...6]

небольшой массы, но обеспечивающих выполнение технологических операций ремонта или восстановления работоспособности промышленного оборудования.

Привод приставного станка предназначен для осуществления рабочих и установочных перемещений, установленного на суппорте инструмента. Источником движения является электродвигатель, который передает через двухступенчатый редуктор, пару цилиндрических зубчатых колес и винтовую передачу движение суппорту. Главным движением при этом является вращение цапфы.

В качестве исходных данных для расчета привода подач нестационарного станка принимаются геометрический параметр (максимальный диаметр обрабатываемой поверхности цапфы) цапфы наиболее распространенной мельницы -  $D=1500\text{мм}$ ;  $n=16\text{мин}^{-1}$  - частота вращения цапфы мельницы;  $t=1\text{мм}$  - максимальная глубина резания;  $S=2\frac{\text{мм}}{\text{об}}$  - установленная подача.

При этом скорость резания определяется по известным формулам:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 1500 \cdot 16}{1000} = 75 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Для определения усилия, требуемого для передвижения суппорта, следует знать величины составляющих силы резания. Направление сил следующее: тангенциальная составляющая силы  $P_z$  - направлена по касательной к цапфе в точке резания; радиальная  $P_y$  - направлена по нормали к поверхности цапфы в зоне резания; осевая  $P_x$  - направлена параллельно подаче  $S$ .

При проектировании приставного станка для обработки внутренних цилиндрических поверхностей цапф необходимо производить расчеты по стандартной методике, с учетом максимальной силы, возникающей при обработке.

Согласно [1] силы резания (тангенциальную  $P_z$ , радиальную  $P_y$  и осевую  $P_x$ ) при токарной обработке можно рассчитать по формуле:

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x s^y v^n k_p.$$

Следовательно, согласно [1] принимаем:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot t^1 s^{0,75} v^{-0,15} \cdot k_p, \quad P_y = 10 \cdot 243 \cdot t^{0,9} s^{0,6} v^{-0,3} \cdot k_p, \quad P_x = 10 \cdot 339 \cdot t^{1,05} s^{0,2} v^{-0,4} \cdot k_p.$$

Основные зависимости для расчетов приняты для наиболее распространенных типоразмеров мельниц, поэтому исходными данными являются:  $S=2\frac{\text{мм}}{\text{об}}$ ,  $v=75\frac{\text{м}}{\text{мин}}$ ,  $t=1\text{мм}$ .

Тогда при расчете получено:  $P_z=2830\text{Н}$ ,  $P_y=1049\text{Н}$ ,  $P_x=729\text{Н}$ .

Для определения действующих на деталь составляющих сил резания, осуществлен переход к системе координат с началом в точке контакта инструмента (чашечного резца) с деталью. Переход произведен при помощи уравнений с учетом угла поворота оси инструмента в горизонтальной плоскости  $\alpha$  и опускания точки контакта резца с цапфой ниже линии оси ее вращения:

$$\begin{cases} P'_x = P_x \cos \alpha + P_y \sin \alpha \\ P'_y = P_y \cos \alpha \cos \varphi - P_x \sin \alpha \cos \varphi + P_z \sin \varphi, \\ P'_z = P_x \sin \alpha \sin \varphi - P_y \cos \alpha + P_z \cos \varphi \end{cases}$$

где  $P'_x, P'_y, P'_z$  - составляющие сил резания в системе координат обрабатываемой детали с началом в точке контакта с инструментом;  $\alpha$  - угол поворота оси инструмента в горизонтальной плоскости, град;  $\varphi$  - угол установки инструмента в вертикальной плоскости. Тогда, при максимальных углах имеем:

$$P'_x = 729 \cos 30^0 + 1049 \sin 30^0 = 1355,8\text{Н},$$

$$P'_y = 1049 \cos 30^0 \cos 30^0 - 729 \sin 30^0 \cos 30^0 + 2830 \sin 30^0 = 1546,2\text{Н},$$

$$P'_z = 729 \sin 30^0 \sin 30^0 - 1049 \cos 30^0 \sin 30^0 + 2830 \cos 30^0 = 2178\text{Н}.$$

Тогда, мощность привода:  $N_{\text{дв}} = \frac{P_z v}{60 \cdot 10^3 \eta_{cm} k_n}$ ,

где  $\eta_{cm}$  - КПД станка;  $k_n$  - коэффициент допускаемой кратковременной перегрузки. Имеем  $N_{\text{дв}} = 0,23 \text{ кВт}$ .

Принимаем следующие направления осей координат: ось X – вдоль направления движения; Y – в основной плоскости направляющих, перпендикулярно направлению движения; Z – перпендикулярно к основной плоскости направляющих. Вводим обозначения:  $P_x, P_y, P_z$  – составляющие силы резания, Н;  $M_x$  – момент от внешних сил, воспринимаемый направляющими, Н·см;  $G$  – вес узла, Н;  $A, B, D$  – реакции основных плоскостей направляющих, Н;  $Q$  – тяговая сила;  $\sigma_a, \sigma_b, \sigma_d$  – среднее давление на плоскостях, Па;  $a, b, d$  – ширина рабочих поверхностей направляющих, см;  $L$  – длина контакта направляющих, см;  $y_p, z_p, z_b, y_a, y_d, y_b, y_g$  – координаты, см;  $\alpha$  – угол наклона плоскости направляющей, град.;  $f$  – коэффициент трения направляющих.

Для определения тяговой силы и реакции применим уравнения статики и дополнительные условия совместности перемещений. Начало координат располагаем в поперечной плоскости, проходящей через середину длины направляющих, на пересечении их реакций.

Расчет тяговой силы и реактивных сил проводим в стандартной последовательности: момент внешних сил относительно осей координат:

$$M_x = P_z \cdot y_p + P_y \cdot z_p + G \cdot y_g .$$

при  $y_p = 200\text{мм}$ ,  $z_p = 210\text{мм}$ ,  $y_g = 20\text{мм}$  получим  $M_x = 11246\text{Н}$ .

Нагрузки, действующие на направляющие:

тяговая сила:  $Q_T = P_x + f(P_z + G + 2 \cdot P_y)$ ,  $Q_T = 1890\text{Н}$ .

Реакции:

$$A = \frac{M_x + P_y \cdot [Z_g + (y_b + y_d) \cdot \text{ctg} \alpha] + (P_z + G) \cdot y_d}{y_a + y_d} ,$$

при  $z_b = 25\text{мм}$ ;  $y_b = y_d = y_a = 175\text{мм}$ ;  $\alpha = 55^\circ$  имеем:

$$A = 2641\text{Н}; B = \frac{P_y}{\sin \alpha}, B = 1877\text{Н}; D = P_z + G - A + B \cdot \cos \alpha, D = 688,5\text{Н} .$$

Мощность двигателя привода определяется по формуле:

$$N_g = \frac{Q \cdot S}{60 \cdot \eta} , \eta = \eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \eta_4 ,$$

где  $\eta$  – общий КПД передач;  $\eta_1$  – КПД винтовой передачи;  $\eta_2$  – КПД зубчатой пары;  $\eta_3$  – КПД червячных передач;  $\eta_4$  – КПД подшипников.

Угол подъема винтовой линии резьбы:

$$\lambda = \text{arctg} \frac{t}{\pi \cdot d_{cp}} = \text{arctg} \frac{6}{\pi \cdot 36,5} = 3^\circ .$$

После определения угла подъема винтовой линии резьбы с учетом диаметра винта  $d_g = 40\text{мм}$ , шага винта  $t = 6\text{мм}$ , угла трения в паре  $\beta = 6^\circ$  и  $d_{cp} = 36,5\text{мм}$ :

$$\lambda = \text{arctg} \frac{t}{\pi \cdot d_{cp}} = \text{arctg} \frac{6}{\pi \cdot 36,5} = 3^\circ ,$$

определяем коэффициент полезного действия винтовой пары:

$$\eta = \frac{\text{tg} \lambda}{\text{tg} (\lambda + \beta)} = \frac{\text{tg} 3^\circ}{\text{tg} (3^\circ + 6^\circ)} = 0.33 ,$$

общий коэффициент:  $\eta = 0,27$  и мощность электродвигателя:

$$N_g = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ кВт}.$$

#### Список литературы

1. Балакшин, Б.С. Основы технологии машиностроения: учебник – М.: Машиностроение, 1989. – 559 с.

2. Пат. 75339 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В23В5/00. Станок для обработки цапф помольных мельниц / М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко, Т.М. Федоренко// заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2008104754/22 (005171); заявл. 19.05.07; опубл. 10.18.08, Бюл. №22. – 1 с.
3. Пат. 89830 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В23В5/00. Станок для обработки внутренних поверхностей цапф помольных мельниц / Т.М. Санина, Ю.А. Бондаренко, М.А. Федоренко // заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2009132048/22; заявл. 25.08.09; опубл. 20.12.09, Бюл. № 35. – 1 с.
4. Федоренко, М.А. Исследование обеспечения необходимой шероховатости поверхности крупногабаритных вращающихся деталей приставными станочными модулями/ М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко, Т.М. Федоренко// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.- 2008.- № 2. - С. 35-38.
5. Федоренко, М.А. Технология обработки торцов барабанов вращающегося оборудования/ М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко, Т.М. Санина, В.Г. Афонин, С.И. Антонов// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2013. - № 4. - С. 65-66.
6. Федоренко, Т.М. Восстановление работоспособности цапф помольных мельниц с применением переносного станка/ Т.М. Федоренко, М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко// Технология машиностроения. - 2009. - № 3. С. 20-21.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ВИДОВ И ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКАЗОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

**Белов В.А., Дежаткин М.Е.**

УГСХА, РФ, г. Ульяновск

Работа посвящена расчету для оценки значимости дефекта в балльной шкале и в материальном плане, который используется FMEA-командами. FMEA-команда представляет собой временный коллектив из специалистов различных служб завода, созданный специально для выполнения FMEA конструкции или технологического процесса изготовления технического объекта. При необходимости в FMEA-могут приглашаться специалисты других организаций. Команда включает в себя модератора и группу специалиста [6].

Различные дефекты деталей для сельскохозяйственной техники усложняют содержание и использование её для владельца. Актуальной задачей является своевременное определение, предупреждение и пресечение возможности внезапной поломки. Для этого необходимы новые аналитические методы, которые помогают определить период времени вероятного появления дефекта, объективную оценку последствий дефектов и идентифицировать дефекты, практически значимые для потребителя [2].

Для решения вопроса об оценке практической значимости тех или иных дефектов компонентов для предприятия-потребителя предлагается использовать принципы, изложенные в руководстве FMEA «Анализ видов и последствий отказов», входящем в комплект документов системы QS 9000. Это руководство предназначено для улучшения конструкции и технологии при их проектировании, но часть её методологии, связанная с оценкой практической значимости тех или иных дефектов, здесь вполне может быть применена [1].

Используя следующие формулы, рассчитываются необходимые промежуточные показатели:

Значимость дефекта  $Z$  можно оценить экспертно в соответствии с классификацией дефектов, применяемой на предприятии.

Частоту возникновения дефекта (в процентах от объёма выпуска)  $f$  можно рассчитать по формуле:

$$f = N_{\text{деф}} / V_{\text{а/м}} \quad (1)$$

где  $N_{\text{деф}}$  - количество проявлений данного дефекта, зарегистрированных в предпродажной подготовке и гарантийном обслуживании на технике, выпущенной за период от 6 до 12 месяцев до даты расчётов;

$V_{\text{а/м}}$  - объём выпуска техники за расчётный период.

Средние затраты на устранение дефекта  $C$  рассчитываются по формуле:

$$C = Z_{\text{деф}} / N_{\text{деф}} \quad (2)$$

где  $Z_{\text{деф}}$  - суммарные затраты на устранение проявлений данного дефекта, зарегистрированных в предпродажной подготовке и гарантийном обслуживании на технике, выпущенной за период от 6 до 12 месяцев до даты расчётов [3].

Затем для каждого показателя  $Z$ ,  $f$ ,  $C$  определяется его ранг в баллах по специально разработанной 10 - балльной шкале.

Данная шкала удобна и достаточно точная, т.к. она представлена числовой функцией.

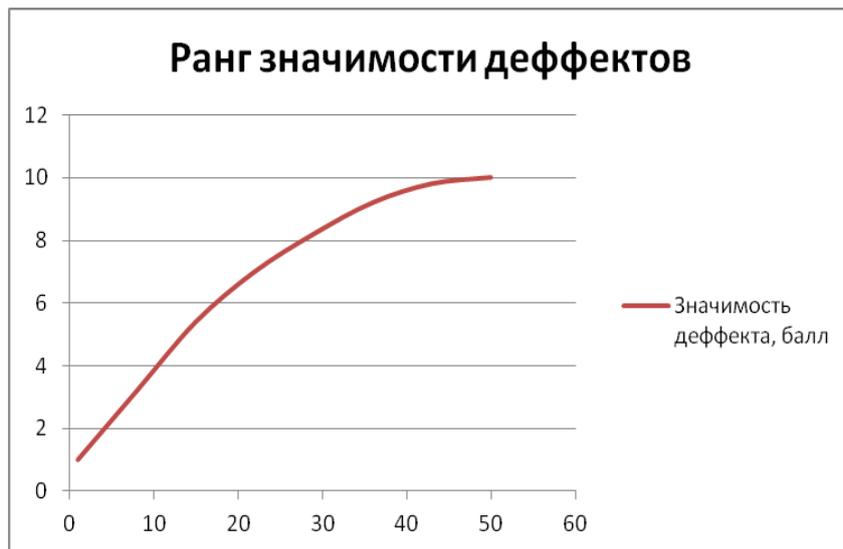


Рис.1. Ранг значимости дефектов

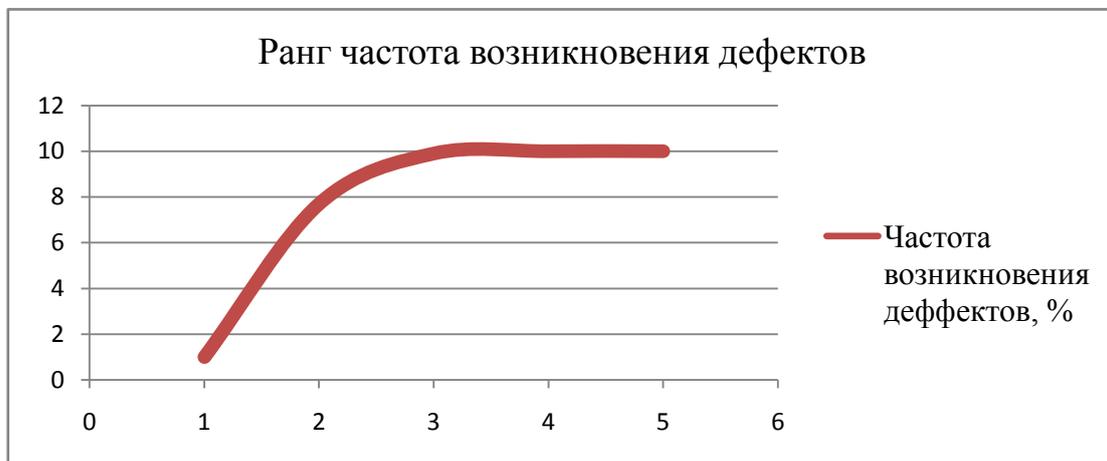


Рис.2. Диаграмма ранга частоты возникновения дефектов, %

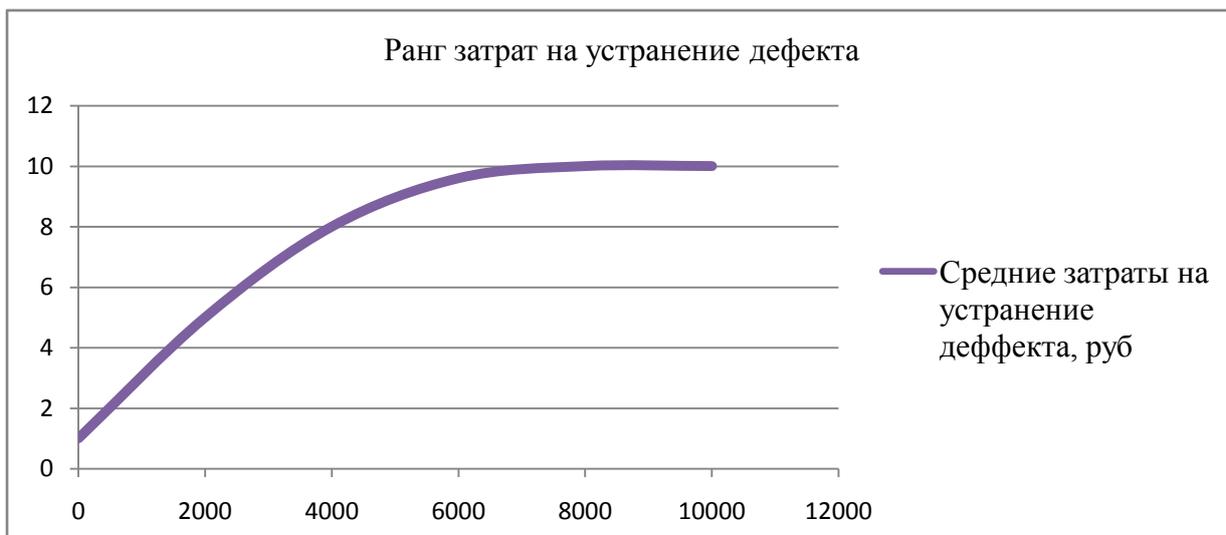


Рис.3. Диаграмма ранга затрат на устранение дефекта, руб.

Как видно из приведённых графиков, каждый показатель может иметь значение в баллах от 1 до 10. С целью выявления риска на их основе образуется одна общая оценка - приоритетное число риска (ПЧР):

$$\text{ПЧР} = R_z * R_f * R_c \quad (3)$$

ПЧР может изменяться от 1 до 1000. Нижняя граница (ПЧР =1) соответствует лучшему достижимому состоянию. Верхняя граница (ПЧР = 1000) соответствует наихудшему состоянию. В выработке корректирующих действий и составлении планов работы с поставщиками оценка ПЧР должна играть важнейшую роль [4,5].

Таблица 1

Дефекты и их ПЧР на примере тракторов John Deere 8430

Ранг	Наименование	Ср.затраты, руб.	Баллы частоты	Баллы затрат	Баллы значимости	ПЧР
1	Диагностика простых неисправностей	954400	10	10	10	1000
2	Ремонт простой	2550800	10	10	10	1000
3	Гарантийное обслуживание	262000	9,9827734	8,750724277	10	873,56498
4	Диагностика сложных неисправностей	121400	8,8173438	5,472363233	10	482,51708
5	ТО малое	445500	10	10	10	1000
6	ТО по договору продажи	25800	4,4185938	2,077775051	10	91,808439
7	Предпродажная подготовка оборудования	0	4,4185938	1	10	44,185938
8	Гарантия на запчасти	12000	7,024375	1,509838058	10	106,05669
9	Модификация	390000	8,8173438	9,960749261	10	878,2735
10	Дефектовка простая	200600	9,9827734	7,570058871	10	755,70183
11	ТО большое	213900	9,9827734	7,85882486	10	784,52868
12	Ремонт средний	1198300	9,7975	10	10	979,75
13	Дефектовка сложная	15600	2,8108984	1,659890814	10	46,657845
14	Дефектовка средняя	59000	5,8230859	3,36357719	10	195,86399
15	Ремонт сложный	522000	2,8108984	10	10	281,08984
16	Гарантия на работы	120000	2,8108984	5,429458591	10	152,61657
17	Расширенное гарантийное обслуживание	7500	2,8108984	1,320390771	10	37,114844

Данная технология анализа нацелена на использование компьютерных технологий, которые дают преимущество в прогнозировании дефектов. Таким образом, этот способ расчета помогает в решении актуальной проблемы по определению и пресечению внезапного дефекта.

#### Список литературы

1. Белашевский Г.Е., Годлевский В.Е., Кокотов А.В. Интенсивность потока дефектов автомобиля в период гарантийной эксплуатации //Развитие через качество - теория и практика: Тр. IV международной конференции. -Тольятти, ТолПИ,2000. -С.162...165.
2. Варнаков В.В., Варнаков Д. В., Дежаткин М.Е. Теоретическое обоснование применения метода оценки качества комплектующих (FMEA) на основе Раниц допустимого риска. // Международный научный журнал. 2012. № 5. С. 88-92.

3. Варнаков В.В., Дежаткин М.Е., Завьялов М.В. Совершенствование входного контроля качества запасных частей при техническом сервисе машин и оборудования. / Международный технико-экономический журнал. 2009. № 3. С. 21.
4. Варнаков В.В., Завьялов М.В., Дежаткин М.Е. Совершенствование входного контроля качества запасных частей при техническом сервисе машин. / Международный технико-экономический журнал. 2009. № 3. С. 18.
5. Варнаков В.В., Завьялов М.В., Дежаткин М.Е. Совершенствование входного контроля качества запасных частей при техническом сервисе машин. / Международный технико-экономический журнал. 2009. № 3. С. 69-72.
6. Хабиева Л.Л., Дежаткин М.Е. Влияние контроля качества запасных частей на надёжность техники на предприятиях агропромышленного комплекса // Наука в современных условиях: от идеи до внедрения. 2013. № 1. С. 89-93.

## ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ ЧАШЕЧНЫМИ РЕЗЦАМИ

**Санина Т.М., Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А.**

БГТУ им. В.Г. Шухова, РФ, г. Белгород

Интенсификация и модернизация современного производства связана с созданием эффективной техники и оборудования, к которым предъявляется совокупность требований к точности функционирования, к эксплуатации и качеству выпускаемой продукции. Создание сложного и высокопроизводительного оборудования требует постоянной оптимизации его технических характеристик, увеличения степени автоматизации, снижения материалоемкости и металлоемкости, повышения требований к эффективности работы. Недостаточный уровень надежности и долговечности оборудования влечет за собой значительные потери в промышленности, связанные с затратами на его ремонт, техническое обслуживание и диагностику в связи с износом и повреждениями. Для ремонта помольных агрегатов применяют нестационарные металлорежущие переносные станки [1, 2, 4 - 7].

Проблема достижения установленной точности и шероховатости при ремонтной обработке внутренних поверхностей цапф опорных узлов помольных агрегатов (Рисунок 1) включает в себя задачу определения возможности применения чашечных резцов, т.к. их износ влияет на точность обработанной поверхности, а также на изменение шероховатости поверхности.

В связи со сложностью варьирования факторов при проведении экспериментальных обработок натуральных образцов, а так же с большими материальными затратами и затратами времени, для исследования точности и шероховатости ремонтируемой поверхности применялось физическое моделирование процесса обработки цапф опорных узлов помольных агрегатов.

Исследования проводились на токарном станке с применением модели (Рисунок 2), обеспечивающей ремонтное восстановление детали в соответствии с предложенным способом обработки и с применением чашечных резцов. При постановке эксперимента на физической модели необходимо придерживаться условий геометрического, кинематического и динамического подобий.

При соблюдении условий геометрического подобия, должно сохраняться постоянство следующих величин:

$$\frac{D'}{D} = \frac{h'_{\max}}{h_{\max}} = c,$$

где  $D'$  - внутренний диаметр восстанавливаемой поверхности цапфы опорного узла;  $D$  - внутренний диаметр детали (образца) физической модели;  $h'_{\max}$  - максимальный размер дефектов формы цапфы опорного узла;  $h_{\max}$  - максимальный размер дефектов формы детали (образца) физической модели;  $c$  – коэффициент подобия.



Рис.1. Опорный узел помольного агрегата

Для выполнения условий кинематического подобия процесс ремонтной обработки деталей физической модели должен регулироваться так, чтобы одинаковые точки контура натуральной детали и контура детали физической модели перемещались в пространстве относительно выбранной базы по геометрически подобным путям в подобных промежутках времени. При динамическом подобии следует стремиться к тому, чтобы многогранники сил, построенные в паре сходственных точек цапфы опорного узла помольного агрегата и физической модели, расположенные подобным образом в пространстве и во времени, были подобны, т.е. различались только масштабом. Для проведения физического моделирования в качестве образцов использовались детали типа труб, изготовленные из стали 35Л ГОСТ – 977-88. Для проведения экспериментальных исследований по определению влияния различных факторов процесса ремонтной обработки на точность и шероховатость внутренней цилиндрической поверхности цапф опорных узлов мельничных агрегатов в качестве основного показателя, характеризующего исследуемый параметр, была принята величина отклонения размера внутреннего диаметра обработанного образца. В ходе реализации экспериментов проводились измерения частоты вращения шпинделя, скорости резания, подачи, глубины резания, величины углов установки чашечного резца, диаметра обработанной поверхности, величины шероховатости. Для этого применяли скобу индикаторного типа, тахометр часовой, секундомер и нутромер.

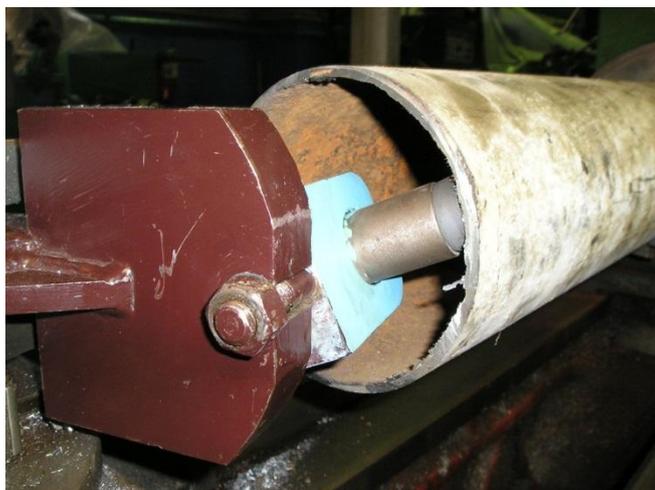


Рис.2. Восстановление поверхности образца

Для проведения данного эксперимента по определению возможности обеспечения точности обработки детали опорного узла при предлагаемом способе был изготовлен резцедержатель (Рисунок 3). Известно, что

резцы из твердого сплава, например, ВК8 применяют, главным образом, для черновой обработки чугунных заготовок, а для восстановления изделий из термообработанных сталей и труднообрабатываемых материалов режущая часть резцов выполняется из сталей, например, P14Ф4. Наиболее широко при механической обработке и ремонтном восстановлении нетермообработанных материалов используют чашечные резцы из быстрорежущей стали P18 или из твердых сплавов, например, T15K6 или сплава T14K8, занимающего среднее положение в титано-вольфрамово-кобальтовой группе. Для чашечных резцов, которые изготавливают из быстрорежущей стали P18 и применяют для токарной обработки, характерен износ в основном по задней поверхности, на которой в процессе точения появляется и постепенно увеличивается равномерная коническая фаска. Но на последней стадии износа, при повышении силовой и тепловой напряженности процесса резания, появляется адгезионный износ [3]. Максимальная стойкость ротационных резцов с режущими пластинами из сплава T5K10 составляет 130 мин. Стойкость ротационных резцов, которые оснащены режущими пластинками из стали T15K6, составляет примерно 330 мин [3].

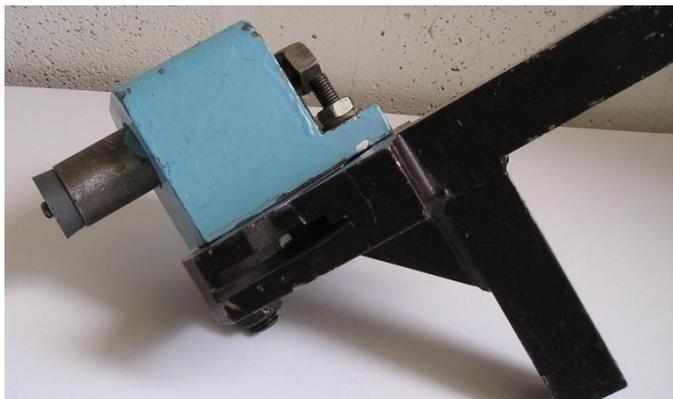


Рис.3. Ротационный резцедержатель

Стойкость ротационных резцов с режущими пластинами из сплава ВК8 составляет 200 мин. На основании исследований известно, что оптимальная поверхность при механической обработке образуется ротационными резцами с режущими пластинами из твердого сплава ВК8. Это объясняется наилучшими условиями стружкообразования, медленным развитием износа задней поверхности резца и округления режущей кромки [3].

На основании анализа установлено, что при использовании чашечных резцов при обработке стали 35Л ГОСТ – 977-88 необходимо применять твердый сплав ВК8. Процесс обработки в этом случае происходит стабильно, образуя поверхности заданной шероховатости. При проведении экспериментальных исследований процесса обработки в качестве образцов использовались заготовки типа трубчатых изделий из стали 35Л ГОСТ – 977-88, геометрически подобные по размерам обрабатываемой цапфе опорного узла мельничного агрегата. Варьировались параметры в следующих интервалах: подача - 0,2...1,5 мм; глубина резания - 0,2...1 мм; скорость резания: 0,9...1,5 м/с. Замер диаметра проводился после каждого прохода. Условия резания: сухое, без применения СОЖ. Применяемый резец имел следующие геометрические параметры: радиус режущей чашки резца: 16 мм; передний угол резца:  $24^{\circ}$ ; угол установки резца в горизонтальной плоскости:  $1^{\circ}...60^{\circ}$ ; угол установки резца в вертикальной плоскости:  $1^{\circ}...30^{\circ}$ .

Образец закреплялся в трехкулачковом патроне и опирался на опоры модели. Частота вращения шпинделя станка остается постоянной для каждого определенного режима испытания. Частота вращения образца цапфы опорного узла выбирается исходя из заданной скорости резания, на токарный станок устанавливается и крепится физическая модель, выполненная по разработанной схеме обработки. Для анализа точности применяли нормальный закон распределения.

Если поместить полученную кривую нормального распределения в систему координат, началом которой служит среднее значение заданного размера, то значение абсциссы представляет собой значение погрешности обработки, а закон распределения размеров будет законом распределения погрешностей обработки образцов цапф опорных узлов, входящих в партию для проведения эксперимента. Исследование точности обработки с помощью кривых распределения позволяет составить нормативы точности по величинам полей рассеивания, которые можно получать при различных методах обработки, а задачей данного исследования является определение точности получения геометрических размеров и величины шероховатости при разработанном способе обработки.

### Список литературы

1. Пат. 75339 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В23В5/00. Станок для обработки цапф помольных мельниц / М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко, Т.М. Федоренко// заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2008104754/22 (005171); заявл. 19.05.07; опубл. 10.18.08, Бюл. №22. – 1 с.
2. Пат. 89830 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В23В5/00. Станок для обработки внутренних поверхностей цапф помольных мельниц / Т.М. Санина, Ю.А. Бондаренко, М.А. Федоренко // заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2009132048/22; заявл. 25.08.09; опубл. 20.12.09, Бюл. № 35. – 1 с.
3. Справочник инструментальщика / Под общ. Ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1987. – 830 с.
4. Федоренко, М.А. Исследование обеспечения необходимой шероховатости поверхности крупногабаритных вращающихся деталей приставными станочными модулями/ М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко, Т.М. Федоренко// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.- 2008.- № 2. - С. 35-38.
5. Федоренко, М.А. Технология обработки торцов барабанов вращающегося оборудования/ М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко, Т.М. Санина, В.Г. Афонин, С.И. Антонов// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2013. - № 4. - С. 65-66.
6. Федоренко, Т.М. Анализ потери работоспособности цапф шаровых мельниц / Т.М. Федоренко, А.А. Погонин, М.А. Федоренко// Технология машиностроения. – 2009. – № 1. – С. 30–31.
7. Федоренко, Т.М. Восстановление работоспособности цапф помольных мельниц с применением переносного станка/ Т.М. Федоренко, М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко// Технология машиностроения. - 2009. - № 3. С. 20-21.

### ФОРМИРОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ «ХОЛОДНЫМ» ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ

**Кузнецов Ю.А., Мамонов Е.В., Филичев Е.А., Понкратов Д.А., Павлов В.В.**

ФГБОУ ВПО ОрёлГАУ, РФ, г.Орёл

Газодинамический сверхзвуковой способ напыления покрытий разработан на основе открытого в 80-х годах 20-го века эффекта закрепления твердых частиц, движущихся со сверхзвуковой скоростью, на поверхности при соударении с ней [1].

Суть газодинамического напыления (ГДН) состоит в том, что мелкие металлические частицы, находящиеся в твердом состоянии, ускоряются сверхзвуковым газовым потоком до скорости несколько сотен метров в секунду и направляются на восстанавливаемую поверхность детали. Сталкиваясь с поверхностью в процессе высокоскоростного удара, частицы закрепляются на ней, формируя сплошное покрытие. При этом частицы порошка обычно имеют температуру значительно ниже температуры их плавления. [1,2]

Следует отметить, что в наиболее распространенных газотермических способах напыления покрытий необходимо, чтобы падающие на основу частицы имели высокую температуру, обычно выше температуры плавления материала. При газодинамическом напылении, это условие не является обязательным, что и обуславливает ее уникальность. В данном случае с твердой основой взаимодействуют частицы, находящиеся в нерасплавленном состоянии, но обладающие очень высокой скоростью [3,4].

Типичная структура покрытия, сформированного ГДН, представлена на Рисунке 1.

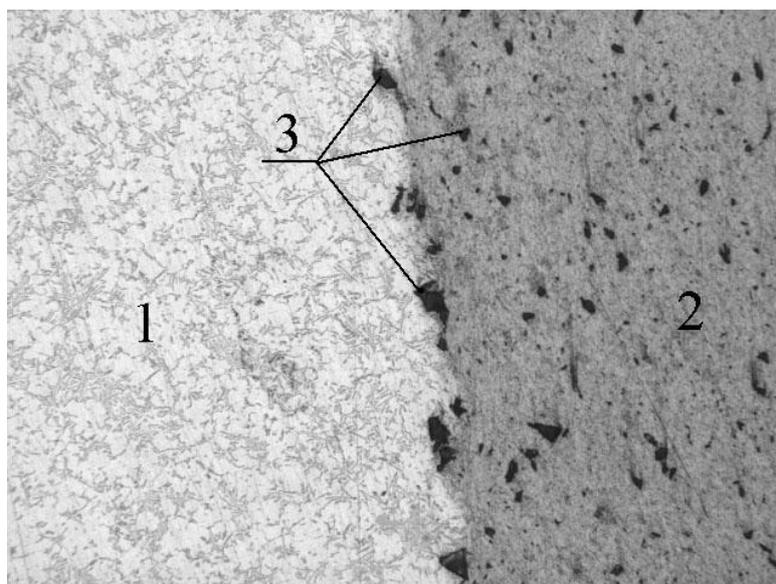


Рис.1. – Микроструктура покрытия, полученного ГДН из порошкового материала марки А-80-13, 200<sup>×</sup>. 1 – основа, 2 – покрытие; 3 – частицы оксида алюминия. Режимы напыления: давление воздуха в напылительном блоке – 0,7 МПа; дистанция напыления – 15 мм; температура нагрева воздуха в напылительном блоке – 400 °С.

Ниже представлены результаты исследования адгезии покрытий, сформированных ГДН на алюминиевом сплаве АК7ч .

Для нанесения порошковых материалов на образцы использовали комплект для сверхзвукового газодинамического напыления «ДИМЕТ-403» (Рисунок 2), разработанный и изготовленный в Обнинском центре порошкового напыления.

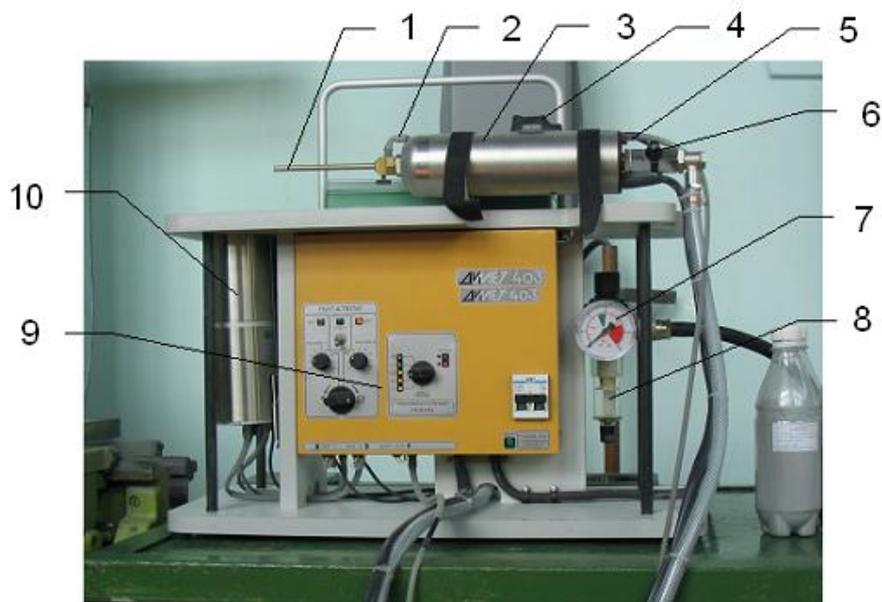


Рис.2. – Общий вид комплекта «ДИМЕТ-403» для сверхзвукового газодинамического напыления порошковых материалов: 1 – сопло СК-6; 2 – силиконовый переходник; 3 – напылитель ДМ-43; 4 – кнопка подачи порошка; 5 – трубка подачи порошка; 6 – пневмокран напылителя; 7 – манометр; 8 – фильтр-регулятор N204-DOO; 9 – блок контроля и управления БКУ-03; 10 – питатель ПВ-43.

Прочность сцепления покрытий определяли штифтовым методом. Образцы изготавливали из алюминиевого сплава АК7ч. При напылении покрытий использовали порошок марки А-80-13 ТУ 1791-011-40707672-00.

Исследования адгезии напыленных покрытий в зависимости от температуры нагрева воздуха в напылительном блоке установки (Рисунок 3) показали, что с увеличением температуры адгезионная прочность покрытий снижается.

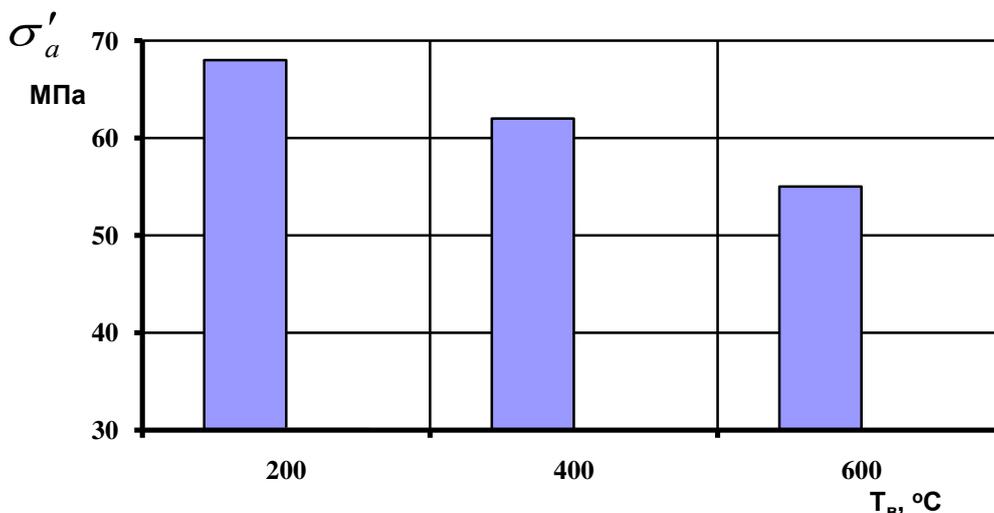


Рис.3. Зависимость прочности сцепления покрытий от температуры нагрева воздуха в напылительном блоке

Это объясняется тем, что с увеличением температуры воздуха увеличивается термодинамическая активность напыляемых частиц. Поэтому, закрепляться на поверхности будут не только частицы, обладающие достаточной кинетической энергией для этого, но и частицы с меньшей кинетической энергией, но с большей температурой. Подобное взаимодействие приводит к увеличению эффективного использования напыляемого материала, с одновременным снижением адгезии покрытия. Из Рисунка 3 видно, что максимальная прочность сцепления покрытий с основой достигается при нагреве воздуха в напылительном блоке около 200 °С. Однако, при данной температуре наблюдается низкий коэффициент использования порошкового материала (4-8%). При увеличении температуры нагрева воздуха в напылительном блоке до 400 °С коэффициент использования порошка достигает 12-15%. Следовательно, наиболее рациональным температурным режимом будет являться режим, обеспечивающий нагрев воздуха в напылительном блоке установки «ДИМЕТ-403» около 400 °С.

На проведенных исследованиях для установки ГДН «ДИМЕТ-403» можно рекомендовать следующий температурный режим напыления порошкового материала А-80-13: давление воздуха в напылительном блоке 0,6...0,7 МПа; температура нагрева воздуха в напылительном блоке – 400 °С; фракция порошка А-80-13 – 40 мкм;

При формировании покрытий на указанных режимах ГДН прочность их сцепления с основой составит на алюминиевом сплаве АК 7ч – 55...63 МПа.

Данная технология может успешно реализовываться при восстановлении посадочных поверхностей под подшипники корпусных деталей, герметизации трещин блоков двигателей, радиаторов и испарителей холодильников, автокондиционеров, теплообменников.

#### Список литературы.

1. Ключев, О.Ф. Оборудование «ДИМЕТ» для нанесения металлических покрытий. [Текст] / Ключев О.Ф., Каширин А.И., Буздыгар Т.В., Шкодкин А.В. // Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Надежность и ремонт машин». В 3-х томах. Т.2-«Материалы, технологии и оборудование для восстановления, упрочнения и изготовления деталей машин и инструмента».– Орел: Изд-во ОрелГАУ, 2004. – С. 11-15.
2. Кузнецов Ю.А. Комбинированная ресурсосберегающая технология восстановления и упрочнения деталей машин и оборудования АПК // Вестник ОрелГАУ. №1(22). – 2010. – С. 6-8.
3. Кузнецов Ю.А., Гончаренко В.В. Технологии высокоскоростного напыления. Техника и оборудование для села. №8 (194).– 2013. – С. 40-45.
4. Кузнецов Ю.А., Гончаренко В.В. Технологические аспекты использования сверхзвукового газотермического напыления. Наукові нотатки. // Міжвузівський збірник (за галузями знань

## **СЕКЦИЯ №5.**

### **ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)**

#### **THE WIND POWER - THE ENERGY SOURCE OF THE FUTURE**

**Konoval I.A., Garanina T.V.**

MGUPS (МИИТ), Moscow

It is a well known fact, that the energy potential of the air masses is enormous. The energy stores of the wind in about one hundred times exceed the ones in all the rivers of the planet. The wind is the most easily available and renewable source of the energy in comparison with all the others. Unlike the sun energy, the wind energy is available in winter and in summer, day and night, in the North and in the South.

As experience of many countries shows, usage of the wind energy is very beneficial, as, firstly, it is almost free and, secondly, the electricity is derived from the wind energy and not from burning any carbohydrate fuel, products of which are hazardous for the human health.

Russia possesses quite considerable wind energy resources, including in the regions with no centralized energy supply. The vast implementation of the wind energy plants (WEP) into current energetics of the country is necessary for the fast development of the wind based energy production in Russia .

There should be WEP of high and low capacity for solving the energy supply of the remote regions, as well. Statistics show that the energy produced by the wind energy generator of 1 MW capacity allows to save around 29 000 tons of charcoal or 92 000 barrels of oil in 20 years period of time. The cost of the electricity produced by the wind generator depends on the wind's speed.

The wind energy plants don't pollute the environment and don't affect the temperature balance of the Earth, they don't consume the oxygen and don't produce the carbon dioxide. Today the wind energy plants are providing oil industry with the electricity and due to that the oil industry plants work successfully in the remote regions, on the islands, in Arctic, on thousands of the agricultural farms remote from the big cities and cut from the general power plants.

The wind energetics attract increasing interest and intention to upgrade the plants for achieving maximum possible efficiency. In many countries the plants start being used in the private houses, on the farms and by the small manufactures.

The work performed under the guidance of docent : Garanina Tatiana Vladimirovna.

#### **List of references**

1. «Защита атмосферы от выбросов пыли на предприятиях железнодорожного транспорта», М. 2013 г., Т.В. Гаранина, Ю.П. Сидоров, Е. В. Тимошенкова.
2. «Климатология и метеорология на железнодорожном транспорте», М.2002 г., Т.В. Гаранина, Л.В. Киселева, С.В. Васильев.

#### **МОДЕРНИЗАЦИЯ МОРОЗИЛЬНЫХ КАМЕР С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Фатхиева Р.А., Байгалиев Б.Е., Ибрагимов А.И.**

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ, г.Казань

Аннотация: В данной статье представлены результаты численных исследований по совершенствованию морозильных камер. Рассматривается изготовление морозильных камер из более легкого, дешевого и технологичного материала. Исследуется энергетическая эффективность такой конструкции.

Бытовые (домашние) холодильники, холодильники-морозильники и морозильники служат последним звеном непрерывной холодильной цепи. Холодильники обеспечивают хранение пищевых продуктов в охлажденном и

замороженном состоянии, а морозильники — замораживание и хранение в замороженном состоянии пищевых продуктов при температуре не выше  $-12 \text{ — } -18 \text{ }^\circ\text{C}$  в домашних условиях до момента потребления.

Холодильники и морозильники довольно быстро совершенствуются. Улучшаются технико-экономические показатели, увеличивается число выполняемых функций, повышаются уровни автоматизации и комфортности, улучшается внешнее оформление.

Целью наших исследований является рассмотрение возможности использования полиэтилена высокого давления (ПВД) в качестве материала, из которого будет изготовлена морозильная камера с целью уменьшения веса и энергозатрат. ПВД достаточно прочен при низких температурах. ПВД не выделяет токсичные вещества в окружающую среду, безопасен для организма человека при непосредственном с ним контакте. Полимерные материалы имеют высокую технологичность, поскольку при переработке в готовые изделия отличаются малой операционностью и низкой энергоемкостью: по сравнению с алюминиевыми сплавами - в 5 раз, со сталью - в 3 раза.

Для корпусов морозильной камеры используют материалы с высоким коэффициентом теплопроводности. Как правило, в основном это алюминий.

Морозильная камера изготовлена из алюминия плотностью  $\rho_{Al}$ . Она состоит из двух корпусов, внешнего и внутреннего. Полость между корпусами изолирована и в ней протекает теплоноситель. Толщины корпусов принимают равными  $\delta_1 = \delta_2 = \delta$ ,  $\delta_1$ -толщина стенки внешнего корпуса,  $\delta_2$ - толщина стенки внутреннего корпуса.

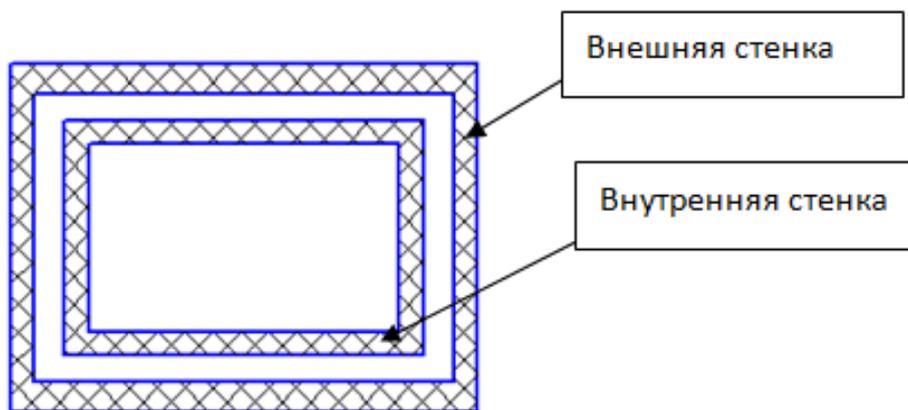


Рис.1. Вид спереди морозильной камеры

Нами была изучена морозильная камера холодильника. Геометрические характеристика морозильной камеры представлены на Рисунке 1.

Зная геометрические характеристики морозильной камеры можем рассчитать на сколько уменьшится вес морозильной камеры.

Длина пластины:

$$l = 2l_{бок} + l_{ниж} + l_{верх} = 700 + 150 + 150 = 1000 \text{ мм}$$

Площадь пластины:

$$F_{пл} = l \cdot h = 1 \cdot 0,3 = 0,3 \text{ м}^2$$

Толщина двух пластин составляет  $\delta = 1,6 \text{ мм} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ , тогда объем пластин равен:

$$V_{2пл} = \delta \cdot F_{пл} = 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3 = 0,48 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Плотность алюминия равна  $\rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3$ , масса алюминия, затраченная на изготовление пластин для морозильной камеры, составит:

$$G_{м.к} = \rho \cdot V_{2пл} = 0,48 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3 = 0,996 \text{ кг}$$

Масса одной пластины:

$$G_{пл} = G_{м.к} / 2 = 0,996 / 2 = 0,498 \text{ кг}$$

Объем одной пластины:

$$V_{1пл} = V_{2пл} / 2 = 0,48 \cdot 10^{-3} / 2 = 0,24 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

В работе предлагается заменить алюминий на ПВД, а так же уменьшить толщину одной из пластин с целью понижения веса морозильной камеры.

Примем  $\delta_{1nam} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ , тогда объем внешней пластины будет равен

$$V_{1nam} = \delta_{1nam} \cdot h = 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3 = 0,03 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Масса пластины:

$$G_{1nam} = V_{1nam} \cdot \rho_{пвд} = 0,03 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 \cdot 10^3 = 0,027 \text{ кг};$$

$$G_{мк.пвд} = V_{2пл} \cdot \rho_{пвд} = 0,48 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 \cdot 10^3 = 0,432 \text{ кг};$$

$$G_{пл} = G_{мк} / 2 = 0,432 / 2 = 0,216 \text{ кг};$$

Общая масса морозильной камеры:

$$G_{мк.лат} = G_{пл} + G_{1nam} = 0,216 + 0,027 = 0,243 \text{ кг}$$

При уменьшении толщины одной из стенок до  $\delta_{1nam} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$  и замене материала уменьшаем массу морозильной камеры на:

$$G_{мк} - G_{мк.лат} = 0,966 - 0,243 = 0,723 \text{ кг}$$

При модернизации холодильников особое внимание уделяется расширению их технико-экономических и эксплуатационных показателей

Рассмотрим эффективность морозильной камеры с использованием ПВД со стороны энергозатрат, для этого проведем тепловой расчет морозильной камеры.

Теплопроводность ПВД принимаем равной  $\lambda_{пвд} = 0,08 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ .

Для определения теплового потока МК необходимо создание методики, удовлетворяющей нашим параметрам и условиям. В дальнейшем будет представлен результат расчетов.

Рассчитаем коэффициенты теплопередач для каждой из теплопередающих поверхностей.

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t$$

После вычисления температур  $t_{1i}$  и  $t_{5i}$  по уравнению теплового баланса рассчитывается плотность теплового потока теплопередающей поверхности:

$$q_i = \frac{\lambda_{3i}}{\delta_{3i}} \times (t_{1i} - t_{5i}) = \frac{0,021}{0,055} (24,11 + 14,671) = 14,807 \text{ Вт} / \text{м}^2 ;$$

Значения коэффициентов теплоотдачи наружной и внутренней стенок i-ой теплопередающей поверхности также вычисляется из уравнения теплового баланса:

$$\alpha_{1i} = \frac{q_i}{t_{1i} - t_{1i}'} = 14,807 / (27 - 24,11) = 5,123 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}$$

$$\alpha_{5i} = \frac{q_i}{t_{5i}' - t_{5i}} = 14,807 / (-14,671 + 18) = 4,44 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}$$

Рассчитаем коэффициенты теплопередач для каждой из теплопередающих поверхностей.

$$K_i = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{1i}} + \frac{\delta_{2i}}{\lambda_{2i}} + \frac{\delta_{3i}}{\lambda_{3i}} + \frac{1}{\alpha_{5i}}} = \frac{1}{0,225 + 0,195 + 0,00074 \cdot 2} = 0,328 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}$$

Коэффициенты теплопередач для вертикальных стенок принимаем равными.  $K_1=K_2=K_3=K_4=0,328 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$ . Теплопритоки из окружающей среды через вертикальные стенки будут равны:

$$Q_{бок} = K_1 \times F_{бок} \times \Delta t_1 = 0,3289 \cdot (0,45 \cdot 0,7 + 0,47 \cdot 0,7) \cdot 2 \cdot 45 = 19,063 \text{ Вт}$$

По этой же методике рассчитываем коэффициенты для верхней и нижней стенки морозильной камеры.

После расчетов получили следующие коэффициенты: для нижней стенки  $K_5=0,289$ ; для верхней  $K_6=0,286$ .

$$Q_{\text{верх}} = K_6 \times F \times \Delta t_6 = 0,286 \cdot (0,45 \cdot 0,47) \cdot 23 = 1,39 \text{ Bm};$$

$$Q_{\text{нижн}} = K_5 \times F \times \Delta t_5 = 0,289 \cdot (0,45 \cdot 0,47) \cdot 43 = 2,62 \text{ Bm};$$

$$Q_{\text{ос}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{ос}i} = 1,39 + 2,62 + 19,063 = 23,081 \text{ Bm}.$$

Таким образом, предлагаемый способ изготовления морозильной камеры холодильного агрегата из полимерных материалов позволяет снизить себестоимость продукции, снизить энергозатраты в процессе изготовления и эксплуатации холодильного оборудования.

#### Список литературы

1. Бабакин, В.А. Выгодин, Справочник "Бытовые холодильники и морозильники".- М.: Колос, 1998, с. 399-401.
2. ИнЕУ, Павлодар / Казахстан, студент - Троянов Р.С. 2012. — 20 с.

### ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ ПО СИНХРОНИЗИРОВАННЫМ МГНОВЕННЫМ ЗНАЧЕНИЯМ ТОКОВ

**Барабаш К.С., Зеленский Е.Г.**

СКФУ, РФ, г.Ставрополь

Из-за увеличения количества устройств с нелинейной нагрузкой в электрических сетях за последние несколько лет возрос интерес к моделированию режимов с учетом несинусоидальности кривых токов и напряжений. Можно выделить два подхода к моделированию режимов - решение по мгновенным значениям [1,2] и решение методом гармонических составляющих [1]. Каждый из указанных подходов обладает своими достоинствами и недостатками.

Расчет по мгновенным значениям в [2] предлагается выполнять с помощью дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\Delta u(t) = i(t) \cdot R + \frac{di(t)}{dt} \cdot L, \quad (1)$$

представив в нем производную тока в конечно-разностной форме:

$$\left. \frac{di(t)}{dt} \right|_{t=t} \approx \frac{i_t - i_{t-1}}{\Delta t}, \quad (2)$$

где  $i_t$  – мгновенное значение тока в текущий момент времени  $t$ ;

$i_{t-1}$  – мгновенное значение тока в предыдущий момент времени  $t-\Delta t$ ;

$\Delta t$  – периодичность выполнения замеров, величина обратная частоте дискретизации  $f_d$ .

Цель настоящей работы заключается в оценке точности предлагаемого метода с помощью математического эксперимента при различной частоте дискретизации с учетом различных погрешностей измерительных устройств, а также поиске способов ее повышения.

Моделирование осуществлялось для линии одиночной воздушной линии 10 кВ, выполненной проводом АС-70/11, длиной 5 км. Эксперимент состоял в вычислении падения напряжения в линии по известной форме тока нагрузки, полученной с разной частотой дискретизации. Было рассмотрено два режима: синусоидальный и несинусоидальный. Параметры тока нагрузки приведены в Табл.1.

Таблица 1

Параметры моделируемого тока нагрузки

№ гармоники	Несинусоидальный режим		Синусоидальный режим	
	Амплитуда, кА	Фазный угол, рад.	Амплитуда, кА	Фазный угол,
1	0,26	0,1	0,26	0,1
2	0,208	0,15	0	0
3	0,13	0,18	0	0
4	0,026	0,11	0	0

5	0,052	0,19	0	0
6	0,013	0,09	0	0
7	0,0104	0,54	0	0
8	0,0078	0,13	0	0
9	0,0052	0,25	0	0
10	0,0026	0,45	0	0

Математический эксперимент выполнялся в программном комплексе «MathCAD». Для моделирования погрешности измерительного устройства была применена встроенная функция генерации случайных чисел по нормальному закону распределения «pnorm» со среднеквадратичным отклонением 0 кА, 0.001 кА, 0.003 кА, 0.005 кА, 0.01 кА, что соответствует примерно 0%, 0,5%, 1%, 2% и 4% от действующего значения тока соответственно. На Рисунках 1-2 приведены осциллограммы тока нагрузки до и после добавления погрешностей.

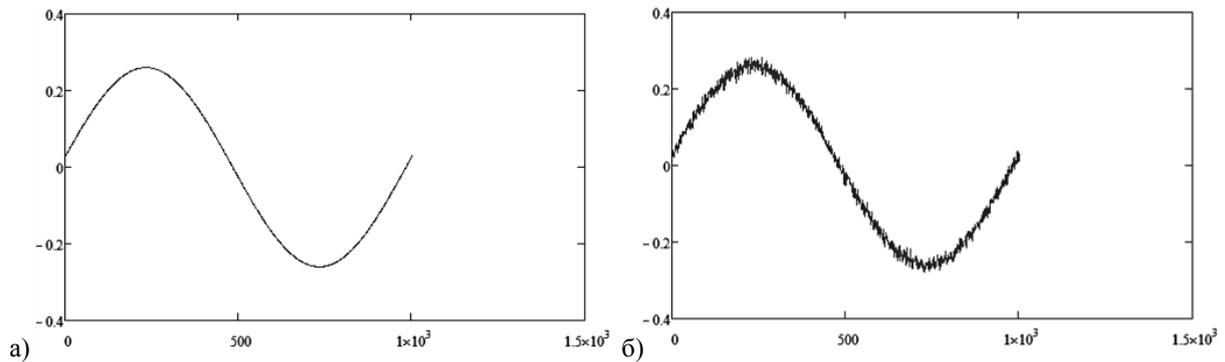


Рис.1. Форма тока синусоидального режима: а) без погрешностей  
б) после добавления погрешности со среднеквадратичным отклонением 0.01 кА

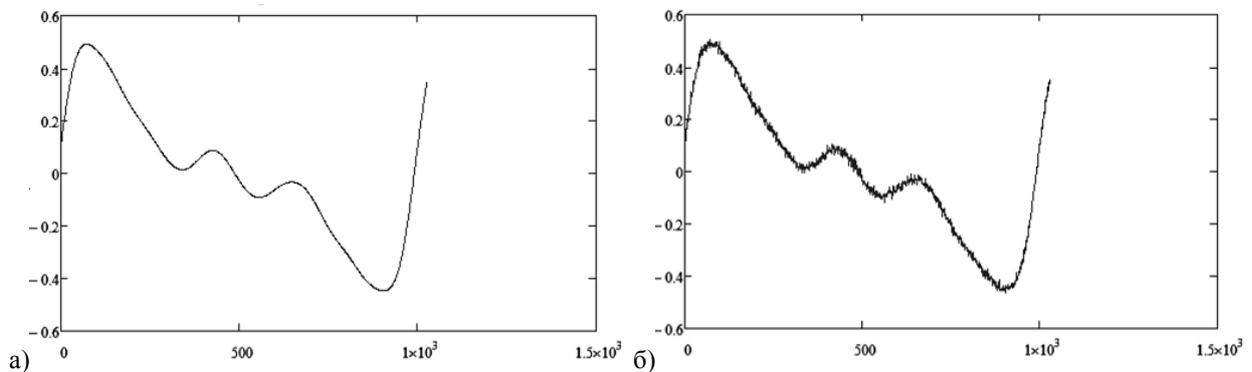


Рис.2. Форма тока несинусоидального режима: а) без погрешностей  
б) после добавления погрешности со среднеквадратичным отклонением 0.01 кА

В качестве эталона выступало действующее значение падения напряжения, вычисленное как корень квадратный из суммы квадратов действующих значений отдельных гармоник падения напряжения, рассчитанных по закону Ома для каждой гармоники из Табл.1.

Поскольку численное дифференцирование по формуле (2) чувствительно к ошибкам, вызванным неточностью исходных данных (погрешностью измерительных устройств), в настоящей работе предлагается использовать более сложные формулы вычисления производной, получающиеся путем дифференцирования многочленов наилучшего среднеквадратического приближения, на котором меньше сказываются случайные ошибки опытных данных [3]:

$$\left. \frac{di(t)}{dt} \right|_{t=t} \approx \frac{1}{\Delta t} \frac{3}{n(n+1)(2n+1)} \sum_{j=-n}^n j \cdot i_{t+j}, \quad (3)$$

где  $n$  – количество соседних измерений мгновенных значений токов, по которым выполняется дифференцирование.

Например, если  $n = 4$ , формула (3) примет вид:

$$\left. \frac{di(t)}{dt} \right|_{t=t_i} \approx \frac{1}{\Delta t} \frac{3}{4 \cdot (4+1)(2 \cdot 4+1)} \sum_{j=4}^4 j \cdot i_{t+j} = \frac{1}{60 \Delta t} \sum_{j=4}^4 j \cdot i_{t+j}. \quad (4)$$

При  $n=1$  формула (3) принимает вид, практически аналогичный (2).

Результаты эксперимента сведены в Табл.2 - 6.

Таблица 2

Абсолютная погрешность по отношению к эталонному значению падения напряжения, несинусоидальный режим, кВ

$\frac{n}{f_s}$	2	4	6	8	10	12	14
$\sigma = 0.000 \text{ кА}$							
5 кГц	-0,011	-0,037	-0,07	-0,104	-0,137	-0,168	-0,194
10 кГц	-0,003	-0,01	-0,021	-0,034	-0,049	-0,066	-0,083
25 кГц	0	-0,001	-0,003	-0,006	-0,009	-0,013	-0,017
50 кГц	0	0	-0,001	-0,001	-0,002	-0,003	-0,004
$\sigma = 0.001 \text{ кА}$							
5 кГц	-0,01	-0,035	-0,07	-0,104	-0,137	-0,168	-0,194
10 кГц	-0,003	-0,01	-0,021	-0,034	-0,049	-0,066	-0,084
25 кГц	0	-0,001	-0,004	-0,005	-0,009	-0,012	-0,017
50 кГц	0,003	0,001	0	-0,001	-0,003	-0,003	-0,004
$\sigma = 0.003 \text{ кА}$							
5 кГц	-0,01	-0,037	-0,07	-0,103	-0,136	-0,167	-0,193
10 кГц	0	-0,011	-0,019	-0,034	-0,049	-0,066	-0,083
25 кГц	0,008	0	-0,005	-0,006	-0,009	-0,012	-0,017
50 кГц	0,024	0,004	0,001	-0,001	-0,002	-0,002	-0,004
$\sigma = 0.005 \text{ кА}$							
5 кГц	-0,014	-0,039	-0,069	-0,104	-0,136	-0,17	-0,196
10 кГц	0	-0,011	-0,019	-0,034	-0,049	-0,066	-0,083
25 кГц	0,026	0	-0,001	-0,006	-0,008	-0,012	-0,015
50 кГц	0,061	0,01	0,003	0,001	0	-0,003	-0,003
$\sigma = 0.01 \text{ кА}$							
5 кГц	-0,001	-0,034	-0,064	-0,101	-0,14	-0,167	-0,194
10 кГц	0,014	0,002	-0,023	-0,027	-0,048	-0,062	-0,08
25 кГц	0,062	0,015	0,004	-0,003	-0,002	-0,009	-0,014
50 кГц	0,239	0,042	0,013	0	-0,005	-0,002	-0,004

Таблица 3

Абсолютная погрешность по отношению к эталонному значению падения напряжения, синусоидальный режим, кВ

$\frac{n}{f_s}$	2	4	6	8	10	12	14
$\sigma = 0.000 \text{ кА}$							
5 кГц	0	-0,001	-0,002	-0,003	-0,005	-0,008	-0,01
10 кГц	0	0	0	0	0	-0,001	-0,002
25 кГц	0	0	0	0	0	0	0
50 кГц	0	0	0	0	0	0	0
$\sigma = 0.001 \text{ кА}$							
5 кГц	0	0	-0,002	-0,003	-0,005	-0,008	-0,01
10 кГц	0,001	0	0	0	-0,001	-0,002	-0,002
25 кГц	0,002	0,001	0	0	0	0	0
50 кГц	0,006	0,001	0,001	0,001	0	0	0
$\sigma = 0.003 \text{ кА}$							

5 кГц	0	0	-0,002	-0,002	-0,005	-0,007	-0,01
10 кГц	0,002	0,001	-0,001	0	-0,002	-0,002	-0,002
25 кГц	0,011	0,003	0,001	0,001	0	0	0
50 кГц	0,044	0,008	0,004	0,002	0,001	0	0,001
$\sigma = 0.005 \text{ кА}$							
5 кГц	0,002	-0,003	0	-0,002	-0,005	-0,008	-0,01
10 кГц	0,006	0,002	0,001	-0,001	-0,001	-0,002	-0,003
25 кГц	0,028	0,006	0	0,001	0,001	0	0
50 кГц	0,116	0,021	0,007	0,003	0,002	0,002	0,001
$\sigma = 0.01 \text{ кА}$							
5 кГц	0,001	0,001	-0,006	-0,002	-0,003	-0,008	-0,012
10 кГц	0,019	0,007	0,002	0	-0,001	-0,002	-0,003
25 кГц	0,102	0,019	0,006	0,002	0,004	0,002	0,001
50 кГц	0,359	0,082	0,027	0,012	0,008	0,006	0,004

Как видно из представленных таблиц, предложенная в [2] методика моделирования режима с помощью представления производной в конечно-разностной форме при отсутствии или малой погрешности измерительного устройства в целом дает довольно точный результат, как для синусоидального, так и для несинусоидального режима. При этом повышение частоты дискретизации ведет к повышению точности расчета. В условиях отсутствия или при небольших погрешностях более сложные формулы вычисления производной по нескольким соседним измерениям дают значительно худший результат. Однако с повышением погрешности ситуация меняется на противоположную: чем больше среднеквадратическое отклонение, тем выше погрешность расчета падения напряжения по мгновенным значениям токов с использованием формулы (2). Применение формул расчета производной по нескольким соседним измерениям со сглаживанием позволяет значительно повысить эффективность рассматриваемой методики. При этом для заданной частоты дискретизации и среднеквадратического отклонения существует оптимальное значение  $n$ .

#### Список литературы

1. Herraiz S., Sainz, L., Clua, J. Review of Harmonic Load Flow Formulations, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 18, No. 3, juli, 2003.
2. Зеленский Е.Г., Кононов Ю.Г., Разработка экспериментального программного модуля для оценивания состояния на базе мгновенных значений токов и напряжений, Вестник СевКавГТУ, Ставрополь, 2011, № 5. – С. 9-12.
3. Г. Корн, Т. Корн, Справочник по математике (для научных сотрудников и инженеров), М.: «Наука», 1973, 832 с.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПОДХОДЫ СТРОИТЕЛЬСТВА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

**Постников Н.Н.**

ЮЗГУ, РФ, г.Курск

Настанет время, когда обыденные источники энергии, как газ, нефть и т.д. иссякнут, ресурсная база будет полностью выработана, и нужно будет искать этим источникам энергии замену. Данная проблема не первое десятилетие беспокоит человечество, но эта проблема решаема. На помощь не возобновляемой энергии, придёт возобновляемая, так называемая «зелёная энергия». Она является неисчерпаемой, её получают из различных процессов, которые постоянно происходят в окружающей нас среде.

К примерам таких процессов можно отнести:

- Приливы и отливы;
- Солнечная энергия;
- Энергия ветра;
- Геотермальная теплота;

Солнце колоссальный источник энергии, его энергия использовалась ещё в древние времена. В настоящее время, когда не возобновляемые источники энергии постепенно иссякают и дорожают, развитие солнечной энергетики становится более приоритетной.

В данной статье я хотел бы рассказать о современных тенденциях и подходах строительства солнечных электростанций (СЭС), на примере СЭС Solar 1.

Солнечная электростанция Solar 1.

Повысить экономическую эффективность систем приёмников солнечных лучей помогают любые технические улучшения, позволяющие удешевить строительство или эксплуатацию. Одной из задач, как по экологическим, так и по экономическим должна стать возможность системы повторять природный ландшафт, чтобы не было необходимости крупного строительства или масштабного выравнивания почвы с разрушением рельефа, следовать контурам земли. В 80-х годах приходилось выравнивать площадку для гелиостатов, это очень сильно повышало стоимость строительства и разрушало рельеф местности.

Солнечная энергетика глобальный инвестиционный тренд в последнее время. Производители солнечных батарей получают крупные инвестиции и приносят огромные прибыли. Это гигантский рынок, разные технологии лучше работают в разных местах, например некоторые лучше работают в местах с прямой интенсивной солнечной радиацией, или там где высокая облачность.

Альтернативная энергетика имеет тренд, к снижению себестоимости, тогда как цены на традиционные энергоносители растут. Но когда цена возобновляемых источников энергии сравнивается с ценой с не возобновляемыми источниками, не известна. Пока что без государственного софинансирования, солнечная энергетика не может быть эффективной.

Есть много способов управления солнечной энергией, увеличительным стеклом или выгнутым зеркалом, оба способа извлекают много тепла именно это и вдохновило создателей Solar 1 на строительство мало вредной электростанции, в пустыне Махави штат Невада.

Разберём, как это всё работает. В пустыне, где солнце триста дней в году, двести тысяч зеркал стройными рядами бок о бок, образуют сотни вогнутых фигур. Этого хватает на кругло годичное обеспечение электричеством четырнадцати тысяч домов. Всё дело в солнце, а не в дорогих кремневых платах. Таким бы образом всё обошлось бы в целом состоянии. Лучи солнца усиленные в семьдесят раз, достаточно горячие, здесь они нагревают масло внутри трубок, систем приёмников. Это кипящее масло отводится, чтобы нагревать воду, которое образует пар двигающий турбину, которая вырабатывает электричество.

Прежде чем построить такую станцию, нужно было решить ряд проблем. Первая проблема заключалась в том, что обычные зеркала не отражают достаточное количество света, необходимого для нагрева. Вторая, зеркала должны быть в движении весь день, так как солнце, как и земля весь день не будут стоять на месте. И заключительная проблема, как будет обеспечиваться энергия в ночное время суток. Рассмотрим первую проблему, дешёвое покрытие зеркала, поглощает большое количество света. Дорогие лабораторные зеркала отражают большую часть света, падающего на него. Но зеркала установленные на станции имеют большую эффективность отражения по сравнению с ними. Они отражают почти сто процентов света, падающего на их поверхность. Для ещё большего нагрева они вогнуты, тем самым свет концентрируется на трубках с маслом, расположенных чётко в фокусе зеркала. Сфокусировать свет одно дело, а заставить его работать другое. Инженеры покрывают трубки особым стеклом, которое усиливает солнечные лучи. Когда масло проходит почти двадцать километров труб, оно становится в четыре раза горячее, чем нужно для кипения воды. Потом масло закачивается во внутренности станции и начинает кипятить воду. Трубки с маслом проходят по центру водонапорных труб, вода нагревается и превращается в пар, который поступает прямо на генератор. Всё электричество данной станции производится обычными паровыми турбинами. Пар двигает лопасти, которые разгоняют турбины генератора вырабатывающего электричество для местных электросетей.

Когда пар разгоняет лопасти турбины, он теряет свой запал, он не достаточно горяч, чтобы двигать что то с места. Он отводится в дождевую, там пар улавливается и конденсируется и отправляется обратно в систему.

Вторая проблема, зеркало должно следовать наклону лучей, если бы зеркала на этой станции стояли, как обычные солнечные панели, то они работали пару минут в день. Поэтому электромоторы расположены в конструкции зеркал, что позволяет следовать им за солнцем.

Теперь третья проблема, что происходит с заходом солнца. Есть проект термальных накопительных резервуаров заполненных солёным расплавом, но это пока в проекте. Ночью Solar 1, переключается к рядом построенной печи на природном газе, которая продолжает вращать турбины. Мощность Solar 1 60 МВт энергии, с маленьким выбросом вредных веществ.

### Список литературы

1. Баланчевадзе В.И., Барановский А.И. и др. Энергетика сегодня и завтра. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Воробьев В.Н., Смирнов Н.П. Общая океанология. Часть 2. Динамические процессы. – Санкт-Петербург: РГГМУ, 1999.
3. Громов Ф.Н., Горшков С.Г. Человек и океан. С.-П., ВМФ, 2006

## СОЗДАНИЕ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ПРОЖЕКТОРА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ БЕЗ АЛЮМИНИЕВОГО РАДИАТОРА

**Березин В.В., Акбиров З.Р., Байгалиев Б.Е.**

КНИТУ-КАИ им. Туполева, РФ, г.Казань

Светодиодное освещение — одно из перспективных направлений технологий искусственного освещения, основанное на использовании светодиодов в качестве источника света. Развитие светодиодного освещения непосредственно связано с достижениями в технологии белых светодиодов. Разработаны так называемые сверхяркие светодиоды, специально предназначенные для искусственного освещения.

В настоящее время в целях экономии энергии на освещение, широкое применение получили светодиоды, из которых изготавливают осветительные приборы. Светодиод — это прибор на основе полупроводника, который излучает свет при пропускании через него электрического тока. Светодиодные осветительные приборы значительно выгоднее ламп накаливания или ртутных ламп. В условиях общего сокращения расходов, разработки новых стандартов, зеленых инициатив и принятия законодательных актов, направленных на защиту окружающей среды, создаются большие возможности для использования светодиодного освещения, как на национальном, так и на международном уровне.

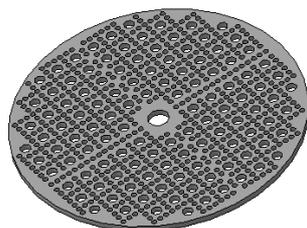
Светодиодные осветительные приборы сравнительно новое изобретение. Но, не смотря на это, они в большинстве случаев превосходят традиционные источники света по энергетической эффективности, качеству света, рентабельности и экологичности. Светодиодные осветительные приборы превосходят лампы накаливания практически во всех областях применения, а разрядные лампы высокого давления – в областях, требующих использования цветного света.

В данной работе предлагается использовать два технологических новшества:

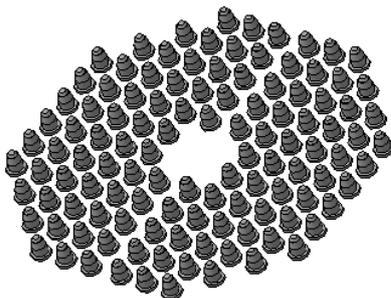
- 1) выполнить корпус осветительного прибора из полимерных материалов;
- 2) убрать из конструкции светодиодного осветительного прибора радиатор.

Представим ниже элементы светодиодного осветительного прибора:

1. Пластина с отверстиями 2 шт.: верхняя и нижняя, Предназначенные для крепления и расположения светодиодов, а так же для отвода теплого воздуха от диодов через отверстия.



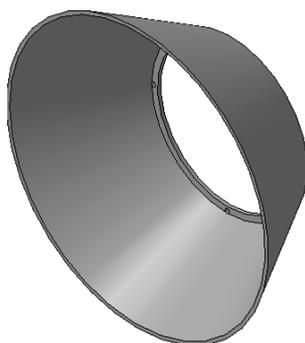
2. Сетка диодов, предназначенная для преобразования электрической энергии в энергию светового излучения.



3. Прижимные кольца 2 шт., предназначенные для скрепления 2-ух пластин с отверстиями, диодов и платы.



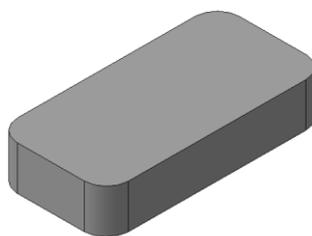
4. Отражатель, предназначенный для защиты диодов, концентрации и направления светового потока.



5. Воздухоотвод, предназначенный для расположения драйверов и отвода горячего воздуха. Поступающего через отверстия пластин (1), а так же для охлаждения драйверов.



6. Блок драйвер, предназначенный для управления режимом света, а так же является выпрямителем.



Элементы светодиодного осветительного прибора выполнены из полимерного материала. Он является легким, дешевым и простым в работе.

Светодиоды не излучают тепла в потоке света (т.е. обладают холодными пучками света), но они все равно вырабатывают тепло. Тепловая энергия зависит от потребляемой мощности и эффективности системы. Для нормальной работы осветителя, необходимо создать рабочую среду для светодиодов. Так как из-за сильного нагрева снижается световой поток светодиодов и система может выйти из строя (перегреться или сгореть). Для нормальной работы светодиодного прибора необходимо отводить генерируемое в нем тепло. В светодиодном прожекторе эту функцию выполняют специальные радиаторы (как правило, изготовленные из алюминия). Радиатор – это устройство для охлаждения нагревающихся при работе элементов конструкции светодиодного

осветительного прибора. Использование в конструкции светодиодного осветительного прибора радиатора, значительно увеличивает его вес и стоимость.

Чтобы интенсивность отвода тепла была необходимой для нормальной работы прожектора, необходимо увеличить коэффициент теплоотдачи. Увеличение коэффициента теплоотдачи обеспечивается за счет организации системы отверстий около каждого светодиода. Охлаждение осуществляется окружающим воздушным потоком. Скорость потока увеличивается за счет применения конусообразного отражателя, который защищает светодиоды, и конусообразного воздуховода. Так же в конусообразном воздуховоде располагаются драйвера. В случае перегрева светодиодов, возможно применение вентилятора, установленного в конусообразном воздуховоде. Установка вентилятора увеличивает скорость потока воздуха, что увеличивает коэффициент теплоотдачи и тем самым увеличивает количество отводимого тепла от светодиодов. В различные времена года мощность, потребляемая вентилятором, будет различна (в теплое время года больше, в холодное меньше).

Светодиодные осветительные приборы, стоящие сегодня на производстве, имеют массу 6,5 кг. При замене металлических деталей осветителя, на детали изготовленных из полимерных материалов, и отказе от использования алюминиевого радиатора для отвода энергии, мы можем добиться уменьшения массы конструкции до 2 кг. И что не менее важно, мы значительно сокращаем стоимость прибора.

Создание деталей из полимерных материалов значительно упрощает и удешевляет процесс изготовления, по сравнению с деталями из металла. Ресурс изделия из полимерных материалов больше чем металлических.

#### **Список литературы**

1. Джонатан Вейнерт – справочник «Светодиодное освещение – принципы работы, преимущества и область применения», г.2010, стр.156;
2. Шуберт Ф.Е. – «Светодиоды», г.2008, стр. 496;
3. Г.А. Мухачев, В.К. Шукин – «Термодинамика и теплопередача», г.1991, стр. 480.

### **СЕКЦИЯ №6.**

#### **ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)**

### **СЕКЦИЯ №7.**

#### **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)**

#### **ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА СТРУКТУРУ АЛЮМИНИЯ И АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ Al-1.3%Mn, И СПЛАВА Al-1.6%Mn**

**Шакетаева Г.Е., Ерболатулы Д.**

ВКГУ, РК, г.Усть-каменогорск

В последние годы большой интерес исследователей-материаловедов вызывают ультрамелкозернистые (УМЗ) алюминиевые материалы, измельчение структуры в которых, достигается воздействием интенсивной пластической деформации [1]. Это связано с тем, что формирование УМЗ структуры в данных материалах приводит к повышению уровня их механических и физических свойств, что в перспективе может быть использовано для различных практических приложений. Изучение комплекса механических свойств и структурных особенностей, оказывающих определяющее влияние на их формирование в процессе РКУПа 3D осадки, является предметом многочисленных исследований [2]. Равноканальное угловое прессование (РКУП) и 3D осадка является в настоящее время одним из основных способов для реализации интенсивной пластической деформации. Указанный метод позволяет получать массивные беспористые заготовки с ультрамелким размером зерен в субмикроструктурном для чистых металлов или нанометровом диапазоне.

Целью данной работы является изучение комплекса механических свойств и структурных особенностей чистого алюминия и сплава АМг3, АМг6

В качестве материала исследования был выбран чистый алюминий, сплав АМг3, АМг6. Химический состав сплава: 99,9% чистый алюминий, состав сплава АМг3: Al - 93,8-96%, Mn - 0,3-0,6%, Si - 0,5-0,8 %, Fe - 0,5%, Ti - 0,1%, Cu - 0,1 %, Mg - 3,2-3,8 %, Zn - 0,2%. Состав сплава АМг6: Fe - 0,4%, Si - 0,4%, Mn 0,5 - 0,8%, Ti-0,02 - 0,1%, Al 91,1 - 93,68%, Cu- 0,1%, Be 0,0002 - 0,005%, Mg 5,8 - 6,8%, Zn - 0,2%

Выбор материала основан тем, что его можно эффективно использовать в качестве защитного картера двигателя легкового автомобиля. Это необходимое устройство для каждой машины, так как именно оно защищает все узлы и агрегаты от механических повреждений. В целом, защита поддона картера является устройством, которое крепится на днище машины прямо под двигателем. Этот элемент необходим, для того чтобы защитить двигатель от различного типа повреждений. Чаще всего защиту картера изготавливают из стали, углепластик и алюминий [3].

Для проведения исследований были использованы следующие методы: РКУП осуществлялось в пресс-форме с углом пересечения рабочего и выходного каналов 90°. Скорость прессования заготовки диаметром 20 мм и длиной l=100 мм составляла 0,4 мм/с. Заготовки подвергались РКУП при комнатной температуре с различным числом проходов (от 1 до 12) и поворотом на 90° и 180° перед каждым проходом. расплав АМг3 на муфельной печи SNOL1300 при температуре 650<sup>0</sup>-680<sup>0</sup> 1,5 час, 3Досадка после 2-х ,4-х цикла обработки, данные образцы были прокатаны на 30%, 60%, 70% , измерение образцов микротвердости на приборе ПМТ-3, рентгенно-фазовый анализ на рентгеновский порошковый дифрактометре D8 Advance, исследования структуры образцы на растровом микроскопе ТМ3000, а также оптической микроскопии на микроскопе Neophot-21

Оптическим методом установлено, что в исходном состоянии образцы состоит из крупных зерен со средним размером 80 мкм алюминий, сплав АМг3 размером 103 мкм, далее доказано что РКУП и 3Д осадки приводит к существенному измельчению структуры чистого алюминия и сплава АМг3. После 3Досадки 2-х цикла обработки и 4-х цикла обработки со средним размером 1,5 мкм (Рисунках 1-3).

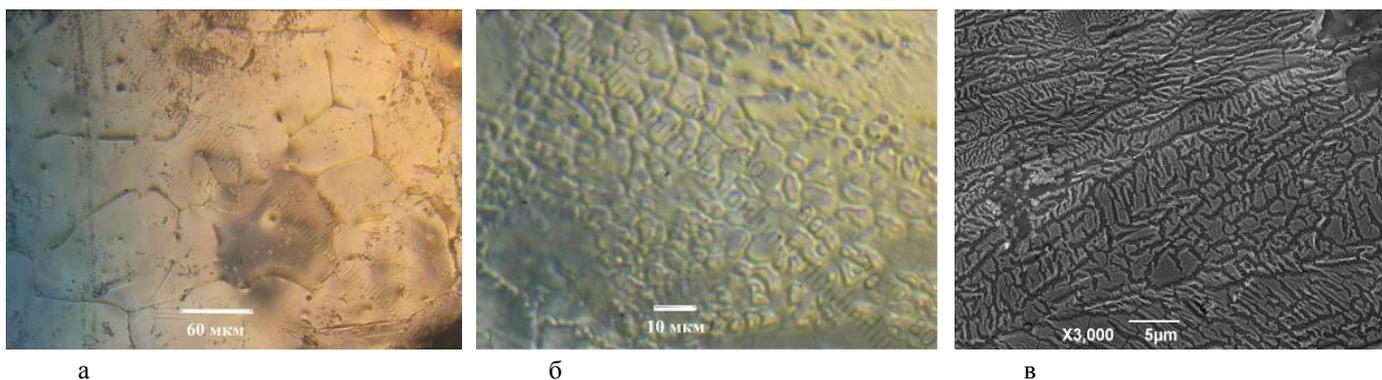


Рис.1. Микроструктура чистого алюминия:

а – в исходном состоянии; б - после РКУП-8 проходов, в – РКУП-12 проходов

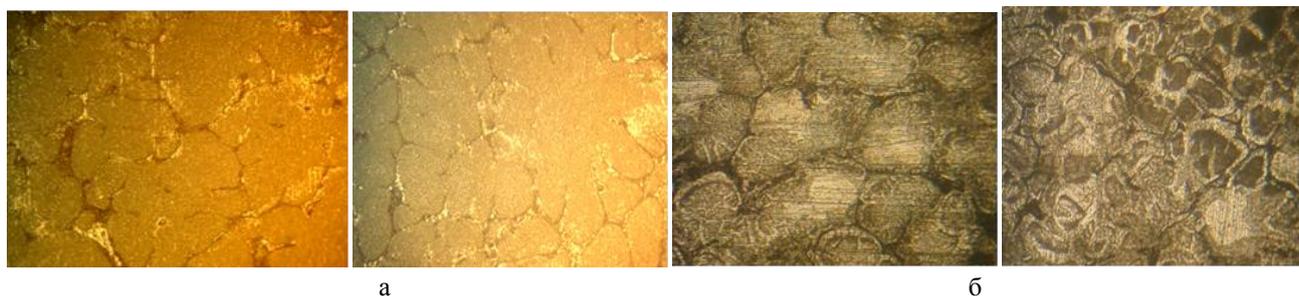


Рис.2. а) Микроструктура расплава АМг 3 разных части области образца в исходном состоянии; б) Микроструктура расплава АМг3 разных части области образца после 2-х цикла обработки

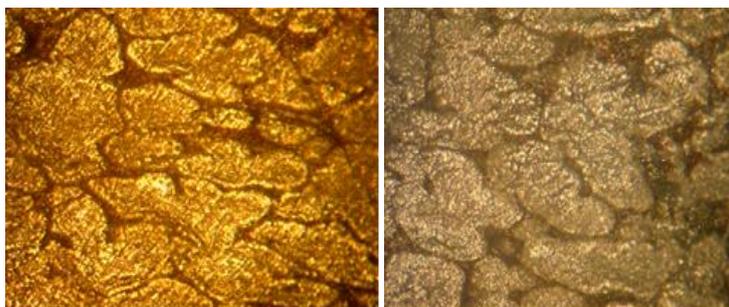


Рис.3. Микроструктура расплава АМг3 разных части области образца после 4-х цикла обработки.

Исследование структуры сплава на растровом электронном микроскопе ТМ3000 показало, что после 3D осадки в АМг3 формируется однофазная структура (Рисунке 3) со средним размером зерен 72 мкм (Рисунке 4).

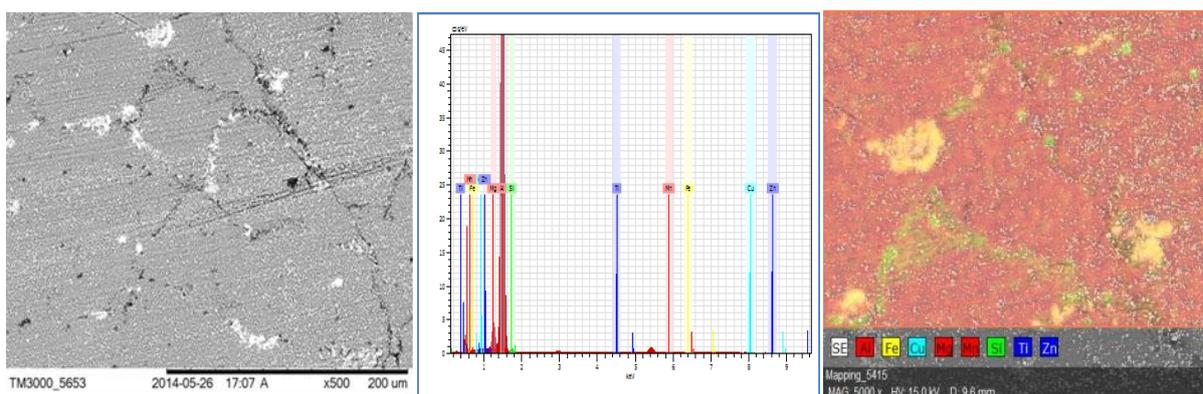


Рис.4. а - Структура образца АМг3 после 4-х циклов обработки.  
б-энергодисперсионный анализ химического состава АМг3 после 4-х циклов обработки.

Рентгенофазовый анализ образцов приводился на рентгеновском порошковом дифрактометре D8 Advance. На Рисунке 5 представлены дифрактограммы сплава АМг3 в исходном состоянии и после двух цикла обработки. В результате выяснилась, что у сплава АМг3 кристаллическая решётка ГЦК, параметры решетки составляет  $a=4,04060\text{Å}$ .

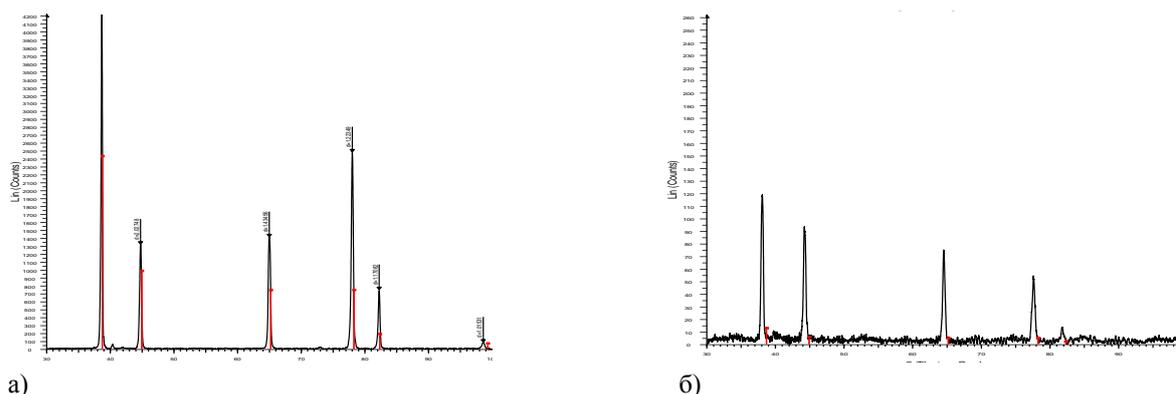


Рис.5. Рентгеновские дифрактограмма сплава АМг3 после различных обработок, а – исходный, б- после двух циклов обработки.

На Рисунке 6 представлена гистограмма изменениямикротвердости по методу Виккерса для 99,9%чистого алюминия, расплава АМг3 и сплав АМг6. В результате РКУПа и 3D осадки микротвердость образцов возрастает 2 раза выше, чем в исходном состоянии.

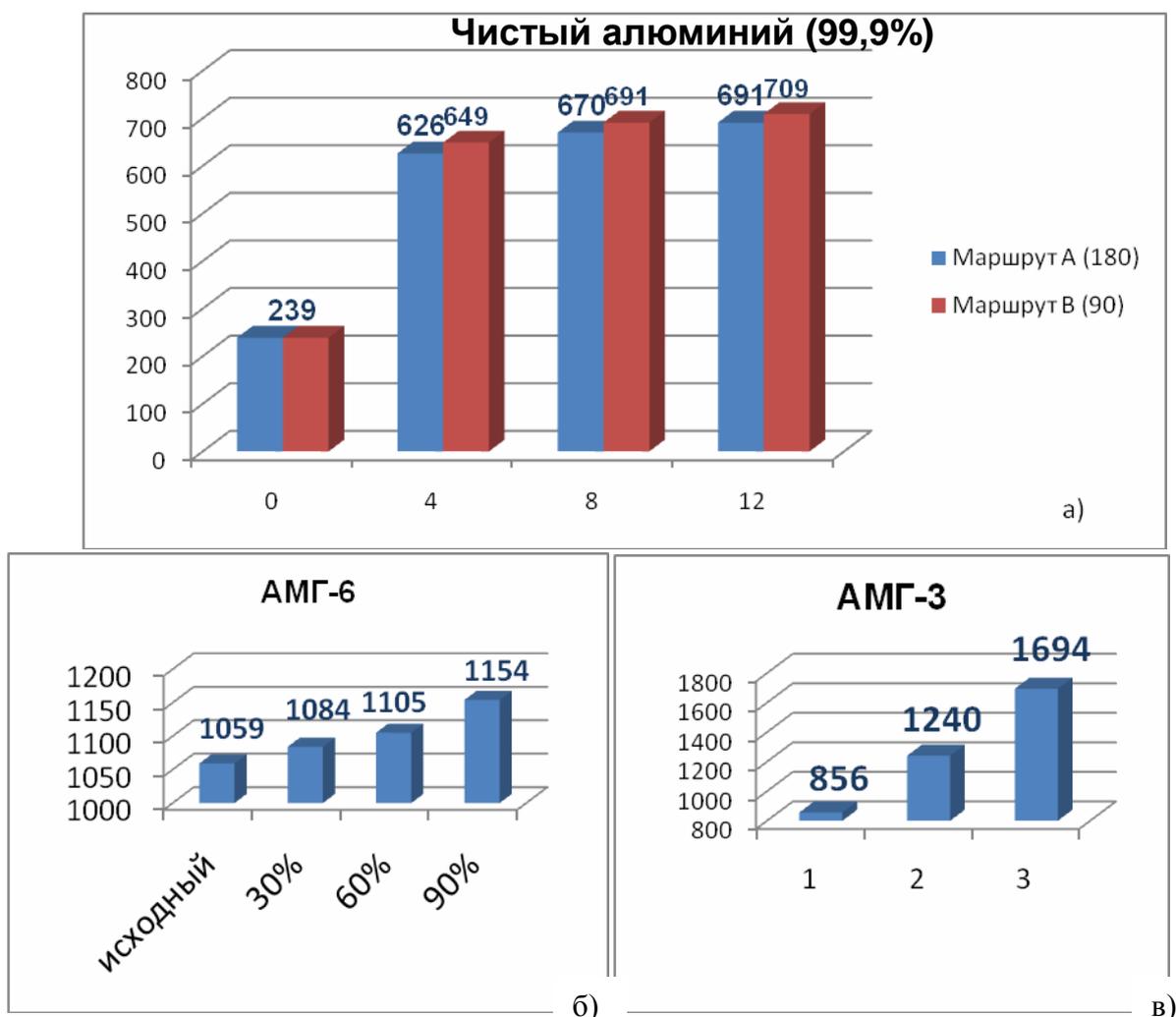


Рис.б. а -Зависимость микротвердости алюминия от числа проходов при РКУП

б - Зависимость микротвердости сплава АМГбпосле прокатки

в - Зависимость микротвердости расплава АМГ3 от цикла обработки при 3D осадке: 1- исходный образец, 2- после 2-х цикла обработки, 3- после 4-х цикла обработки.

Таким образом, на основе проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Методами растровой электронной микроскопии установлено, что при интенсивной пластической деформации и отжига при 650-680<sup>0</sup>С в течение 1,5 часов, после ИПД образуется однофазная структура со средним размером зерна 1,5 мкм.

2. Рентгенофазовый анализ образцов на рентгеновском порошковом дифрактометре D8 Advance показал, что у сплава кристаллическая решётка ГЦК.

3. В результате РКУПа, 3 D осадки и прокатки микротвердость данных образцов возрастает в 2 раза, это объясняется воздействием интенсивной пластической деформации.

В будущем планируется с помощью прокатного стана сделать макет защиту картера двигателя легкового автомобиля из сплава АМГб.

#### Список литературы

1. Колобов Ю.Р., Валиев Р.З., Грабовецкая Г.П. и др. Зернограницная диффузия и свойства наноструктурных материалов. – Новосибирск: Наука, 2001. – 232 с.
2. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 398 с.
3. [Электронный ресурс]. – режим доступа: [http://amastercar.ru/automaster/zashchita\\_kartera\\_dlya\\_mashiny.shtml](http://amastercar.ru/automaster/zashchita_kartera_dlya_mashiny.shtml)

# ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ НА КИНЕТИКУ ФОРМИРОВАНИЯ ДИФФУЗИОННОЙ ЗОНЫ ПРИ КОНТАКТНОМ ПЛАВЛЕНИИ

Шморгун В.Г., Слаутин О.В., Евстропов Д.А., Миронова Ю.В., Кулевич В.П.

Волгоградский государственный технический университет, г.Вологоград

Исследовано влияния легирующих элементов на кинетику формирования диффузионной зоны, образующейся на границе полученных сваркой взрывом соединений титана с медью при контактном плавлении. Показано, что легирующие элементы, присутствующие в сплавах ВТ6 и ВТ20, повышают твердость полученного на поверхности меди покрытия на основе купридов титана, обусловленное изменением его морфологии и фазового состава.

Ключевые слова: слоистый композит, сварка взрывом, термообработка, контактное плавление.

Введение.

Защита меди и сплавов на ее основе путем их поверхностного легирования не только перспективный, но, иногда, и единственно возможный способ получения изделий с необходимым комплексом эксплуатационных свойств: повышенных значений механической прочности, коррозионной стойкости, сопротивления истиранию и окислению при высоких температурах с сохранением основных качеств – высокой электро- и теплопроводности.

Контактное плавление успешно используется для формирования покрытий на поверхности меди, которые могут значительно улучшить ее трибологические свойства [1, 2]. Диффузионные процессы, идущие преимущественно в жидкой фазе, ускоряют взаимодействие компонентов и позволяют получать за весьма короткие промежутки времени покрытия значительной толщины.

Несмотря на то, что исследованию процесса контактного плавления посвящено большое количество работ [3-5], ряд вопросов, касающихся процесса формирования покрытий при контактном плавлении, мало изучены или не изучены вообще. В первую очередь это касается влияния легирующих элементов на кинетику взаимодействия компонентов, структуру и свойства диффузионных слоев. Исследование данного вопроса позволит решать актуальные задачи, связанные с повышением надежности и долговечности изделий.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния легирующих элементов на кинетику формирования диффузионной зоны (ДЗ), образующейся на границе полученных сваркой взрывом соединений титана с медью при контактном плавлении.

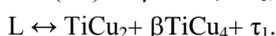
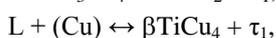
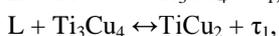
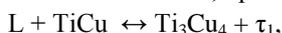
Материалы и методы исследования.

Материалами для исследования служили образцы сваренной взрывом меди марки М1 с титаном ВТ1-0 и титановыми сплавами ВТ6 и ВТ20. Сварка взрывом обеспечивала качественный контакт металлов, исключая оксидные пленки на поверхности раздела и возможность отследить влияние легирующих элементов, присутствующих в титановых сплавах на диффузионные процессы при отжиге. Химический состав сплавов титана определяли с помощью рентгено-флуоресцентного спектрометра «NITON XLT». Термическую обработку образцов проводили в печи SNOL 8.2/1100 при температуре 900°C с временами 5, 15 и 30 минут. Металлографические исследования выполняли на модульном металлографическом микроскопе Олимпус ВХ-61. Фазовый состав ДЗ оценивали при сопоставлении данных, полученных с помощью дифрактометра ДРОН-3 и растрового двухлучевого электронного микроскопа системы Versa 3D. Измерение микротвердости ДЗ осуществляли на приборе ПМТ-3М с нагрузкой на индентор 50 г.

Результаты и их обсуждение.

Анализ данных рентгено-флуоресцентного анализа указал на наличие в сплавах титана высокого содержания алюминия - до 4,44 в сплаве ВТ6 и до 5,82 % в сплаве ВТ-20 (Табл.1). Поскольку температура плавления алюминия самая низкая из всех присутствующих в сплавах легирующих элементов, его влияние на температуру контактного плавления должно быть ощутимым.

На равновесной фазовой диаграмме тройной системы Al-Cu-Ti, построенной по точкам ликвидуса [6], существует 26 точек ликвидуса и 3 сложных химических соединения:  $\tau_1$  -  $TiCu_2Al$ ,  $\tau_2$  -  $TiCuAl$  и  $\tau_3$  -  $Ti_2CuAl_5$  (Табл.2), в дополнение к существующим в бинарной (Cu-Ti) системе. В интервале концентраций, характерных для сплавов ВТ6 и ВТ20, при 900 °С возможны четыре варианта взаимодействия:



## Результаты химического анализа

Марка сплава	Содержание %.									
	Ti	Fe	Al	Mo	Zr	V	Cu	W	Nb	Si
BT1-0	99,6	0,15	0,15	-	-	-	-	-	-	0,1
BT6	89,8	0,591	4,44	0,002	0,46	4,68	0,027	-	-	-
BT20	83,7	0,864	5,82	1,83	2,19	1,76	0,15	0,089	2,78	0,817

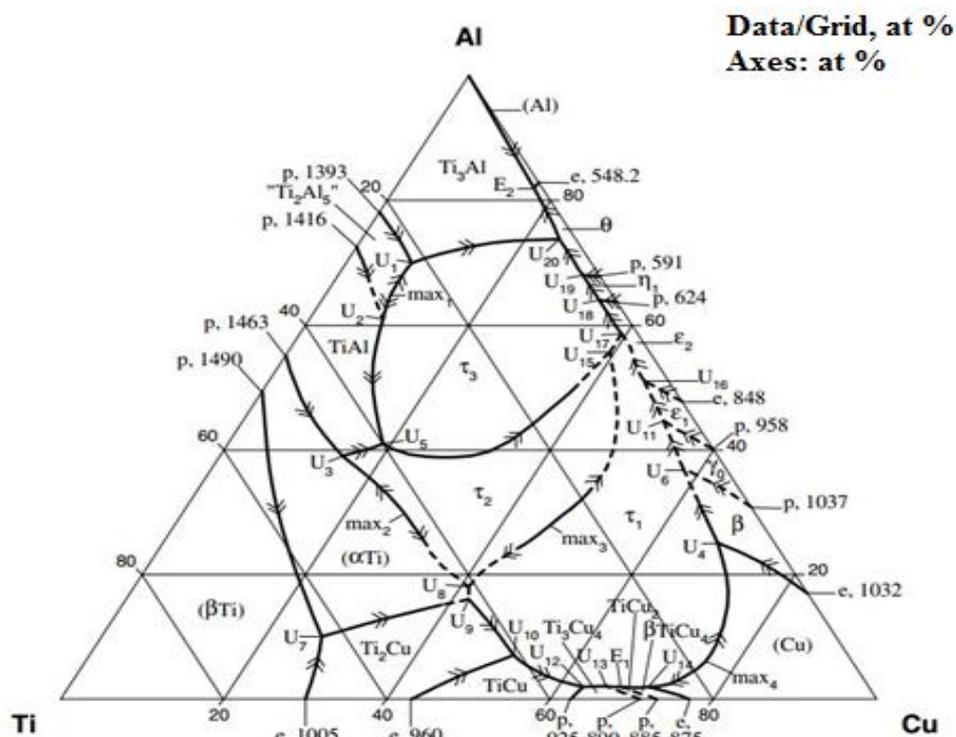


Рис.1. Равновесная фазовая диаграмма тройной системы Al-Cu-Ti, построенная по точкам ликвидуса (расшифровка в Табл.2) [6]

Таблица 2

## Вариантные взаимодействия

Реакции	Т [°C]	Тип	Фаза	Процентное содержание (at.%)		
				Al	Cu	Ti
$L \leftrightarrow \text{Ti}_2\text{Al}_5 + \tau_3$	?	max <sub>1</sub>	L	65	8	27
$L + \text{Ti}_2\text{Al}_5 \leftrightarrow \text{TiAl}_3 + \tau_3$	~1280	U <sub>1</sub>	L	70	8	22
$L + \text{Ti}_2\text{Al}_5 \leftrightarrow \text{TiAl} + \tau_3$	?	U <sub>2</sub>	L	61	9	30
$L \leftrightarrow (\alpha\text{Ti}) + \tau_2$	~1155	max <sub>2</sub>	L	30	27	43
$L + (\alpha\text{Ti}) \leftrightarrow \text{TiAl} + \tau_2$	~1150	U <sub>3</sub>	L	39	15	46
$L \leftrightarrow \tau_2 + \tau_1$	1100	max <sub>3</sub>	L	28	46	26
$L \leftrightarrow (\text{Cu}) + \tau_1$	1020	max <sub>4</sub>	L	6	76	18
$L + (\text{Cu}) \leftrightarrow \beta + \tau_1$	1010	U <sub>4</sub>	L	25	68	7
$L + \text{TiAl} \leftrightarrow \tau_2 + \tau_3$	1000	U <sub>5</sub>	L	41	19	40
$L + \beta \leftrightarrow \gamma_0 + \tau_1$	1000	U <sub>6</sub>	L	36.94	57.83	5.23
$L + (\beta\text{Ti}) \leftrightarrow \text{Ti}_2\text{Cu} + (\alpha\text{Ti})$	980	U <sub>7</sub>	L	10	27	63
$L + \tau_2 \leftrightarrow (\alpha\text{Ti}) + \tau_1$	~970	U <sub>8</sub>	L	18	41	41
$L + (\alpha\text{Ti}) \leftrightarrow \text{Ti}_2\text{Cu} + \tau_1$	~965	U <sub>9</sub>	L	16	42	42
$L + \text{Ti}_2\text{Cu} \leftrightarrow \text{TiCu} + \tau_1$	940	U <sub>10</sub>	L	7	52	41
$L + \gamma_0 \leftrightarrow \tau_1 + \epsilon_1$	920	U <sub>11</sub>	-	-	-	-
$L + \text{TiCu} \leftrightarrow \text{Ti}_3\text{Cu}_4 + \tau_1$	910	U <sub>12</sub>	L	2	63	35
$L + \text{Ti}_3\text{Cu}_4 \leftrightarrow \text{TiCu}_2 + \tau_1$	900	U <sub>13</sub>	-	-	-	-
$L + (\text{Cu}) \leftrightarrow \beta\text{TiCu}_4 + \tau_1$	~870	U <sub>14</sub>	L	2	71	27

$L \leftrightarrow TiCu_2 + \beta TiCu_4 + \tau_1$	~860	$E_1$	L	2	66	32
$L + \tau_2 \leftrightarrow \tau_1 + \tau_3$	~860	$U_{15}$	-	-	-	-
$L + \varepsilon_1 \leftrightarrow \tau_1 + \varepsilon_2$	820	$U_{16}$	-	-	-	-
$L + \tau_1 \leftrightarrow \tau_3 + \varepsilon_2$	810	$U_{17}$	-	-	-	-
$L + \varepsilon_2 \leftrightarrow \eta_1 + \tau_3$	610	$U_{18}$	L	64	34	2
$L + \eta_1 \leftrightarrow \Theta + \tau_3$	580	$U_{19}$	L	68	30	2
$L + \tau_3 \leftrightarrow \Theta + TiAl_3$	570	$U_{20}$	L	74	24	2
$L \leftrightarrow (Al) + \Theta + TiAl_3$	540	$E_2$	L	82	17	1

Металлографические исследования показали, что увеличение времени выдержки при постоянной температуре контактного плавления приводит к росту ширины ДЗ. Однако в образцах ВТ6+М1 и ВТ20+М1 при 5 минутной выдержке ее ширина составила 410 мкм, а в образцах ВТ1-0+М1 – 190 мкм (Рисунки 2 и 3 а). Столь значительное увеличение может быть обусловлено понижением температуры образования жидкой фазы на поверхности раздела металлов. Для чистых меди и титана (ВТ1-0+М1) эта температура равна 875 °С, а для сплавов ВТ6 и ВТ20, из за большего присутствия в их составе алюминия,  $\approx 860^\circ\text{C}$ . С увеличением времени выдержки эта тенденция сохраняется, и в образцах ВТ6+М1 и ВТ20+М1 ширина ДЗ выше. Так при 30 мин выдержке ширина ДЗ составила: ВТ1-0+М1 – 1280 мкм, ВТ6+М1 – 1750 мкм, ВТ20+М1 – 1750 мкм.

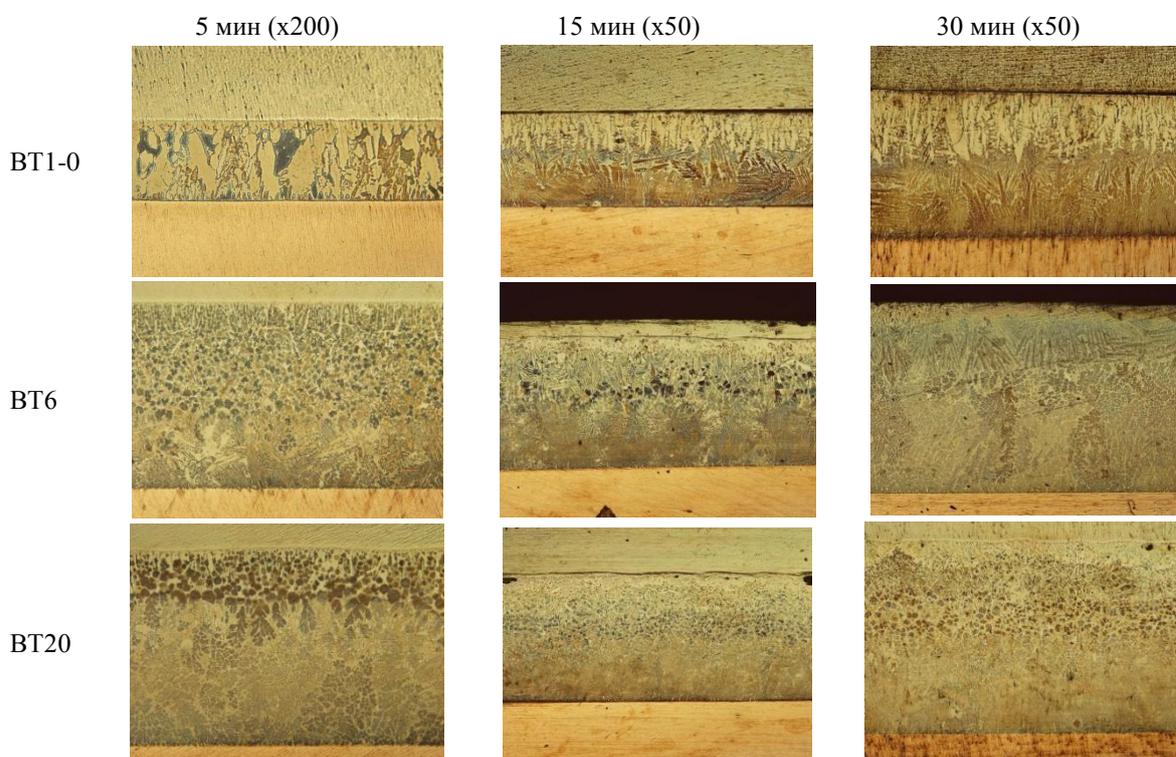


Рис.2. Микроструктуры ДЗ, образующихся на границе титана и его сплавов с медью после термообработки

Легирование ДЗ приводит к ее структурным (образование сферических и игольчатых включений) и фазовым изменениям после термообработки. Так, если в композите ВТ1-0+М1 она состоит из смеси твердого раствора титана в меди с включениями  $TiCu_2$ ,  $\beta TiCu_4$  и  $Ti_3Cu_4$ , то в композитах ВТ6+М1 и ВТ20+М1 помимо указанных выше фаз дополнительно обнаружено химическое соединение  $TiCu_2Al$ . Результатом таких изменений является увеличение средних значений твердости ДЗ (Рисунок 3 б).

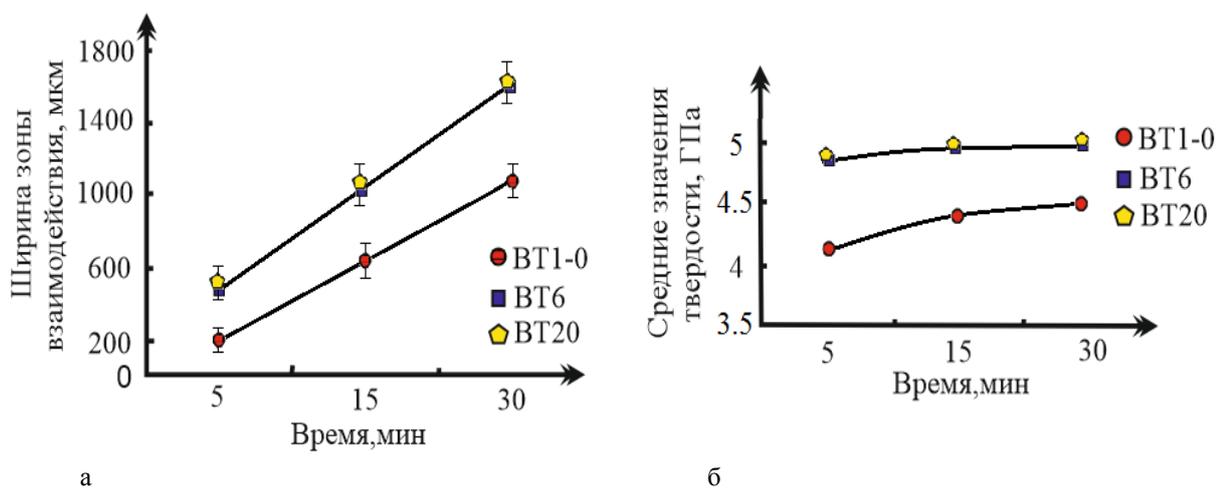


Рис.3. Толщина ДЗ после термообработки 900 °С (а) и средние значения ее твердости (б)

Выводы.

1. Легирование диффузионной зоны, формирующейся на межслойной границе сваренных взрывом соединений меди с титаном и его сплавами в условиях контактного плавления, алюминием приводит к интенсификации диффузионного взаимодействия за счет понижения температуры образования жидкой фазы.

2. Легирующие элементы, присутствующие в сплавах BT6 и BT20, повышают твердость полученного на поверхности меди покрытия на основе купридов титана, обусловленное изменением его морфологии и фазового состава.

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-19-00418)

#### Список литературы

1. Крашенинников, С.В. Упрочнение поверхностей стальных деталей путем формирования интерметаллид содержащих покрытий / С.В. Крашенинников, С.В. Кузьмин, В.И. Лысак //Перспективные материалы.- 2004.-№2.- С.83-88.
2. Шморгун В.Г. Структура и трибологические свойства покрытий на основе купридов титана / Шморгун В.Г., Артемьев А.А., Антонов А.А., Евстропов Д.А., Бондаренко Ю.И. // Известия ВолгГТУ. Сер. Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении. Вып. 10. - Волгоград, 2014. - № 23 (150). - С. 30-32.
3. Konieczny, M., Mechanical behavior of multilayer metal-intermetallic laminate composite synthesized by reactive sintering of Cu/Ti foils /, M. Konieczny, A. Dziadoń // Archives of metallurgy and materials.-2007. p 555-562
4. Залкин В.М. Природа эвтектических сплавов и эффект контактного плавления.// М.: Металлургия, 1987. 1-157с.
5. Ахкубеков А.А., Байсултанов М.М., Ахкубекова С.Н. Начальная стадия контактного плавления как низкоразмерный эффект.// Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. Приложение. – 2005.– С. 56-64.
6. Landolt-Börnstein Ternary alloy system (Phase diagram, crystallographic and thermodynamic date) // Materials Science and International Team, MSIT – p.156-173.

## **СЕКЦИЯ №8.**

### **ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЗАРЯДНО-РАЗРЯДНОГО УСТРОЙСТВА СУПЕРКОНДЕСАТОРА**

**Кобьшев Н.А.**

Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А. Тимирязева  
Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина, г.Москва

При выборе типа схемы системы управления рассматриваемых систем тягового электропривода электромобилей нужно учитывать следующие характерные особенности: низкий уровень напряжения источника питания; большой пусковой ток электродвигателя, обусловленный требуемой динамикой электромобиля; широкий диапазон изменения напряжения ТАБ в зависимости от токов нагрузки и степени разряженности аккумуляторов; наличие собственной индуктивности и относительно высокое значение внутреннего активного сопротивления батареи; малая индуктивность обмоток ТЭД и сравнительно большое сопротивление его цепи.

От ТАБ в режиме пуска ТЭД потребляются токи, в 10-15 раз превышающие нормальный (пятичасовой) разрядный ток аккумуляторов. В этом случае возникают значительные потери энергии на внутреннем сопротивлении ТАБ, вызывающие ее чрезмерный нагрев и интенсивное испарение электролита.

Радикальным средством повышения коэффициента использования запасенной на электромобиле энергии и снижения нагрева ТАБ является применение импульсного преобразователя постоянного напряжения, тем более что это практически единственно возможное средство регулирования напряжения ТЭД, так как ступенчатое управление напряжением посредством переключения секций ТАБ с параллельного на последовательное соединение имеет ряд существенных недостатков. К ним относятся наличие большого количества коммутационных аппаратов, значительные колебания силы тяги электромобиля при переключениях секций, невозможность осуществления электрического торможения, а также сложность компоновки, установки и съема батареи.

Даже при использовании импульсного преобразователя потери энергии в АБ составляют до 30% общего расхода энергии батареи, а ее температура может превысить допустимую. Такие значительные потери и перегрев батареи вызваны добавочными потерями в ней за счет импульсного характера разрядного тока. Это, как отмечалось ранее, приводит к снижению срока службы и надежности АБ, а также к интенсивному испарению электролита. Последнее определяет значительное увеличение длительности зарядки аккумуляторов, так как время, необходимое для остывания электролита и его пополнения, составляет более половины всего времени зарядки. Принудительное охлаждение АБ обуславливает дополнительный расход энергии и увеличение массогабаритных показателей электрооборудования. Устранить отмеченные негативные явления можно включением между АБ и преобразователем фильтра, сглаживающего пульсации тока ТЭД.

Сравнение в реальных диапазонах изменения коэффициента заполнения показывает, что за время пуска электромобиля до выхода на автоматическую характеристику ТЭД потери в батарее при наличии фильтра снижаются приблизительно на 33% по сравнению с системой без фильтра; то же относится и к режиму регенеративного торможения.

Таким образом, использование АБ без преобразователя не целесообразно не только в традиционном электромобиле, но и в ГТС, даже при компоновке по параллельной схеме. Это обусловлено в первую очередь невозможностью режимом заряда-разряда большими токами и вытекающего из этого невозможностью режима регенерации энергии, чем другими недостатками, которые могут быть устранены при использовании стремительно развивающейся полупроводниковой элементной базой.

Данная постановка задачи и ее решение видится только для параллельной компоновки, хотя возможность использования в последовательной, при дополнительной элементной базе не исключена.

Обусловленное коротким временным режимом использования электропривода, только во время разгона или регенеративного торможения ГТС с параллельной компоновкой (порядка 5-15 с), и его энергонезависимой компоновкой, создает предпосылки для разработки электропривода без использования преобразователя. В частности, для обеспечения возможности произведения одинакового заряда и разряда множества суперконденсаторов, последовательная разрядная цепь суперконденсаторов при заряде соединяется параллельно. Тем самым напряжение в цепи изменяется.

Целесообразно следующее техническое решение, позволяющее исключить использование преобразователя или использовать совместно. При разгоне или регенеративном торможении происходит потребление/отдача энергии от/к суперконденсатора до тех пор, пока существует разность напряжений между суперконденсатором и ТЭД. В частности, для обеспечения заряда суперконденсатора в результате рекуперативного торможения необходимо обеспечить, чтобы напряжение на ТЭД было больше напряжения суперконденсатора. С этой целью устанавливается между ТЭД и ведущим колесом вариатор (например, клиноременный вариатор (Рисунок 1)), выполняющий помимо функций изменения крутящего момента и частоты вращения рабочей машины во время разгона и выбега, для выполнения этих же функций во время торможения. В течение торможения вариатор увеличивает частоту вращения вала ТЭД, работающего как генератор, по сравнению с частотой вращения ведущего колеса. Тем самым, повышая вырабатываемое напряжение. В результате этого достигается заряд суперконденсатора, уменьшается время торможения ГТС.

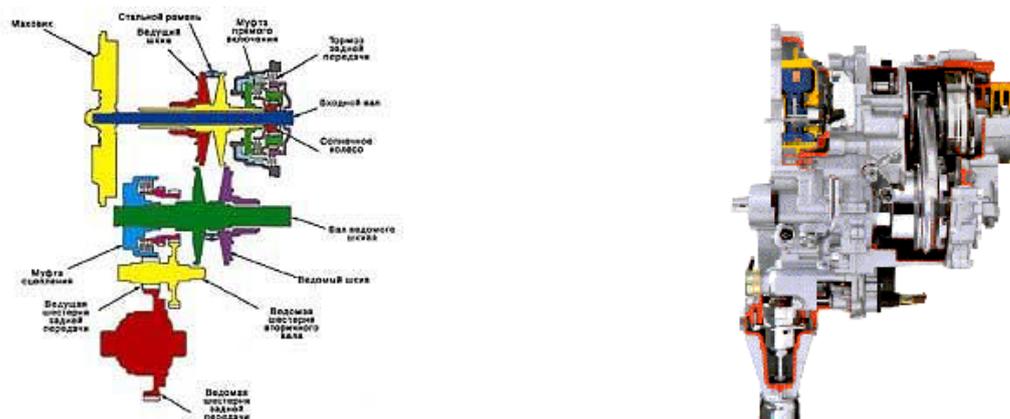
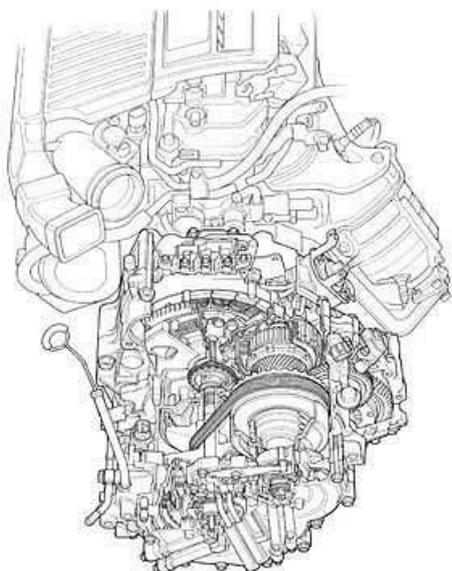


Рис.1. Устройство клиноременного вариатора (вариатора Ван-Дорна)

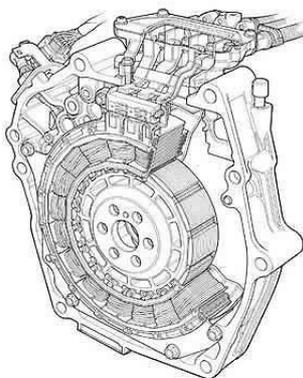
(1)

(2)

(3)



Continuously Variable Transmission (CVT)



Ultra-thin DC brushless electric motor



Рис.2. Устройство силового агрегата Honda Civic Hybrid (1) CVT(2) IMA (3) в разрезе

Фирма Honda в 2002 г. изготовила очередной свой серийный ТТС с КЭУ с использованием вариатора, работающего совместно с ДВС и ТЭД.

Силовой агрегат Honda Civic Hybrid работает с CVT (бесступенчатый вариатор) (Рисунок 2). Часть мощности идет от 4-цилиндрового 1 339 см<sup>3</sup> бензинового мотора. Для пуска ДВС действует электропривод как стартер, для зарядки АБ – как альтернатор, а для поддержки ДВС при разгоне – как ТЭД. Honda его называет IMA (Integrated Motor Assist – встроенный электропривод). Электромотор выполнен заодно с маховиком ДВС.

У Civic Hybrid торможение двигателем, по возможности, уменьшено, чтобы как можно больше кинетической энергии при замедлении закачивалось от маховичного электромотора/альтернатора в АБ. Когда обороты ДВС падают до  $1000 \text{ мин}^{-1}$ , цилиндры вновь подключаются – для равномерности хода.

Вариаторы, основанные, на принципе Хуба Ван Доорна, ограничены эффективной максимальной величиной передаваемого момента и на сегодняшний день самый «мощный» вариатор стоит на Nissan Primera с двухлитровым мотором (140 л.с., 181 Н м). Приспособить вариатор традиционной конструкции к более мощному ДВС в серийном варианте пока никому не удавалось. [] Тем не менее, существует тип вариатора – торовый, который «выносит» большой момент и устанавливается на большие заднеприводные седаны Cedric и Gloria, которые тот же Nissan продает только на японском рынке – а их трехлитровые высокофорсированные V-образные «шестерки» развивают 240 л.с. и 310 Н м. Такой вариатор вполне может быть использован для гибридного автобуса.

Таким образом, возможность накопления энергии при использовании регулирования в процессе регенеративного торможения, существует и механическим способом.

В не зависимости от этого при разработке функциональных дополнительных узлов системы электропривода ГТС с ИКЭ следует руководствоваться следующими требованиями:

- 1) подключение разрабатываемых устройств к системе электропривода ГТС не должно сопровождаться существенными изменениями штатной схемы автомобиля;
- 2) не заряжать ИКЭ до торможения.

Последнее требование обусловлено тем, что в конце разгона остаточное напряжение заряда ИКЭ значительно ниже номинального значения. Имеет смысл зафиксировать такое состояние ИКЭ до торможения ГТС, с целью накопления энергии регенеративного торможения.

После отключения ИКЭ от ТЭД в конце разгона, время нахождения ИКЭ при пониженном напряжении будет определяться длительностью процесса движения ГТС до регенеративного движения, обусловленного необходимостью подзарядки ИКЭ или торможения. Большую часть времени (между разгоном-процессом регенерации) ИКЭ будет находиться под пониженным напряжением заряда, что благоприятно скажется на его ресурсе.

Режим заряда-разряда системы накопления электроэнергии в МТА отличается от ГТС. Здесь целесообразна только последовательная компоновка и заряд происходит непосредственно и только от генератора соединенного с ДВС, поскольку регенеративное торможение на малых скоростях движения (10-15 км/ ч) неэффективно, и необходимо использование электрического преобразователя, регулирующего процесс заряда.

#### Список литературы

1. Гулна Н.В. Накопители энергии. – М.: Наука, 1980, с.220
2. Эйдинов А.А, Дижур М.М. Направления развития тяговых источников тока для электромобилей. –М.: НАМИ, 1995
3. Накопители энергии / Бут Д.А. Алиевский Б.П., Мизюрин С.Р., Васюкевич П.В. - М.: Энергоатомиздат, 1991

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗЕРВОВ В РАБОТЕ ТЕРМИНАЛЬНО-СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА

**Тяботова А.А., Гришкова Д.Ю.**

СГУПС, РФ, г.Новосибирск

При проектировании нового складского комплекса важную роль играет стабильность и эффективность его работы, так как они оказывают влияние на экономическую сторону работы склада, а также и на остальные звенья логистической цепи доставки товаров. В связи с этим, при проектировании складского комплекса необходимо заложить необходимые резервы работы систем склада, для того, чтобы обеспечить его надежность.

Цель:

Обеспечить бесперебойную работу терминально-складского комплекса при заданных параметрах

Задачи:

- рассчитать вероятность отказа в приеме груза зоной хранения;
- определить резерв вместимости терминально-складского комплекса.

Запроектирован новый складской комплекс на грузовом дворе станции Барнаул класса «А». Площадь нового складского комплекса предположительно составит 2080 м<sup>2</sup>, длина 130 м, ширина 16 м и высота 10 м. Складской комплекс имеет по трое ворот с каждой стороны, автомобильную и железнодорожную ramпы.

Размещение стеллажей выбрано продольное. При продольном размещении стеллажей по площади склада будут располагаться сдвоенные стеллажи по 4 секции в 2 ряда, как показано на рисунке 1. Между секциями также запроектированы необходимые проходы и проезды. Емкость склада составит 2240 поддоно-мест.

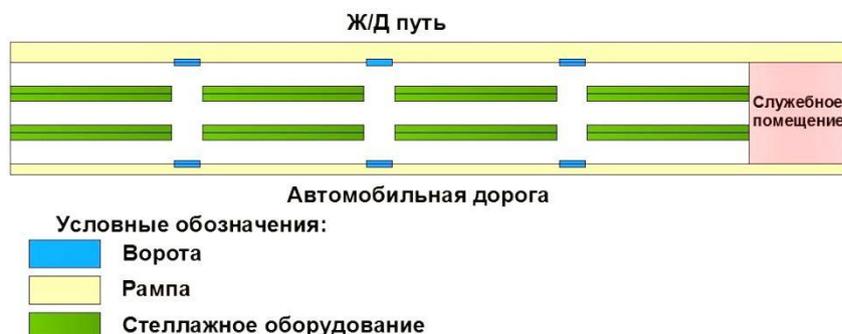


Рис.1. План проектируемого складского комплекса с продольным расположением стеллажей

Для данного склада необходимо определить надежность его работы. Определим вероятность отказа работы в зоне хранения при заданной вместимости склада. Склад представляет собой систему, состоящую из «В» ячеек, каждая из которых принимает на хранение одну партию груза. Если в момент прибытия очередной партии груза свободна хотя бы одна ячейка, то склад принимает груз на хранение.

Критерием надежности функционирования является вероятность отказа, т.е. вероятность того, что в момент поступления партии груза все обслуживающие ячейки будут заняты.

Рассчитаем среднесуточное поступление:

$$\lambda = \frac{\vartheta}{365}, \quad (1)$$

где  $\vartheta$  – годовое поступление партий поддонов на склад, партий;

365 – количество дней в году.

Годовое поступление поддонов на склад составляет 61824 поддона в год, каждая партия приблизительно составляет 18 поддонов, тогда  $\vartheta$  равна 3435 партий. Таким образом, среднесуточное поступление поддонов на склад составляет:

$$\lambda = \frac{3435}{365} = 9,4 \text{ партии/день.}$$

Также необходимо рассчитать интенсивность обслуживания:

$$\mu = \frac{1}{M_{\text{т.обсл}}}, \quad (2)$$

где  $M_{\text{т.обсл}}$  – среднее время хранения партии груза на складе, сут.

Среднее время хранения партии груза на складе  $M_{\text{т.обсл}}$  составляет 10 суток.

$$\mu = \frac{1}{10} = 0,1.$$

Определим вероятность отказа приема складом партий груза:

$$P_n = \frac{\frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{\sum_{m=0}^n \frac{1}{m!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^m}, \quad (3)$$

где  $n$  – расчетное число ячеек хранения на складе;

$m$  – число одновременно занятых ячеек склада.

$$n \geq \frac{\lambda}{\mu}, \quad (4)$$

$$n = \frac{9,4}{0,1} = 94 \text{ ячейки.}$$

$$P_n = \frac{\frac{1}{94!} (94)^{94}}{\sum_{m=0}^{94} \frac{1}{m!} (94)^m} = 0,079.$$

Таким образом, вероятность отказа составляет 7,9%.

Практически безотказная работа склада обеспечивается при вероятности отказа 4-5%. Таким образом, необходимо увеличивать  $n$  на 1 до достижения  $P_n$  0,05.

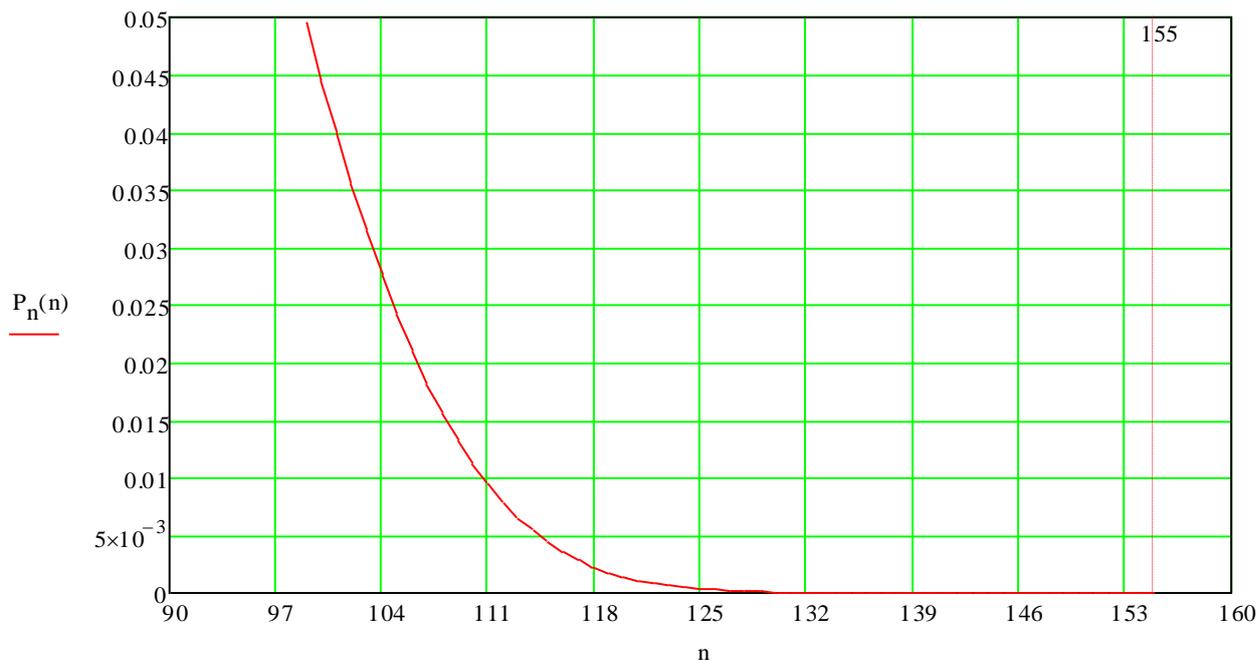


Рис.2. Зависимость вероятности отказа от количества условных ячеек

На Рисунке 2 изображена зависимость вероятности отказа от количества условных ячеек. При  $n$ , равном 99, вероятность отказа составляет 4,9%.

При такой вероятности отказа найдем необходимую вместимость склада. При расчетной нагрузке на площадь склада  $\rho = 4,63$  поддона/ $m^2$  и среднем количестве поддонов в одной партии груза  $g$  равном 18, расчетная площадь  $f$  составит:

$$f = \frac{g}{\rho}, \quad (5)$$

$$f = \frac{18}{4,63} = 3,88 \text{ м}^2.$$

Тогда потребная площадь склада составит:

$$F = n * f, \quad (6)$$

$$F = 3,88 * 99 = 384,9 \text{ м}^2.$$

Вместимость:

$$V_d = F * \rho, \quad (7)$$

$$V_d = 384,9 * 4,63 = 1782 \text{ поддонно-мест.}$$

Для данной вместимости склада 2240 поддонно-мест, вероятность отказа составит:

$$n = \frac{V_\phi}{\rho f}, \quad (8)$$

$$n = \frac{2240}{4,63 * 3,88} = 124 \text{ усл. ячеек}$$

$$P_n = \frac{1}{\sum_{m=0}^{124} \frac{(94)^m}{m!}} = 0,00048.$$

Таким образом, при данной вместимости склада вероятность отказа стремится к нулю.

Определим резерв в работе терминально-складского комплекса. Резерв появляется за счет разницы фактической и необходимой вместимости склада и определяется по формуле:

$$V_p = \frac{V_\phi - V_n}{V_n} * 100, \quad (9)$$

где  $V_p$  – резерв вместимости склада, %,

$V_\phi$  – фактическая вместимость склада, поддонно-мест,

$V_n$  – необходимая вместимость склада, поддонно-мест.

$$V_p = \frac{2240 - 1782}{1782} * 100 = 25,7\%,$$

Резерв вместимости склада составляет 25,7 %, таким образом, данный склад обладает достаточной надежностью по хранению грузов при заданных условиях.

### Список литературы

1. Гришкова Д.Ю. Тяботова А.А. Организация работы современного терминально-складского комплекса. [Электронный ресурс] Сборник международной заочной конференции «Проблемы организации и управления на транспорте» Уральского государственного университета путей сообщения.
2. Гришкова Д.Ю., Тяботова А.А. Проектирование современного складского комплекса в Алтайском узле. [Электронный ресурс] Ежемесячный научный журнал «Молодой ученый» № 3 (62) часть 3. 2014 г. С.274-278.
3. Концепция создания терминально-логистических центров на территории российской федерации. – М., 2012.
4. Логистическое управление грузовыми перевозками и терминально-складской деятельностью. Под ред. С.Ю. Елисеева, В.М. Николашина, А.С. Сеницыной. Учебное пособие для специалистов. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте» 2013. 428 с.
5. Применение методов математического программирования и моделирования при решении производственных задач. С.И. Жогаль. Пособие для самостоятельной работы студентов технических специальностей безотрывной формы обучения. - Гомель, 2001.

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА

Луковенко А.С.

Красноярский институт железнодорожного транспорта-филиал ИрГУПС, РФ, г.Красноярск

От надежности электроснабжения тяговой сети существенно зависит пропускная способность железных дорог, увеличение которой является одной из важнейших задач железнодорожного транспорта.

Одним из главных путей поддержания эксплуатационной надежности является организация эффективного контроля работающего оборудования. Выявления возникающих в работе дефектов на ранней стадии развития, а так же своевременное принятие правильных решений по ликвидации дефектов, обеспечивает высокий уровень поддержания нормативного срока службы оборудования тяговых подстанций [3, 4].

Прогнозирование надежности, электрической нагрузки обеспечивает основную исходную информацию для принятия решений при управлении электроэнергетическими системами в процессе планирования их нормальных электрических режимов.

В последнее десятилетие все чаще для прогнозирования применяются искусственные нейронные сети (ИНС) [5]. Нейросетевые инструменты и модели широко используются при решении самых различных задач там, где обычные алгоритмические решения оказываются неэффективными или вовсе невозможными [1]. Основной задачей искусственного интеллекта является разработка парадигм или алгоритмов, обеспечивающих компьютерное решение когнитивных задач, свойственных человеческому мозгу. Нейрон представляет собой единицу обработки информации в нейронной сети. На блок-схеме (Рисунок 1) показана модель нейрона, лежащего в основе искусственных нейронных сетей. В этой модели можно выделить три основных элемента.

1. Набор синапсов или связей, каждый из которых характеризуется своим весом или силой. В частности, сигнал  $X_j$  на входе синапса  $j$ , связанного с нейроном  $k$ , умножается на вес  $W_{kj}$ . Важно обратить внимание на то, в каком порядке указаны индексы синаптического веса  $W_{kj}$ . Первый индекс относится к рассматриваемому нейрону, а второй – к входному окончанию синапса, с которым связан данный вес.

2. Сумматор складывает входные сигналы, взвешенные относительно соответствующих синапсов нейрона. Эту операцию можно описать как линейную комбинацию.

3. Функция активации ограничивает амплитуду выходного сигнала нейрона. Эта функция также называется функцией сжатия. Обычно нормализованный диапазон амплитуд выхода нейрона лежит в интервале  $[0,1]$  или  $[1, 1]$ .

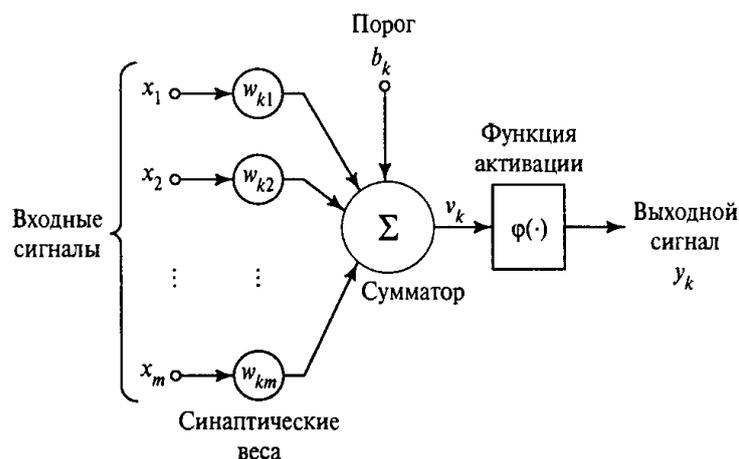


Рис.1. Нелинейная модель нейрона

В математическом представлении функционирование нейрона  $k$  можно описать следующей парой уравнений:

$$U_k = \sum_{j=1}^m w_{kj} \cdot x_j, \quad (1)$$

$$y_k = \varphi \cdot (U_k + b_k). \quad (2)$$

где  $X_1, X_2, \dots, X_m$  - входные сигналы;  $W_{k1}, W_{k2}, \dots, W_{km}$  - синаптические веса нейрона  $k$ ;  $U_k$  - линейная комбинация входных воздействий;  $b_k$  - порог;  $\varphi$  - функция активации;  $y_k$  - выходной сигнал нейрона. Использование порога  $b_k$  обеспечивает эффект аффинного преобразования выхода линейного сумматора  $U_k$ . В модели, показанной на Рисунке 1, постсинаптический потенциал вычисляется следующим образом [2]:

$$U_k = U_k + b_k. \quad (3)$$

Важным элементом, определяющим надежность бесперебойного питания тяговой сети, является силовой трансформатор (СТ). Его способность нести нагрузку зависит от состояния отдельных узлов и отсутствия дефектов.

Одним из основных показателей работы СТ является сопротивление изоляции. Нормальная работа зависит от исправного состояния изоляции электрических цепей между собой и относительно земли (или корпуса оборудования). В процессе работы изоляция электрических цепей подвергается воздействию ряда факторов, приводящих с течением времени к ее старению, выражающемуся в снижении электрической и механической ее прочности. На основе полученных данных спрогнозируем отношение сопротивления изоляции  $R_{60}/R_{15}$  СТ на один год с применением программы MATLAB R2014a.

Для решения задачи прогнозирования используется многослойный персептрон, во входном слое которого находится - 5 нейронов, в скрытом - 20 нейронов, в выходном – один нейрон.

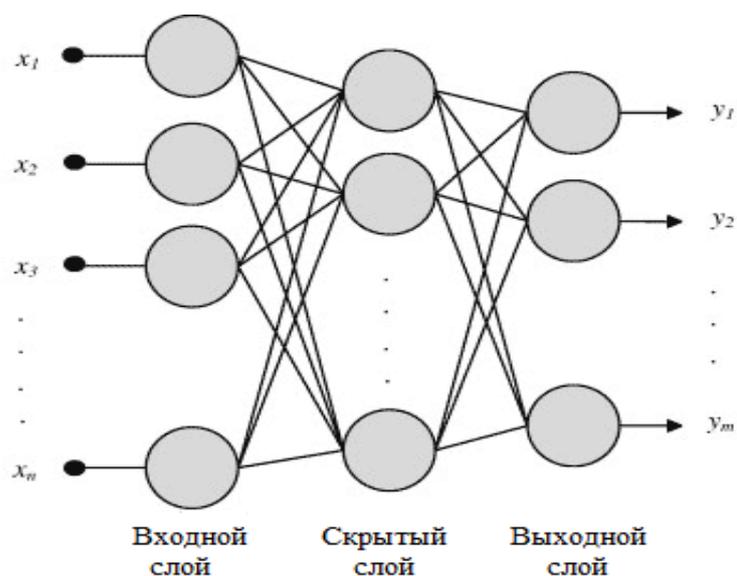


Рис.2. Модель многослойного персептрона

Для проведения анализа выбираем СТ с сопротивлением изоляции ВН за последние 5 лет.

Таблица 1

Сопротивление изоляции первичных и вторичных обмоток СТ 110кВ

Сопротивление изоляции, МОм			
Год	Схема измерения ВН-СН+НН+корпус		
	R <sub>60</sub>	R <sub>15</sub>	R <sub>60</sub> /R <sub>15</sub>
2009	6000	4500	1,333
2010	1600	1200	1,333
2011	1840	1400	1,314
2012	6200	4840	1,281
2013	5320	3900	1,364

После проведенного расчета получаем прогноз отношения R<sub>60</sub>/R<sub>15</sub> сопротивления изоляции на 2014 год.

Таблица 2

Прогноз отношения сопротивления изоляции R<sub>60</sub>/R<sub>15</sub> на 2014 год

Год	Сопротивление изоляции, МОм		Погрешность, %
	Факт	Прогноз	
2014	1,318	1,322	0,3

Полученные результаты свидетельствуют о работоспособности построенной модели и возможности ее применения в реальных условиях. В качестве активационной функции применяется логистическая функция распределения, которая устойчивая в интервале от -1 до 1, что предопределяет нормирование исходных данных. Погрешность 0,3% является приемлемой величиной для прогноза с глубиной предыстории 5 лет. Дальнейшая эксплуатация трансформатора допустима.

#### Список литературы

1. Латыпова Р.Р., Кирпичников А.П., Семеенко А.С. Прогнозирование региональной динамики с учетом пространственных связей на основе нейронных сетей // Вестник Казанского технологического университета. 2014, Т.17 №15, с.320-326
2. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. – М.: «Вильямс». 2006. 1104с.
3. Христинич Р.М., Луковенко А.С. Анализ надежности трансформаторных подстанций 110 кВ с большим сроком. // 120 лет железнодорожному образованию в Сибири / Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: В 1 т. / Отв. ред. Мороз Ж.М. Красноярск: Изд-во «Касс», 2014. 573 с.

4. Христинич Р.М., Христинич А.Р., Христинич Е.В. Комплексная диагностика маслонаполненных трансформаторов // Вестник КрасГАУ. 2007, №3, с.222-226
5. Шевченко С.В, Камаев В.А., Манева Р.И., Применение нечетких продукционных правил и нейронных сетей для прогнозирования потребления электроэнергии в регионе // Известия ВолГТУ. 2012, Т.10 №14, с.108-112

## **СЕКЦИЯ №9.**

### **АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)**

## **СЕКЦИЯ №10.**

### **СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)**

#### **ВОПРОСЫ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ**

**Базилевич А.М.**

ГУЗ, РФ, г.Москва

В методологии проектирования объектов ландшафтной архитектуры до сих пор отсутствует единый подход, что вносит осложнения в сопряжение с другими видами проектирования, а также в реальное благоустройство территорий, строительство садов и парков.

Суть проблемы кроется в несогласованности подходов к понятию «ландшафтная архитектура» различных видов проектирования – градостроительном, архитектурном, дизайнерском [1]. По мнению родоначальников ландшафтной архитектуры уже в проекте генерального плана города намечается характер общей (для архитектуры, планировки и ландшафта – прим. автора) пространственной композиции [2]. В исследованиях [3], [4], [5], [6] разделяется мнение, что архитектурно-пространственная среда города формируется одновременно застройкой и компонентами ландшафта (рельефом, насаждениями, акваториями), а потому задачи и стадии ландшафтного и градостроительного проектирования практически совпадают. Более того, как будет показано ниже, ландшафтная архитектура должна учитываться уже на предшествующих генеральному плану стадиях

Однако, в специальной литературе стадийность и состав проектных материалов ландшафтного проектирования рекомендуется принимать по технологии завершающей стадии градостроительного проектирования - проект застройки: в виде РП (рабочий проект), П (проект) и РД (рабочая документация). Иногда дополнительно рекомендуют ЭП (эскизный проект) или К (концепцию), ТЭО (техничко-экономические основы), ПП (предпроектные предложения).

Поэтому важно ещё раз уточнить объект и предмет ландшафтного проектирования. Объект – открытое пространство (территория) с природными элементами – рельеф, растительность, обводнение. Сюда же относят кровли зданий, надземных и подземных сооружений. Предмет ландшафтной архитектуры – гармонизация функциональных, структурных, художественных аспектов. В этом случае принципы законодательства и проектирования в сфере архитектурного ландшафта следует принимать согласно Градостроительному Кодексу [7], а состав проекта - согласно соответствующей Инструкции [8]. Ниже приведена выборка из Инструкции аспектов, тесно связанных с ландшафтным проектированием:

Документация о градостроительном планировании развития территорий и поселений.

1. Генеральная схема расселения на территории РФ, в числе прочих вопросов определяет местоположение и развитие крупных специализированных объектов ландшафтной архитектуры (национальных природных парков, заповедников, уникальных в природном отношении зон для туризма) с учётом условий природонаследия и природопользования;

2. Консолидированные схемы градостроительного планирования устанавливают природный потенциал, определяют природно-климатические и ресурсные условия, экологическое состояние и меры по его улучшению. В графических материалах показываются курортные местности, крупные зоны массового отдыха, особо охраняемые природные территории;

3. Территориальные комплексные схемы градостроительного планирования территорий субъектов РФ выявляют рекреационно-оздоровительные территории, оценивают обеспеченность земельными, природными,

водными ресурсами. Определяют зоны историко-культурных комплексов, заповедных зон, зоны с экстремальными природными условиями, территории, подверженные воздействию чрезвычайных природных ситуаций (затопления, сеймика, оползни, эрозия и пр.). Показываются территории, выполняющие средозащитные и санитарно-гигиенические функции.

4. Территориальные комплексные схемы градостроительного планирования территорий районов (уездов), сельских округов, сельских округов (волостей, сельсоветов). На данной стадии выявляют леса 1-ой группы, зоны массового отдыха, территории садоводческих товариществ, производят комплексную оценку земельных, природных, водных, рекреационных, курортологических ресурсов.

5. Генеральные планы. В границах городских и сельских поселений) конкретизируют и детализируют задачи по охране природной среды, принимают окончательное зонирование территории, необходимость резервов, разрабатывается схема благоустройства территории.

6. Проекты черты городских и сельских поселений. Осуществляется совместный анализ картографических, землеустроительных, лесоустроительных материалов совместно с Земельным кодексом РФ.

Градостроительная документация о застройке поселений.

7. Проект планировки. Фиксируется план красных линий и разбивочный чертёж, составляется схема вертикальной планировки и инженерной подготовки.

8. Проект межевания территорий. На застроенных территориях уточняется соответствие нормативам размеров территорий площадок для хранения автомобилей, для отдыха, для занятий физкультурой, для детей, для создания придомовых зеленых территорий.

9. Проект застройки. В пределах микрорайонов, кварталов составляется план благоустройства и озеленения, схема организации рельефа.

Перечисленные выше стадии проектирования и содержащиеся в них вопросы ландшафтной архитектуры позволяют сделать некоторые выводы:

- все уровни в той или иной мере содержат вопросы ландшафтной организации. Поэтому каждый уровень проекта обязан включать результаты предыдущего уровня;

- все линейные проекты (межевание, красные линии, границы поселений) имеют прямое отношение к ландшафтной архитектуре в части решения структурных функций;

- стадии П и РЧ присущи лишь проекту застройки для учета участков объектов ландшафтной архитектуры [9]. Однако крупные объекты ландшафтной архитектуры (парки, специализированные комплексы) рассматриваются уже на стадиях градостроительного планирования.

К сожалению, в основном градостроительном нормативном документе [10] отсутствуют принципы и правила нормирования объектов ландшафтной архитектуры. Эти объекты растворены в понятиях рекреационные зоны, озелененные участки и т.д. Вопросы ландшафтного проектирования содержатся в двух разделах: в одном регламентируется обеспеченность поселений озелененными территориями, в другом – охрана среды. Основные вопросы ландшафтной архитектуры (функция, структурность, эстетика) в документе не рассматриваются.

Для привнесения в градостроительные нормативы и правила проектирования специфики ландшафтной организации территории нами были предложены три уровня (благоустройства территории, ландшафтно-планировочной структуры, ландшафтно-пространственной композиции), для каждого из которых требуется набор документации, чертежей с нарастающим количеством учитываемых требований [1]:

уровень благоустройства учитывает в основном функциональные, социальные, санитарно-гигиенические требования, присущие большинству из перечисленных выше. Для этого уровня имеется собственный нормативный документ [11];

уровень ландшафтно-планировочной структуры учитывает структурные свойства природного пространства [1];

уровень ландшафтно-пространственной композиции включает вопросы пейзажа, визуально-эстетические задачи. Нормирование по данному уровню связано с объективными физиологическими возможностями и закономерностями восприятия

Таким образом, для полноценного ландшафтного проектирования необходимо: 1) обеспечить связь градостроительной и ландшафтно-планировочной основ на всех, предусмотренных в [7] и [8] стадиях планирования и планировки; 2) внести в [10] самостоятельный раздел «ландшафтная организация территории», 3) усилить в градостроительных проектах общность композиционно-пространственных задач как для открытых (незастроенных) так и застроенных территорий; 4) устранить в проектировании наметившееся дублирование задач ландшафтной архитектуры и ландшафтного дизайна.

В заключение можно отметить, что любой объект ландшафтной архитектуры, равно как и любой объект территориально-градостроительного планирования (муниципальное образование, район, поселение, округ)

может быть представлен в виде комплекса содержательных слоёв - благоустроительного, планировочного, композиционного, каждый из которых решает соответствующий аспект классической архитектурной триады – польза, прочность, красота [12].

#### Список литературы

1. Базилевич А.М. Уровни формирования ландшафтной архитектуры/ Сб. научных трудов по итогам международной научно- практической конференция (7 апреля 2015г.) «Актуальные вопросы науки и техники» Выпуск №2. Апрель 2015 г. Самара. 2015г. 199с <http://izron.ru/upload/iblock/7e0/sbornik-tehnicheskie-nauki-samara-2015.pdf>
2. Залеская Л.С., Микулина Е.А. Ландшафтная архитектура, изд.2.– М 2009.
3. Вергунов А.П. и др. Ландшафтное проектирование. – М. высш. школа - 1991г.
4. Теодоронский В.С., Боговая И.О. Ландшафтная архитектура. Учебное пособие (дисциплина 250203) – М.:ФОРУМ,2010, 304с
5. Сычева А.В. Ландшафтная архитектура .Учебное пособие для ВУЗ-ов М., 4 изд. ОНИКС, 2007. – 87с.:ил.
6. Хромов Ю.Б. Ландшафтная архитектура городов Сибири и Европейского Севера.- Л.: Стройиздат Ленингр. отд-ние, 1987. 200с., ил.
7. Градостроительный кодекс РФ (ГрК2015)(с изменениями на 31 декабря 2014 года) (Редакция, действующая с 1 апреля 2015 года) <http://docs.cntd.ru/document/gradostroitelnyj-kodeks-rf-grk-rf>
8. Инструкция о порядке разработки, согласования, экспертизы и утверждения градостроительной документации. СНиП 11-04-2003. М. 2003 Госгражданстрой. Дата введения 2003-03-01 <http://www.polyset.ru/GOST/all-doc/SNiP/SNiP-11-04-2003/>
9. Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. N 87 (с изменениями на 10 декабря 2014г) "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию" Система ГАРАНТ: <http://base.garant.ru/12158997/#ixzz3YEZ0xHie>
10. СП 42 13330-2011 СНиП 2.07.01-89\* Градостроительство. Планировка застройка городских и сельских поселений –М.1994
11. Методические рекомендации по разработке норм и правил по благоустройству территорий муниципальных образований. (С измен. и доп. Согласно приказу Мин. Стр-ва и ж-ком х-ва РФ от 17.03.2014г №100/пр). Утв. Приказом Мин. Регионального развития РФ от 27 декабря 2011г № 613.
12. Базилевич А.М. Польза, прочность, красота в ландшафтной архитектуре/ «Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения»/ Сб. научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. №2 (12 марта 2015) ИЦРОН, Екатеринбург, 2015, 87с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОТХОДОВ НЕФТЕДОБЫЧИ НЕФТЯНОГО ШЛАМА

**Канд. физ.-мат. наук Кайракбаев А.К., д-р техн. наук Абдрахимов В.З.**

КРМУ, Казахстан, г.Актобе

В настоящее время, эффективность работы всех отраслей промышленности необходимо оценивать с точки зрения баланса между массой основного продукта и объемом образуемых техногенных отходов.

Несмотря на то, что технологии нефтедобычи и нефтепереработки постоянно совершенствуются, они пока не достигли уровня безотходного производства. Учитывая большое количество отходов, образующихся при нефтедобыче, и негативное влияние их на биосферу, разработка новых методов утилизации нефтесодержащих отходов является актуальной задачей. Большие возможности утилизации отходов имеются у предприятий по производству керамических материалов. Это объясняется многотонажностью и материалоемкостью производства строительного комплекса.

Отходы при нефтедобыче с повышенным содержанием углерода целесообразно использовать не только в качестве отощителя, но и в качестве выгорающих добавок в производстве теплоизоляционных материалов. К группе выгорающих добавок относятся различные виды твердого топлива, в частности антрацит, коксовая мелочь и др. Их вводят в состав шихты до 3% по объему, т.е. до 60-80% от общей потребности топлива на обжиг изделий. Назначение их – интенсифицировать процесс обжига, улучшить спекаемость массы и тем самым повысить прочность изделий.

Самарская область является регионом развитой нефтеперерабатывающей промышленности. Несмотря на то, что технологии нефтедобычи и нефтепереработки постоянно совершенствуются они пока не достигли уровня безотходного производства. Поэтому, учитывая большое образование отходов нефтедобычи и негативное влияние их на биосферу, разработка новых методов их утилизации является весьма актуальной проблемой.

Нефтешламы (нефтяные шламы) — это сложные физико-химические смеси, которые состоят из нефтепродуктов, механических примесей (глины, окислов металлов, песка) и воды. Соотношение составляющих нефтешлам элементов может быть самым различным.

Нефтяные шламы образуются при проведении таких производственных процессов, как переработка, добыча и транспортировка нефти. Данный тип отходов представляет большую опасность для окружающей среды и подлежит захоронению или переработке.

Образовываться нефтешламы могут как в результате естественных контролируемых процессов (например, очистка нефти от примесей и воды), так и от всевозможных аварий (разливов). В последнем случае при позднем обнаружении или масштабной аварии природе может быть нанесён огромный ущерб.

В зависимости от способа образования и, соответственно, физико-химического состава нефтяные шламы подразделяются на несколько групп или видов:

1 Придонные, образующиеся на дне различных водоёмов после произошедшего разлива нефти.

2 Образующиеся в процессе добычи нефти, а, точнее, в процессе её очищения. Дело в том, что добытая из скважины нефть содержит многочисленные соли, выпавшие твёрдые углеводороды, механические примеси (в том числе и частицы горных пород).

3 Резервуарные нефтешламы — отходы, которые образуются при хранении и транспортировке нефти в самых разнообразных резервуарах.

4 Грунтовые, являющиеся продуктом соединения почвы и пролившейся на неё нефти (причиной этого может быть как технологический процесс, так и авария).

В данной работе был использован нефтяной шлам (кек) образующийся на нефтедобывающем предприятии в г.Нефтегорск и представляющий собой мелкодисперсный порошок тёмно-коричневого цвета. Нефтяной шлам (кек) — это твердый нефтесодержащий отход сепарации нефтешлама

Основные характеристики нефтяного шлама представлены в Табл.1.

Таблица 1

Характеристики нефтяного шлама

№ п/п	Параметры	Единица измерения	Количество
1	Влажность	% масс	10,0-25,0
2	Содержание механических примесей	% масс	59,0-72,0
3	Содержание нефти	% масс	9,0-19,0
4	Плотность	г/см <sup>3</sup>	1,55-1,68

Компонентный состав нефтяного шлама (кека) представлен в Табл.2, а физико-механические свойства исследуемого отхода — в Табл.3.

Таблица 2

Компонентный состав нефтяной части нефтяного шлама (кека)

№ п/п	Наименование веществ	Содержание в % масс
1	Смолы	5,3
2	Асфальтены	5,3
3	Парафины	9,0
4	Тяжёлые масла	80,4
Итого		100
1	Вещества, растворимые в соляной кислоте, всего	74,75
	в том числе:	
	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	10,75
	RO (CaO)	21,37
	RO (MgO)	5,03
	CaSO <sub>4</sub>	4,79
	CaCO <sub>3</sub>	34,73

	MgCO <sub>3</sub>	7,32
	MgCaCO <sub>3</sub>	16,01
2	Вещества нерастворимые в соляной кислоте	25,25
Примечание: вещества, растворимые в соляной кислоте 74,75 + вещества нерастворимые в соляной кислоте 25,25 = 100%		

Таблица 3

## Физико-механические свойства нефтяного шлама (кека)

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Величина
1	Насыпная плотность	кг/м <sup>3</sup>	1100
2	Истинная плотность	кг/м <sup>3</sup>	4300
3	Удельная поверхность	см <sup>2</sup> /г	4900

В Табл.4 и на Рисунке 1 представлены поэлементные химические анализы нефтяного шлама (кека), проведенные с помощью электронного растрового сканирующего микроскопа Philips 525M.

Таблица 4

## Поэлементный анализ нефтяного шлама (кека)

C	O	Na	Mg	Al+ Ti	Si	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe
24,02	35,67	0,83	0,87	2,14	5,49	2,10	0,73	0,89	22,58	0,53	4,15

Минералогический и фазовый составы соответственно нефтяного шлама (кека) исследовались на дифрактометре ДРОН – 6 с использованием CoK<sub>α</sub>-излучения при скорости вращения столика с образцом 1 град/мин.

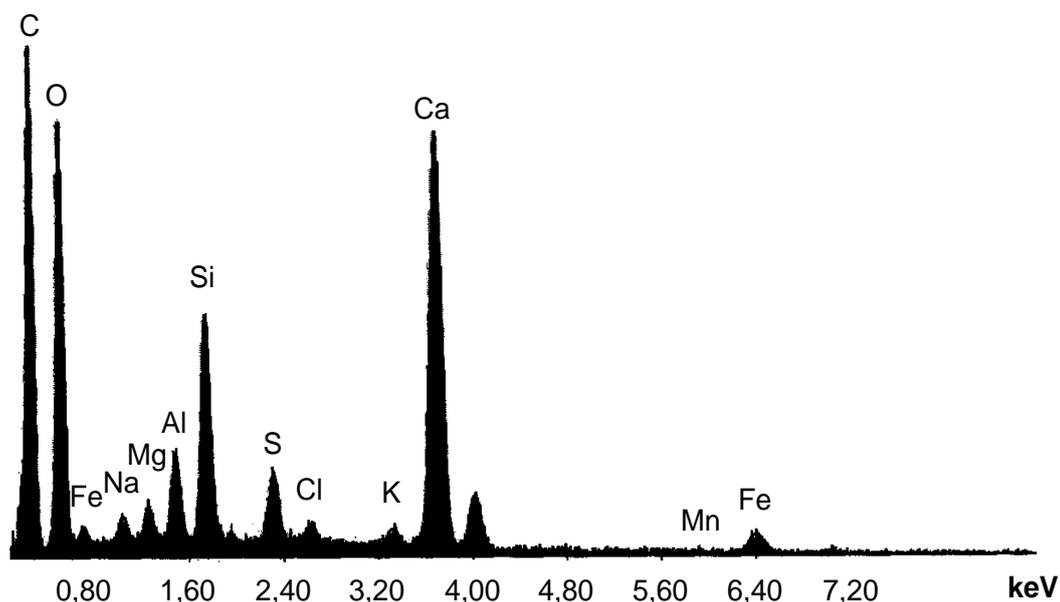


Рис.1. Поэлементный анализ нефтяного шлама (кека)

Электронное фото нефтяного шлама (кека) представлены на Рисунке 2.

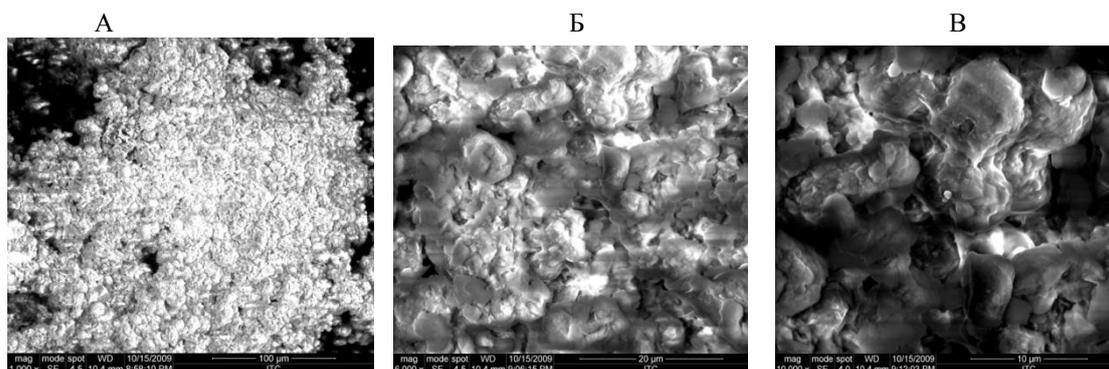


Рис.2. Электронное фото нефтяного шлама (кека). Увеличение: А х1000, Б – 6000, В х10000

На Рисунке 3, а представлена рентгенограмма исследуемого нефтяного шлама (кека). На дифрактограмме порошка отмечаются характерные интенсивные линии ( $d/n = 0,185; 0,228; 0,249; 0,367; 0,373$  и  $0,383$  нм) карбонатом кальция —  $\text{CaCO}_3$ , присутствия линий ( $d/n = 0,280; 0,334$  и  $0,425$  нм) обусловлены карбонатом магния —  $\text{MgCO}_3$ , линии ( $d/n = 0,209; 0,245$  и  $0,313$  нм) кварцем —  $\text{SiO}_2$ , ( $d/n = 0,191$  и  $0,302$  нм) доломитом —  $\text{MgCO}_3 \bullet \text{CaCO}_3$ .

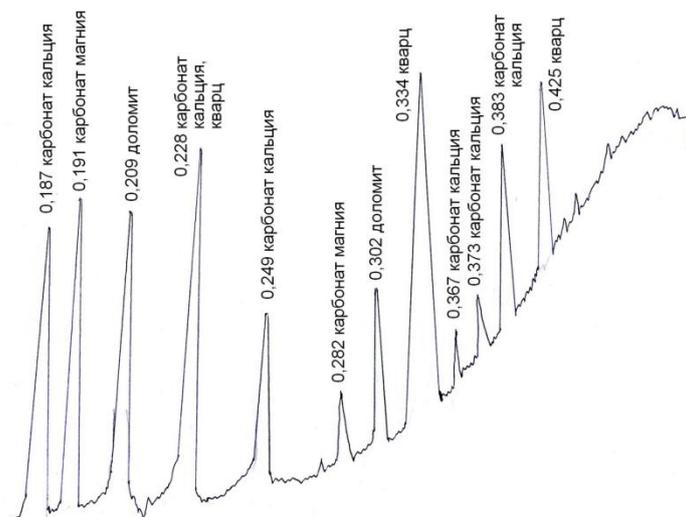


Рис.3. Рентгенограмма нефтяного шлама (кека)

Исследования показали, что нефтяной шлам (кек) целесообразно использовать в производстве теплоизоляционных материалов [1-4].

#### Список литературы

1. Пат. 2493119 RU C1 C04B 14/12. Керамическая композиция для производства пористого заполнителя / Абдрахимов Е.С., Абдрахимов В.З., Колпаков А.В. заявл. 22.03.2012. Опубл. 20.09.2013. Бюл. №26.
2. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Фазовый состав керамических изделий на основе отходов горючих сланцев, углеобогащения, нефтедобыче и золошлаковых материалов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. -2013. –Том 15. №4. –С. 82-95.
3. Абдрахимов В.З., Михеев В.А. Влияние нефтяных отходов на структуру пористости теплоизоляционного материала // Огнеупоры и техническая керамика. -2011 -№7-8. –С. 51-59.
4. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Использование нефтяного кека в производстве теплоизоляционных материалов на основе жидкостекольных композиций // Промышленный сервис. -2012. -№2. –С. 36-49.

## СЕКЦИЯ №11.

### ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)

#### ВЛИЯНИЕ ИЗБЫТКА $Al_2O_3$ НА ПОЛУЧЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННЫХ LTA И SOD ЦЕОЛИТОВ ИЗ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ СМЕСЕЙ МЕТАКАОЛИНА

Гордина Н.Е., Кульпина Ю.Н., Прокофьев В.Ю.

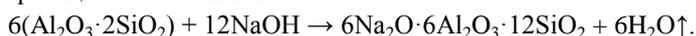
Ивановский государственный химико-технологический университет, РФ, г.Иваново

Низкокремнеземистые LTA и SOD цеолиты широко используются в промышленности как ионообменники, адсорбенты и катализаторы [2,7]. Эти цеолиты имеют брутто-формулы  $Na_{12}Al_{12}Si_{12}O_{48}$  (LTA) и  $Na_8Al_6Si_6O_{25}$  (SOD). С молярным отношением Si/Al близким к 1, каолин идеальное сырье для приготовления низкокремнеземистых цеолитов.

Каким образом формируется каркас LTA и SOD? Кубические LTA и SOD могут быть построены с использованием  $\beta$ -ячейки, состоящей из 24 T ( $Si^{4+}$  или  $Al^{3+}$ ) атомов. В LTA каждая  $\beta$ -ячейка соединена с шестью ближайшими  $\beta$ -ячейками через двойные 4-членные кольца (D4Rs) [8]. В SOD каждая  $\beta$ -ячейка соединена с шестью ближайшими  $\beta$ -ячейками через общие простые 4-членные кольца (S4Rs) [4]. Авторы [1,3] провели анализ термодинамики и кинетики синтеза цеолитов. Они выявили основные отличия в процессе синтеза цеолитов по сравнению с традиционным ковалентным синтезом. Основными типами связей в процессе агрегации являются слабые ионные, гидрофобные и водородные взаимодействия. Эти связи кинетически обратимы в отличие от сильных ковалентных. Следовательно, успех синтеза цеолита заданной структуры будет определяться кинетическими факторами, в частности, условиями синтеза.

Это позволяет предположить, что возможен механохимический синтез (МХС) цеолитов в мельницах-активаторах. Мы предложили механохимический синтез LTA цеолита из метаксаолина и твердого гидроксида натрия [5,9,10]. В этих исследованиях мы отметили, что оптимальное время обработки шихты в мельнице определяется синтезом кубических и тетрагональных алюминатов натрия. Также было показано [6,10], что успешный механохимический синтез возможен только при использовании избытка  $Al_2O_3$  по отношению к стехиометрии реакции синтеза типа А цеолита.

Для синтеза цеолитов были использованы метаксаолин, полученный прокаливанием каолина Просяновского месторождения, и твердый гидроксид натрия. Ингредиенты брали в количестве, отвечающем стехиометрии брутто-реакции синтеза LTA:



МХС проводили в вибромельнице VM-4 в течение 10 мин, из полученной смеси формовали гранулы диаметром 3 мм, которые затем подвергали термической обработке (ТО) при температуре 600 °С в течение 4 ч.

Ранее мы показали, что присутствие алюминатов натрия необходимо для формирования каркаса цеолита [5,10]. Алюминаты натрия могут быть синтезированы в мельнице в процессе МСА реакционной смеси. С этой целью в исходную смесь для МХС добавляется избыток  $\gamma-Al_2O_3$  сверх стехиометрии реакции синтеза LTA цеолита. Однако влияние количества  $\gamma-Al_2O_3$  на фазовый состав определено не было.

Рентгенограммы образцов с различным содержанием  $\gamma-Al_2O_3$  представлены на Рисунке 1. В отсутствие оксида алюминия после МХС и ТО в образце обнаружена только фаза SOD. Содержание этой фазы менее 70 мас.% (Табл.1). Образование фазы LTA наблюдается при избытке  $\gamma-Al_2O_3$  30–50 mol.%, а ее содержание составляет около 70 мас. %. Отметим, что размер области когерентного рассеяния (ОКР) превышает 800 нм, и кристаллы имеют низкую (0.01–0.02 %) дефектность (Табл.1). Если количество  $\gamma-Al_2O_3$  менее 30 mol.%, то в образце присутствуют как SOD, так и LTA. Преобладающей фазой является SOD. Большой избыток  $\gamma-Al_2O_3$  (около 100 mol.%) также дает смесь LTA and SOD, но в этом случае LTA фаза преобладает. Значения параметра кристаллической решетки как у LTA, так и у SOD близки к значениям базы данных ASTM.

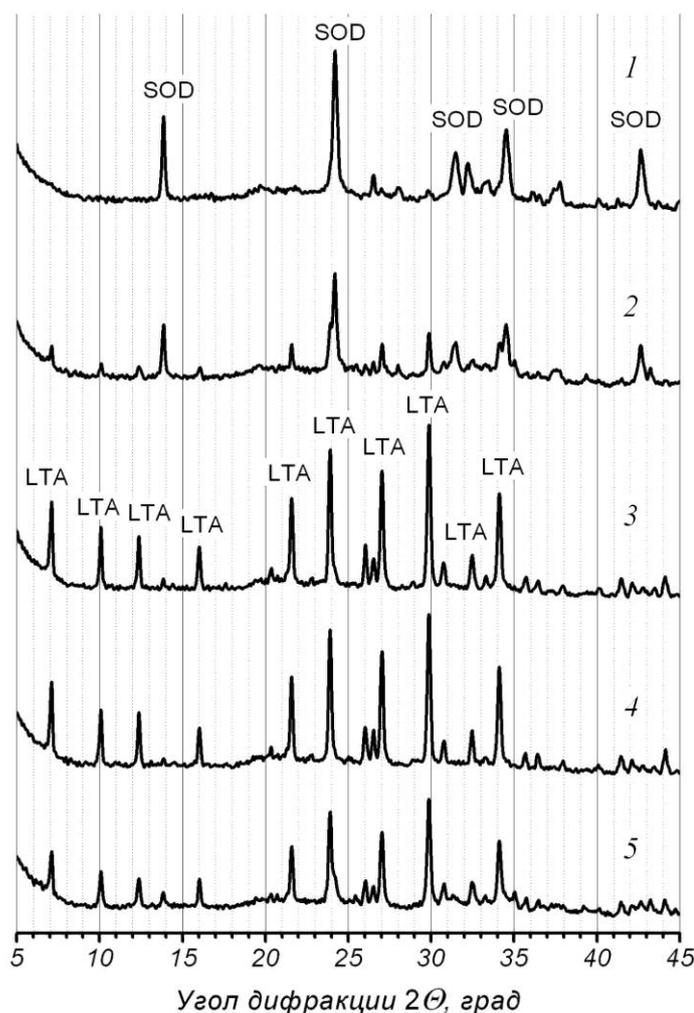


Рис.1. Рентгенограммы (CuK $\alpha$ -излучение) смесей после МХС и ТО. Избыток Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> сверх стехиометрии реакции 0 (1), 17 (2), 33 (3), 50 (4), 100 (5) мол.%

ИК спектры образцов с различным содержанием  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> представлены на Рисунке 2. Для цеолитов выделяют на два типа колебаний [2]. Первый тип связан с колебаниями внутри тетраэдров TO<sub>4</sub>. Колебания внешних связей между тетраэдрами относятся ко второму типу. Эти связи чувствительны к топологии каркаса. Внутренние асимметричные (IAVs — 1250–950 см<sup>-1</sup>), симметричные (ISVs — 720–650 см<sup>-1</sup>) и деформационные (IDVs — 500–420 см<sup>-1</sup>) колебания связей T–O соответствуют первому типу колебаний. Антисимметричные (EAVs — 1150–1050 см<sup>-1</sup>) и симметричные (ESVs — 820–750 см<sup>-1</sup>) колебания внешних связей и колебания сдвоенных колец (EDRVs — 650–500 см<sup>-1</sup>) соответствуют второму типу колебаний. IDVs приписывают колебаниям T–O связей в  $\beta$ -ячейке. ISVs and ESVs характеризуют S4Rs, а EDRVs — D4Rs.

Все эти полосы поглощения детектируются на ИК-спектрах (Рисунок 2). Следовательно, ИК спектры подтверждают данные рентгена.

Таблица 1

Характеристика микроструктуры кристаллических решеток цеолитов LTA и SOD после МХС и ТО

№	Избыток $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , мол.%	Фаза	Кол-во фазы, мас.%	Параметр $a$ кристаллической решетки, Å	Размер ОКР, нм	Величина микродеформаций, %
1	0	SOD	68 ± 3	9.02 ± 0.006	—	—
2	17	LTA	19 ± 2	12.37 ± 0.005	—	—
		SOD	81 ± 3	9.02 ± 0.006	—	—
3	33	LTA	65 ± 3	12.36 ± 0.004	847 ± 5	0.02 ± 0.01
4	50	LTA	59 ± 3	12.36 ± 0.004	843 ± 4	0.01 ± 0.01

5	100	LTA SOD	35 ± 2 18 ± 3	12.36 ± 0.004 9.04 ± 0.007	644 ± 6 —	0.02 ± 0.01 —
---	-----	------------	------------------	-------------------------------	--------------	------------------

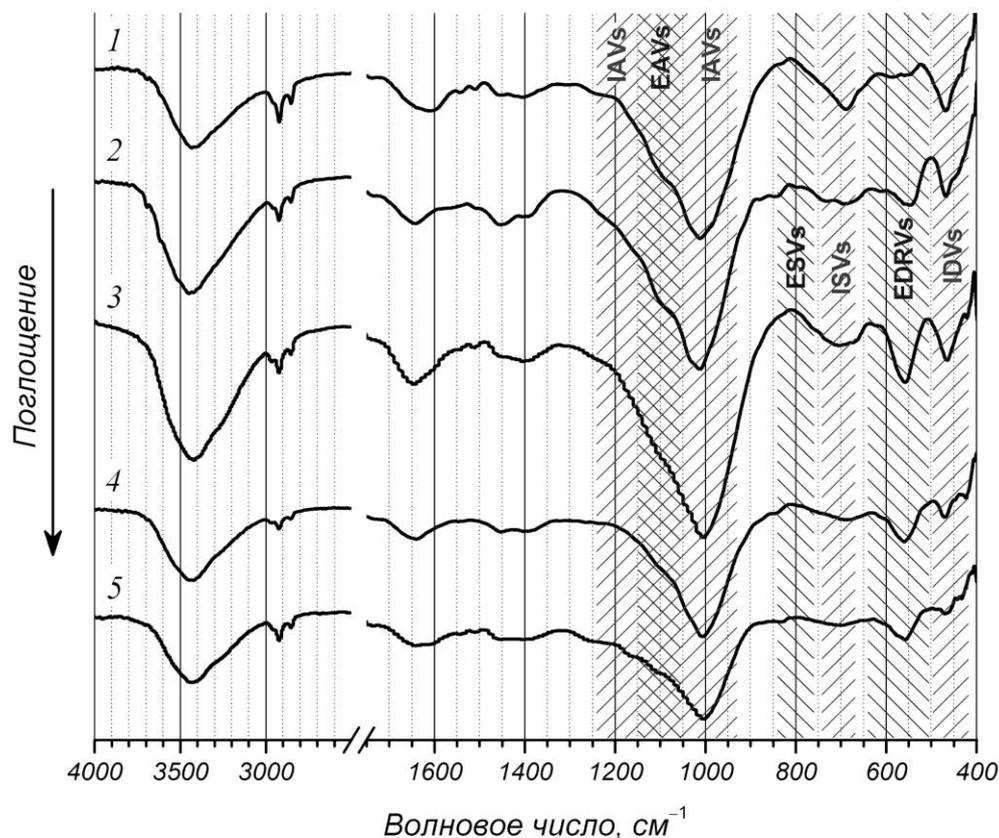


Рис.2. ИК спектры смесей после МХС и ТО. Избыток  $\text{Al}_2\text{O}_3$  сверх стехиометрии реакции 0 (1), 17 (2), 33 (3), 50 (4), 100 (5) мол.%

Таким образом, оптимальный избыток  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  для синтеза LTA составляет 30–50 мол.%. SOD образуется в стехиометрической смеси для реакции после МХС и ТО. Отклонение содержания  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  от оптимального интервала дает образование фаз LTA и SOD одновременно.

#### Список литературы

1. Anthony J.L., Davis M.E. Assembly of Zeolites and Crystalline Molecular Sieves // Self-Organized Nanoscale Materials. N.Y.: Springer Science, 2006. P. 159–185.
2. Breck D. Zeolite molecular sieves. Structure, chemistry and use. N.Y.: Wiley, 1974.
3. Davis M.E. Strategies for zeolite synthesis by design // Studies Surf. Sci. Catal. 1995. 97. P. 35–44.
4. Felsche J., Luger S., Baerlocher Ch. Crystal structures of the hydro-sodalite  $\text{Na}_6[\text{AlSiO}_4]_6 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  and of the anhydrous sodalite  $\text{Na}_6[\text{AlSiO}_4]_6$  // Zeolites. 1986. 6(5). P. 367–372.
5. Prokof'ev V.Yu., Gordina N.E., Zhidkova A.B., Efremov A.M. Mechanochemical synthesis of granulated LTA zeolite from metakaolin // J. Mater. Sci. 2012. 47(14). P. 5385–5392.
6. Prokof'ev V.Yu., Gordina N.E. Preparation of granulated LTA and SOD zeolites from mechanically activated mixtures of metakaolin and sodium hydroxide // Appl. Clay Sci. 2014. 101. P. 44–51.
7. Rabo J.A. Zeolite chemistry and catalysis. Washington: American Chemical Society, 1976.
8. Reed T.B., Breck D.W., 1956. Crystalline Zeolites. II. Crystal Structure of Synthetic Zeolite, Type A // J. Am. Chem. Soc. 1956. 78(23). P. 5972–5977.
9. Прокофьев В.Ю., Гордина Н.Е., Жидкова А.Б. Синтез гранулированных цеолитов со структурой NaA из каолина // Изв. вузов, сер. химия и хим. техн-гия. 2011. 54(12). С. 81–84.
10. Прокофьев В.Ю., Гордина Н.Е., Жидкова А.Б. Исследование механохимического синтеза цеолита NaA из метакaoлина в мельницах с ударно-сдвиговым характером нагружения // Журн. прикл. химии. 2012. 85(7). С. 1108–1113.

# ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВЫХ ОТХОДОВ

Алексеев А.И., Николаева Н.В., Конончук О.О.

НМСУ «ГОРНЫЙ», РФ, г. Санкт-Петербург

Актуальность проблемы утилизации отходов обществом осознана, но методы переработки многих видов алюминиевых отходов не разработаны или проработаны недостаточно эффективно.

В работах В.Я. Абрамова, А.И. Алексеева, О.В. Кулинич [1,2,3] изложены теоретические основы получения щелочно-алюминатных растворов используемых на промышленных предприятиях перерабатывающих кольский нефелиновый концентрат и другие виды алумосиликатного сырья.

Термодинамические расчеты взаимодействия кристаллического алюминия, оксидов  $\alpha, \gamma$ - $Al_2O_{3\text{тв}}$ , гидроксидов: гидраргиллит  $\gamma-Al(OH)_3$ , байерит  $\alpha-Al(OH)_3$ , бёмит  $\gamma-AlO(OH)$ , диаспор  $\alpha-AlO(OH)$  щелочными растворами, осуществляется по реакциям (1-6) с преобразованием группы  $OH^-$  щелочного раствора в комплексный ион  $Al(OH)_4^-$ . проводились по методике, приведенной в монографии В.А. Киреева [4] и А.И. Алексеева [3]. Исходные справочные данные для термодинамических расчетов, приняты из термодинамического справочника Наумов Г.Б.[5].

В Табл.1 для реакций (1-6) приведены рассчитанные значения результаты реакций разложения  $Al_{\text{тв}}$  и минералов в интервале температур  $298 \div 373$  К и установлены температурные зависимости энергии Гиббса, которые показывают возможность взаимодействия алюминия, байерит, корунда, бемита, диаспорас раствором  $NaOH$  с образованием щелочно-алюминатного раствора.

Полученные отрицательные значения энергии Гиббса свидетельствуют о высокой вероятности реакций взаимодействия алюминия с щелочным раствором за исключением реакции (3-6)). Химические реакции 3-6 также возможны, но с меньшей вероятностью их протекания возможно только с повышением температуры обработки щелочного раствора и минерала.

Таблица 1

Термодинамические результаты реакций разложения сплава ( $Al_{\text{тв}}$ ) и минералов

n	Химическая реакция	Температура °C	$\Delta H_{298}^0$ кДж/ моль	$\Delta G_T^0$ кДж/ моль
	$Al_{\text{тв}} + OH_{\text{aq}}^- + 3H_2O = Al(OH)_4^- + 1,5H_2$	25	-409,2	-435,13
		100		-307,2
	$Al(OH)_{3\text{тв, аморфный}} + OH_{\text{aq}}^- = Al(OH)_4^-$	25	15,79	-5,9
		100		-47,62
	$Al(OH)_{3\text{тв, Байерит}} + OH_{\text{aq}}^- = Al(OH)_4^-$	25	33,52	8,75
		100		-2,53
	$\alpha, -Al_2O_{3\text{тв}} + 3H_2O + 2OH_{\text{aq}}^- = 2 Al(OH)_4^-$	25	12,57	5,24
		100		-6,66
	$AlO(OH)_{\text{тв, бемит}} + 2OH_{\text{aq}}^- + H_2O = 2 Al(OH)_4^-$	25	3,21	0,54
		100		0,15
		200		-4,3
	$AlO(OH)_{\text{тв, диаспор}} + 2OH_{\text{aq}}^- + H_2O = 2 Al(OH)_4^-$	25	6,16	2,48
		100		1,55
		200		-1,35

На основании термодинамических расчетов составлен ряд активностей соединений по отношению к  $NaOH$ : алюминий  $Al \rightarrow Al(OH)_3$  аморфный  $\rightarrow$  гидраргиллит  $Al(OH)_3 \rightarrow$  байерит  $- Al(OH)_3 \rightarrow \alpha, \gamma-Al_2O_3 \rightarrow$  бёмит  $- AlO(OH) \rightarrow$  диаспор  $- AlO(OH)$ .

По данным Росприроднадзора, ежегодно в России образуется порядка 35-40 млн. тонн твердых промышленных отходов и практически весь этот объем размещается на полигонах ТБО, санкционированных и не санкционированных свалках, и только 4-5% вовлекается в переработку.

В качестве алюминийсодержащего сырьевого компонента могут быть использованы отходы, содержащие алюминиевый компонент в виде различных сплавов. В учебном пособии [6] «Алюминий и его сплавы», изданным А.Р.Луц, А.А. Суслина отмечается, что высокопрочный сплав, предназначенный для элементов летательных

аппаратов содержит компоненты при следующем соотношении, мас. %: литий 1,8 - 4,0; магний 1,2 - 2,5; медь 0,2 - 0,8; цирконий 0,03 - 0,25; бериллий 0,0005 - 0,25; никель 0,005 - 0,25; бор 0,0002 - 0,05, по крайней мере один элемент, выбранный из группы, содержащей титан 0,010 - 0,15, иттрий 0,005 - 0,2, скандий 0,01 - 0,3, алюминий остальное.

В настоящее время очень актуальна переработка вторичного алюминийсодержащего сырья, поскольку в них содержится значительное количество ценных элементов: Al - Mg - Ca - Sc - Zn - Cu - Sc - Cr - Zr - Fe - Hf.

Согласно данным А.Р. Луц, А.А. Суслина типовая диаграмма алюминий - легирующий элемент, алюминиевые отходы представляют собой целую гамму металлических сплавов алюминия с включением значительного количества элементов периодической системы Д.И Менделеева: кальция, магния, меди, марганца, кремнезема, цинка, железа и других элементов.

Многообразие различных элементов в алюминиевом сплаве приводит к необходимости термодинамического подхода к анализу поведения всех компонентов при их растворении в щелочном растворе и позволяет определить в какой форме могут существовать те или иные частицы, и каковы границы pH их существования.

В Табл.2. приведены расчетные значения  $\Delta G_{298}^0$  реакции взаимодействия компонентов алюминиевого сплава в воде и щелочным раствором молярной концентрации (NaOH), используемых для получения алюминатного раствора.

Анализируя химическую активность элементов алюминиевого сплава, необходимо иметь в виду, что эти соединения в результате химической реакции выделяют водород из молекулы воды, а роль щелочи сводится к растворению соответствующего гидроксида.

В сильнощелочных средах потенциал активированной поверхности алюминия смещается в отрицательную сторону до тех пор, пока не достигается значения потенциал выделения водорода из молекул воды.

Таблица 2

Термодинамические данные реакции растворения алюминийсодержащих отходов в воде и щелочном растворе.

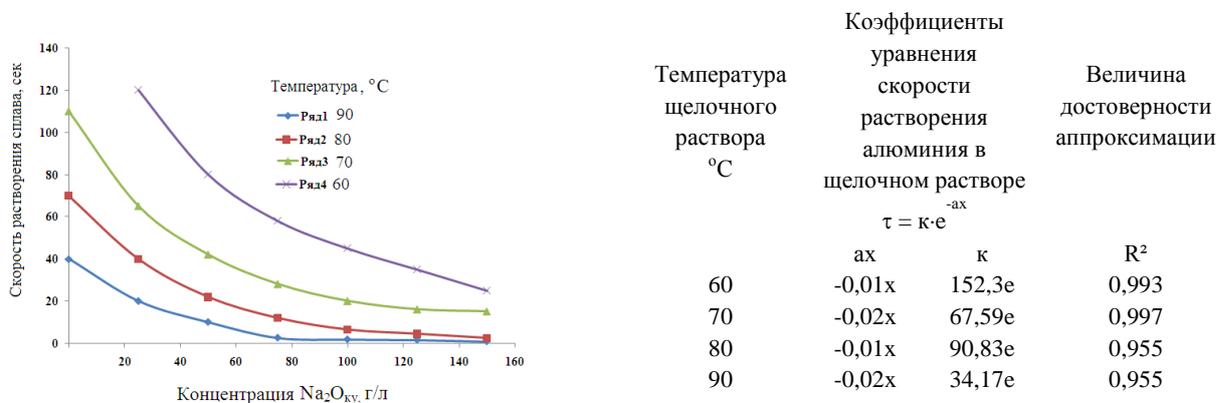
Наименование элемента сплава	Химическая реакция	$\Delta G_{298}^0$ , кДж/моль	Стандартные потенциалы металлов, В
Бериллий	$Be_{ТВ} + 2OH^- + 2H_2O = Be(OH)_4^{2-} + H_2$	-309.38	-1,847
Алюминий	$Al_{ТВ} + OH^- + 3H_2O = Al(OH)_4^- + 1,5H_2$	-337,77	-1,66
Марганец	$Mn_{ТВ} + OH^- + 2H_2O = Mn(OH)_3^- + H_2$	-97.32	-1,18
Хром	$Cr_{ТВ} + OH^- + 2H_2O = Cr(OH)_3^- + H_2$	49.27	-0,852
Цинк	$Zn_{ТВ} + 2OH^- + 2H_2O = Zn(OH)_4^{2-} + H_2$	-74.05	-0,763
Кадмий	$Cd_{ТВ} + 2OH^- + 2H_2O = Cd(OH)_4^{2-} + H_2$	46.76	-0,403
Железо	$Fe_{ТВ} + 2OH^- + 2H_2O = Fe(OH)_4^{2-} + H_2$	35.64	-0,037
Кремний	$Si_{ТВ} + 2OH^- + 2H_2O = H_2SiO_4^{2-} + 2H_2$	-398.63	-
Медь	$Cu_{ТВ} + 2OH^- + 2H_2O = Cu(OH)_4^{2-} + H_2$	152,09	+0,337
Медь	$Cu_{ТВ} + OH^- + 2H_2O = Cu(OH)_3^- + H_2$	37.52	

Поэтому для алюминия можно предположить двухстадийный химизм процесса который осуществляется следующим образом. На первой стадии алюминий реагирует с водой по реакции  $Al + 3H_2O = Al(OH)_3 + 1,5H_2$ ; с образованием гидроксида, который, являясь амфотерным соединением, в дальнейшем проявляет кислотные свойства и достаточно легко нейтрализуется щелочью (NaOH) образуя комплексный алюминатный анион  $Al(OH)_3 + OH^- = Al(OH)_4^-$ . Суммарную реакцию процесса можно записать в виде  $Al + NaOH + 3H_2O \rightarrow Na[Al(OH)_4] + 1,5H_2$ .

Для экспериментальной оценки возможности приготовления алюминатного раствора использовали алюминиевый сплав химического состава (мас. %): Al-93,35; Cu-3,8; Mg-1,2; Mn-0,3; Fe-0,5; Ti-0,5; Ni-0,1; прочие примеси-0,15; сумма- 100.

В связи с этим выполнены эксперименты с образцами алюминиевого сплава 40x40 мм, которые помещались в щелочной раствор различной концентрации 0.....160 г/л NaOH и температурах 60.....90 °C;  $\tau = 20$  сек), которые представлен Рисунок 1. Скорость коррозии сплава алюминия в щелочном растворе определяли объемным методом. Объемный показатель скорости коррозии определяется по формуле:

$$v = \frac{V_{\text{объем водорода, куб.см}}}{S_{\text{поверхность пластинки, квадратный см} \cdot t_{\text{сек}}}$$
 Принцип объемного метода определения скорости коррозии основан на том, что количество растворенного металла (алюминия) эквивалентно количеству выделившегося водорода. По экспериментальным данным построены кинетические кривые скорости коррозии во времени от концентрации щелочного раствора и температуры, которые приведены ниже на Рисунке 3



Концентрация NaOH в г/л, используемая для растворения алюминиевого сплава

Результаты обработки экспериментальных данных растворимости алюминия в щелочном растворе различных концентраций

Рис.3. Влияние температуры и концентрации каустической щелочи на скорость растворения алюминиевого сплава в щелочном растворе

Данные Рисунок 1 показывают, что на скорость размерного взаимодействия гидроксильных ионов с поверхностью оказывают влияние состав и температура раствора, а также химический состав сплава. При увеличении температуры раствора на 10 °С скорость процесса возрастает примерно на 50..60 %. Повышение концентрации свободной щелочи сказывается в значительно меньшей степени. Выполненные эксперименты подтвердили термодинамические расчеты возможности растворения алюминиевого отхода щелочным раствором и организации комплексной переработки алюминийсодержащего сырья.

**Выводы.**

1. Выполнены термодинамические расчеты растворимости алюминиевых сплавов в щелочных растворах и определены элементы, которые можно извлекать гидрохимическим путем.
2. Показано, что скорость растворения алюминия зависит в щелочных растворах от концентрации щелочного раствора и температуры.
3. В щелочном растворе основной вклад во взаимодействие металла с щелочным раствором вносит химическая стадия взаимодействия алюминия с гидроксильными ионами.

**Список литературы**

1. Абрамов В.Я., Алексеев А.И., Бадалянц Х.А. Комплексная переработка нефелин-апатитового сырья.- М.: Металлургия, 1990. 392 с.
2. Алексеев А.И. Гидроалюминаты и гидрогранаты кальция (синтез, свойства, применение).-Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1985.-184 с.
3. Киреев В.А. Методы практических расчетов в термодинамике химических реакций / В.А. Киреев. – М.: Химия, 1970. – 537 с.
4. Кулинич О.В. Физико-химические основы гидрохимической переработки отходов, содержащих алюминий./ О.В. Кулинич //Автореф. дис. на соискание учен.степ. канд. техн. наук. СПб.; 1998. – 21 с.
5. Луц А.Р.. Алюминий и его сплавы: Учебное пособие / Сост. А.Р.Луц, А.А. Суслина. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – 81 с.
6. Наумов Г.Б., Рыжков Б.Н., Ходаковский И.Л.. Справочник термодинамических величин (для геологов). М., Атомиздат, 240 с.

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДА ОЗОНИРОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Павлова С.В.

ВолгГТУ, РФ, г.Волгоград

В процессах водоснабжения и канализации промышленных предприятий немаловажную роль играет очистка сточных вод. Проблема полной очистки производственных сточных вод от загрязнений промышленного характера является одной из наиболее актуальных и одновременно трудно решаемых. Несмотря на огромное число отечественных и зарубежных исследований, данную проблему нельзя считать решенной. Поэтому поиск новых эффективных способов очистки промышленных сточных вод является важным.

В настоящее время всё больше внимания уделяется поиску новых перспективных методов очистки сточной воды, более компактных, быстро окупаемых, простых в эксплуатации. К их числу относится метод озонирования [1].

На предприятиях химической и нефтехимической промышленности в качестве сырья, промежуточных веществ и конечных продуктов достаточно широко используются различные производные ароматических соединений: фенол, бензол, толуол.

В результате технологических процессов эти соединения попадают в сточные воды. Локальную очистку сточных вод проводят, используя методы отстаивания, коагуляции и флокуляции, после чего для их окончательной доочистки направляют на биохимические очистные сооружения (БОС).

Ароматические соединения это термодинамически устойчивые системы, практически не подвергающиеся биохимическому воздействию бактерий и микроорганизмов, кроме этого они являются весьма токсичными веществами.

Указанные свойства ароматического класса углеводородов обуславливают достаточно жесткие требования по их концентрации при приеме сточных вод на биологические очистные сооружения, поэтому проблема очистки стоков от ароматических соединений на локальных промышленных установках перед биохимической доочисткой является весьма актуальной.

Целью работы является экспериментальное исследование метода очистки сточных вод от примесей ароматических соединений с использованием процесса озонирования.

Исследования проводили на лабораторной установке, состоящей из озонатора, реактора озонирования и баллона с кислородом, имеющей следующие технические характеристики:

- питающий газ - кислород технический;
- расход кислорода - 10-130 норм. л/час;
- производительность по озону - 2-5г/час;
- диапазон рабочих концентраций озона на выходе - 10-120 мг/л.

В качестве объектов исследований использовались модельные сточные воды, содержащие фенол, бензол и толуол в широком интервале исходных концентраций (от 10 до 1000 мг/л), а также реальные сточные воды промышленных предприятий.

На Рисунке 1 показаны результаты очистки модельных сточных вод от примесей фенола.

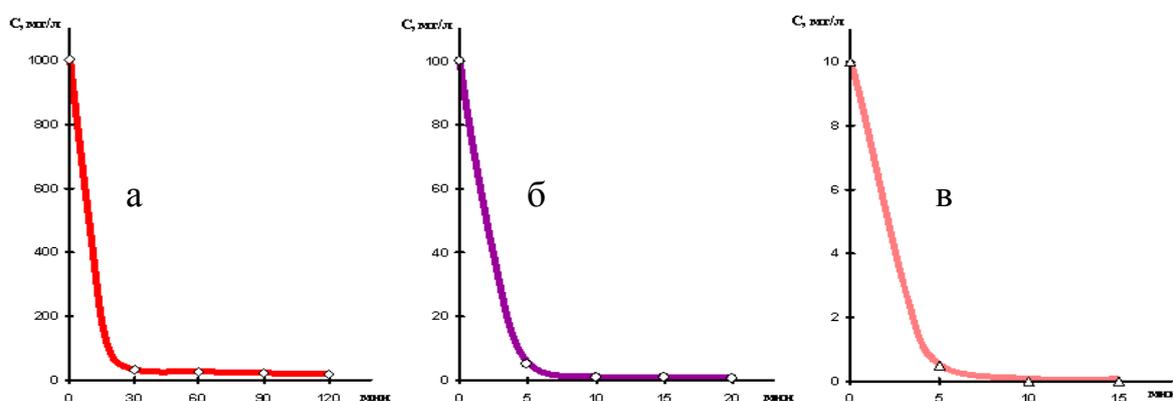


Рис. 1. Зависимость концентраций фенола в воде от времени озонирования:

а) исходная концентрация фенола 1000 мг/л;

б) исходная концентрация фенола 100 мг/л;

в) исходная концентрация фенола 10 мг/л;

Результаты проведенных экспериментов по озонированию фенолсодержащих сточных вод показали эффективность данного метода, позволяющего снижать концентрацию фенола до величин, соответствующих требованиям биологических очистных сооружений, и как следствие возможность обеспечения рационального использования водных ресурсов и охраны их от загрязнения.

Контроль исходных и конечных концентраций фенола в воде по времени осуществляли фотоэлектрокалориметрическим методом по изменению оптической плотности сточной воды.

На Рисунках 2, 4 приведены результаты очистки модельных сточных вод от примесей бензола и толуола. Представленные опыты отличаются исходными концентрациями бензола и толуола, временем процесса и интервалом отбора проб.

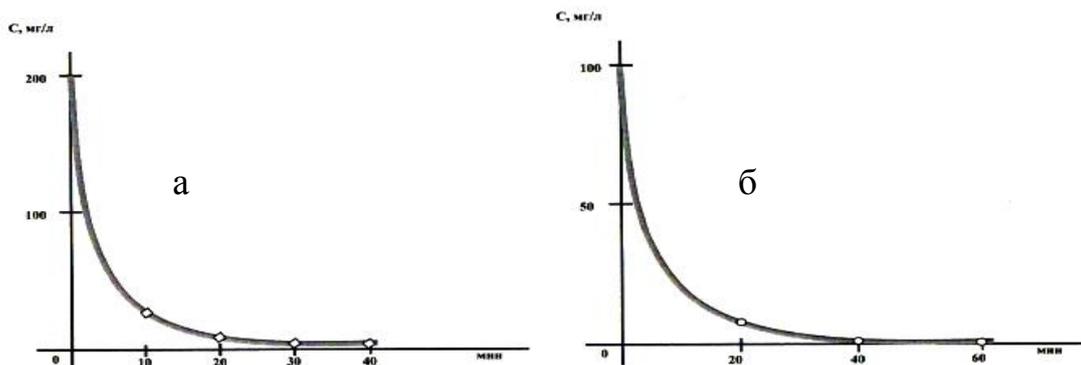


Рис.2. Зависимость концентраций бензола в воде от времени озонирования:

- а) исходная концентрация бензола 200 мг/л;
- б) исходная концентрация бензола 100 мг/л;

Контроль исходных и конечных концентраций бензола и толуола проводили газохроматографическим методом.

Хроматографический контроль процесса озонирования сточной воды, содержащей бензол, представленный на Рисунке3, показывает уменьшение площади пиков бензола, а так же процесс их окислительной деструкции [3].

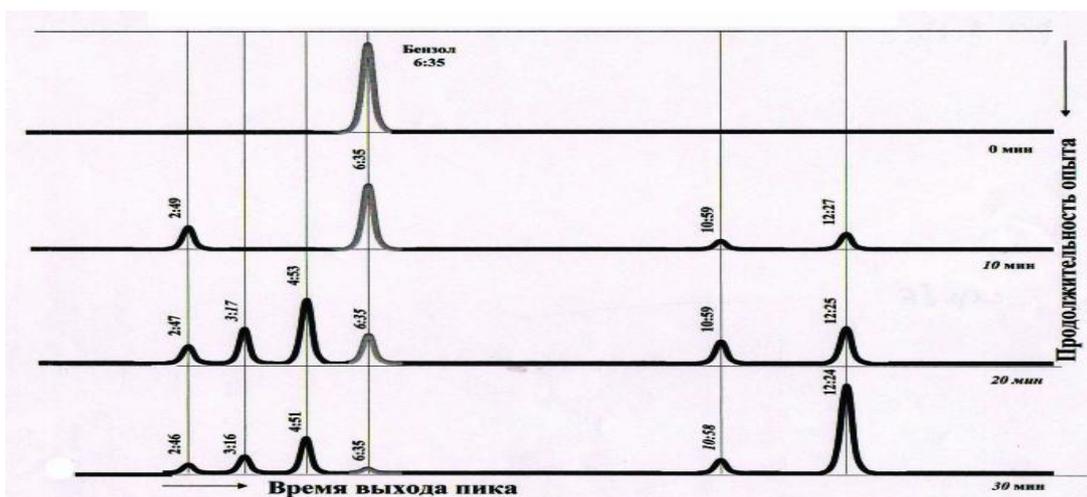


Рис.3. Хроматографический контроль процесса озонирования сточной воды, содержащей бензол.

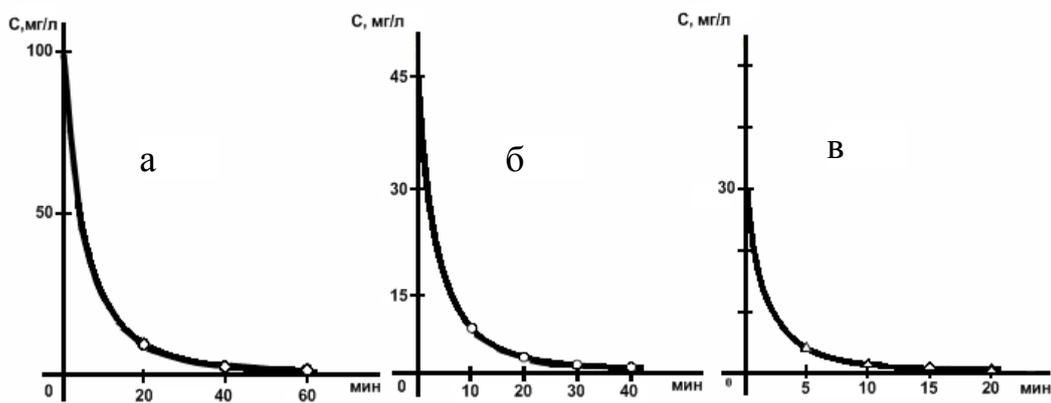


Рис.4. Результаты очистки модельных сточных вод от примесей толуола

- а) исходная концентрация толуола 1000 мг/л;
- б) исходная концентрация толуола 45 мг/л;
- в) исходная концентрация толуола 30 мг/л;

При проведении экспериментальных исследований по очистке сточных вод от примесей ароматических соединений озонированием использовались каталитические системы.

Использование катализаторов в процессе озонирования достаточно широко известно. В настоящее время промышленностью выпускается большой выбор каталитических систем, в частности оксидов металлов на твердых сорбентах ( $Al_2O_3$ ,  $MoO_3$ ). Данные катализаторы используются в радикальных окислительно-восстановительных процессах, и исследовалось их применение в процессе озонирования сточных вод.

В качестве катализаторов использовались марки S-120, ГП-534,

ГП-534М, а так же отработанные катализаторы тех же марок. Наиболее эффективным показал себя катализатор марки ГП-534М следующего состава:

- тип носителя –  $Al_2O_3$
- массовая доля активных компонентов, %
- $MoO_3$  – 18,0 ÷ 23,0;
- $NiO$  – 3,0 ÷ 6,0;
- $P_2O_5$  – 2,0 ÷ 5,0;

Результаты проведенных исследований показали, что применение метода каталитического озонирования позволяет снизить содержание основных примесей нефтепродуктов с 10-100 мг/л до 0.1-1 мг/л, что соответствует нормативным требованиям, определяющим возможность их дальнейшей биохимической доочистки [2].

Таким образом, результаты экспериментов показали, что озонирование является эффективным и перспективным методом очистки сточных вод от примесей ароматических соединений, а применение катализатора ГП-534М позволяет интенсифицировать процесс очистки.

#### Список литературы

1. Драгинский В.Л. Озонирование в процессах очистки воды/ В.Л. Драгинский, Л.П.Алексеева, В.Г. Самойлович М.: ДеЛи принт. 2007.
2. Установка для очистки сточных вод: пат. 125576 Российская Федерация, МПК С 02 F 1/46 / С.В. Павлова, [и др.]; № 2012110631; заявл., 20.03.2012; опубл. 10.03.2013, Бюл. №7.
3. Хейнс А. Методы окисления органических соединений/ А. Хейнс. М: Мир, 1988.

#### СЕКЦИЯ №12.

#### ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)

**СЕКЦИЯ №13.  
ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)**

**СЕКЦИЯ №14.  
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)**

**АНАЛИЗ СОСТАВЛЯЮЩИХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ  
КОМПЕНСАЦИОННОГО МАГНИТОМЕТРА**

**Бельский А.М.**

КНИТУ(КАИ) им. А.Н.Туполева, РФ, г.Казань

Постоянные и переменные магниты нашли широкое применение в самых различных областях науки и техники. Для контроля и измерения параметров магнитных полей используют магнитометры. В соответствии с конкретными условиями измерения и видом магнитного поля к магнитометрам предъявляются определенные требования, но, как правило, общими для всех подобных устройств является выполнение условий по точности и диапазону измерений, а при использовании магнитометров в задачах навигации, особенно в бортовых навигационных системах летательных аппаратов, к массе и габаритам первичного преобразователя. Особые требования предъявляются к магнитометрам для биомедицинских исследований, так как они используются для измерения очень слабых магнитных полей, соизмеримых по величине с шумами и наводками. Наиболее перспективными первичными преобразователями магнитной индукции, с точки зрения выполнения обозначенных требований, являются датчики Холла (ДХ). Они обладают достаточно высокими метрологическими и эксплуатационными характеристиками, а современные технологии производства делают их доступными для широкого применения.

Известно [1], что четырехэлектродный ДХ можно представить в виде мостовой эквивалентной схемы замещения. Если к генераторной диагонали моста (токовым электродам) подключить источник тока, а сам датчик поместить в равномерное магнитное поле с индукцией  $B$ , то на измерительной диагонали (холловских электродах) появится напряжение Холла, которое приближенно можно представить в виде линейной зависимости:

$$U_x = \gamma B I_x, \quad (1)$$

где  $\gamma$  – токовая чувствительность ДХ;  $I_x$  – ток через токовые электроды,  $B$  – магнитная индукция.

Однако, помимо напряжения Холла, непосредственно связанного с измеряемой индукцией  $B$ , на холловских электродах будут присутствовать ещё целый ряд сопутствующих (паразитных) напряжений, которые могут существенно исказить результат измерения, а зависимость (1) сделать нелинейной. Запишем выражение для напряжения на холловских электродах ДХ с учетом всех составляющих. В соответствии с [2] оно будет иметь вид

$$U_x = \gamma B I_x + (U_{нэ} + U_{тэ} + U_{ш} + U_c + U'_{эн} + U''_{эн}) \quad (2)$$

Это выражение записано в предположении, что все динамические переходные процессы, включая процессы, обусловленные тепловыми постоянными времени, закончены, т.е. ДХ работает в установившемся (статическом) режиме. Такое предположение позволяет исключить из рассмотрения динамические погрешности. Рассмотрим подробнее каждую из составляющих выражения (2).

$U_{нэ}$  – напряжение неэквипотенциальности. Исходя из мостовой эквивалентной схемы это напряжение можно представить как результат разбаланса моста, обусловленного асимметрией пластины ДХ, неоднородностью распределения сопротивления полупроводникового вещества в рабочем объеме ДХ, зависимостью этого сопротивления от температуры. В первом приближении  $U_{нэ}$  можно представить в виде:

$$U_{нэ} \approx r_0 I_x, \quad (3)$$

где  $r_0$  – коэффициент, зависящий от материала (для датчиков из InSb и InAs  $r_0 \approx 10^{-3} \div 10^{-2} B/A$ );  $U_{тэ}$  – напряжение, связанное с термоэлектрическими эффектами обусловленное температурными градиентами при выделении джоулева тепла, и в меньшей мере эффектами Пельтье и Зеебека.

Без учета составляющих более высокого порядка можно записать:

$$U_{тэ} \approx k_{тэ} I_x^2, \quad (4)$$

где  $k_{тэ}$  – коэффициент, зависящий от свойств полупроводникового материала пластин ДХ (для  $I_n A_s k_{тэ} \approx 0,001$  В/А).

Следует иметь в виду, что  $r_0$  и  $k_{тэ}$  – параметры, характеризующие свойства полупроводникового материала и поэтому зависят от температуры.

$U_{ш}$  – напряжение шумов ДХ. Их наличие обусловлено целым рядом причин, среди которых основное значение имеет токовый шум (шум 1/f, фликкер-шум), обусловленный рядом физических явлений, возникающих в полупроводниковых материалах. По данным [2] уровень шума 1/f на 3...4 порядка превышает уровень других шумов. Замечено, что его интенсивность увеличивается с ростом  $I_x$  и  $B$ . Эта составляющая имеет значение при измерении параметров магнитных полей высокой частоты.

$U_c$  – напряжение собственного эффекта Холла. Это напряжение является следствием воздействия магнитного поля от токовых электродов ДХ. Если токоподводы ДХ симметричны, то эти напряжения взаимно компенсируются и  $U_c$  можно не принимать во внимание.

$U'_{эн}, U''_{эн}$  – напряжения, наводимые электромагнитными полями на электроды и активную область пластины ДХ. Тщательной экранировкой и укладкой выводов ДХ эти составляющие можно минимизировать.

Запишем выражение для суммарной погрешности первичного преобразователя (ДХ):

$$\delta_{дх} = \delta_{дх}^0 + \delta_{дх}^y, \quad (5)$$

здесь  $\delta_{дх}^0$  – аддитивная составляющая (погрешность нуля);  $\delta_{дх}^y$  – мультипликативная составляющая (погрешность чувствительности).

Рассмотрим подробнее каждую из составляющих суммарной погрешности.

Погрешность  $\delta_{дх}^0$  обусловлена неравномерностью распределения удельного сопротивления по объему пластины полупроводникового материала ДХ, что вызывает разбаланс моста и соответственно появление напряжения неэквипотенциальности  $U_{нэ}$ . Известны [2] схемотехнические решения компенсации этого напряжения до минимально возможного. Степень компенсации ограничивается только разрешающей способностью компенсирующих элементов. Однако всегда существует недокомпенсированный остаток  $\Delta U_{нэ}$ , который также зависит от  $B$  и  $T$ . В общем виде можно записать:

$$\Delta U_{нэ} = f(B, T). \quad (6)$$

Следовательно, чтобы минимизировать аддитивную составляющую суммарной погрешности необходимо стабилизировать температуру ДХ, а также с помощью схемотехнических методов исключить влияние измеряемой индукции  $B$  на недокомпенсированный остаток  $\Delta U_{нэ}$ .

Погрешность  $\delta_{дх}^y$  также связана с влиянием индукции и температуры на ДХ. Известно, что постоянная Холла существенно зависит от концентрации носителей тока (электронов, дырок) и их подвижности. Так в [1] показано, что токовая чувствительность, соответствующая  $I_x$ , равна:

$$\gamma(I_x) = \left(a \sqrt{\frac{2}{d}}\right) \sqrt{\nu} (R_n \sqrt{g \Delta T}), \quad (7)$$

где  $a, d$  – геометрические размеры пластины ДХ;  $\nu$  – коэффициент теплоотдачи через поверхность ДХ;  $R_n$  – постоянная Холла;  $g$  – удельная электрическая проводимость (в случае электронно-дырочной проводимости:  $g = g_n + g_p$ );

$\Delta T$  – изменение температуры рабочего тела ДХ относительно температуры окружающей среды.

Таким образом, на основании анализа выражения (5) для суммарной погрешности  $\delta_{дх}$ , можно сделать выводы, что для ее уменьшения необходимо в структуру магнитометра вводить схемотехнические решения для возможно полной компенсации напряжения неэквипотенциальности. Недокомпенсированный остаток следует уменьшать путем термостабилизации рабочего тела ДХ и исключением части погрешности, обусловленной влиянием индукции. Как следует из выражения (7), выполнение предыдущих условий позволит уменьшить влияние неинформативных факторов и на токовую чувствительность ДХ.

В соответствии с полученными рекомендациями были предложены технические решения, где постоянство температуры ДХ обеспечиваются с помощью активной термостабилизации [2], а влияние индукции на суммарную погрешность исключается использованием компенсационного метода [3].

### Список литературы

1. Бельский А.М., Дмитриев С.В. Расчет нестационарных тепловых процессов в устройствах с преобразователями Холла. Тезисы докладов II Всесоюзной конференции «Методы и средства измерения параметров магнитного поля. Ленинград, 1980.
2. Бельский А.М. и др. Авторское свидетельство №152 1061 от 8.07.89. Зонд для контроля магнитных периодических систем.
3. Бельский А.М. и др. Патент на полезную модель № 149 843 от 10.06.2014. Устройство для измерения скорости кровотока.
4. Вайс Г. Пер. с нем. Под ред. О. Хомерики. Физика гальваномагнитных полупроводниковых приборов и их применение. М.: Энергия, 1974.-384с.
5. Панин В.В., Степанов Б.М. Практическая магнитометрия. М.: Машиностроение, 1979.-С.1-12.

## ОЦЕНКА МЕТОДИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ ФЛУКТУАЦИЯМИ ФАЗЫ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СИГНАЛА С АМПЛИТУДНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Сильвашко С.А.

ОГУ, РФ, г.Оренбург

В фазовых информационно-измерительных системах (ФИИС), в которых в качестве информативного параметра используется фаза измерительного сигнала, повышенные требования предъявляют к уровню фазовых шумов испытательного сигнала [1]. В некоторых ФИИС (например, использующих способ диагностирования, предложенный в [3]) в качестве испытательного сигнала применяют сигнал с амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ-сигнал) [2], обеспечивающий наличие в спектре гармоник с повышенной энергетикой в нескольких областях частот, в частности, на номинальной частоте функционирования диагностируемого устройства и на частоте, обеспечивающей наилучшие условия диагностирования (максимальную чувствительность фазы измерительного сигнала к изменению диагностируемого параметра). В АИМ-сигналах уровень фазовых шумов на частотах гармоник с повышенной энергетикой существенно зависит от вида несущего и модулирующего колебаний, соотношения частот несущего и модулирующего колебаний и ряда других параметров. Поэтому при выборе в качестве испытательного АИМ-сигнала возникает необходимость оценки методической погрешности измерения, обусловленной флуктуациями фазы испытательного сигнала.

Рассмотрим в качестве примера испытательный сигнал  $e(t)$ , представляющий собой последовательность прямоугольных импульсов  $e_0(t)$ , модулированных по амплитуде когерентным гармоническим сигналом  $e_m(t)$  (Рисунок 1). Такой АИМ-сигнал характеризуется следующими параметрами:  $\tau$ ,  $T_0$ ,  $E_0$  – соответственно длительность импульса, период и амплитуда сигнала «переносчика» информации  $e_0(t)$ ;  $\tau$ ,  $T$ ,  $E_0$ ,  $\Omega = \frac{2\pi}{T}$  – соответственно длительность импульса, период, амплитуда и угловая частота опорного сигнала  $e_{on}(t)$ ;  $T_m$ ,  $U_m$ ,  $\Omega_m = \frac{2\pi}{T_m}$  – период, амплитуда и угловая частота модулирующего гармонического колебания  $e_m(t) = U_m \cos(\Omega_m t - \varphi_m)$ ;  $E_{max}$ ,  $E_{min}$  – максимальная и минимальная амплитуды импульсов АИМ-сигнала  $e(t)$ .

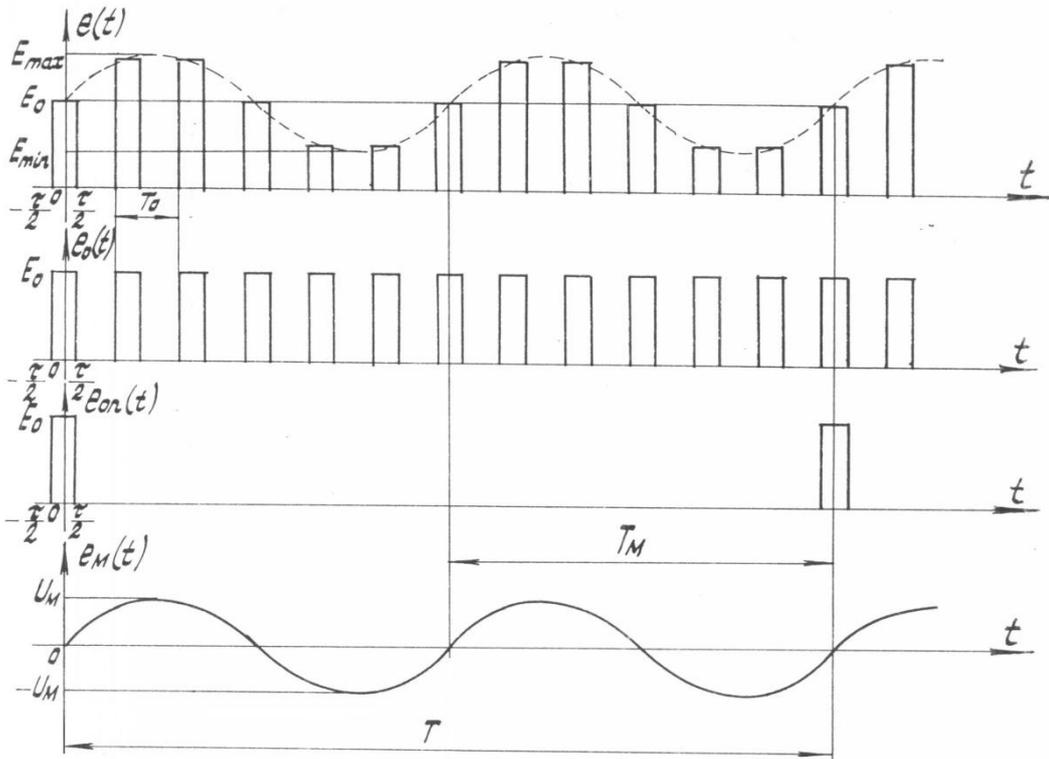


Рис.1. Амплитудная модуляция последовательности прямоугольных импульсов когерентным гармоническим сигналом

Амплитудный спектр рассматриваемого АИМ-сигнала можно представить следующим выражением:

$$\begin{aligned} \dot{A}_n = \dot{A}_{on_n} & \left\{ \frac{\sin(n\pi)}{\sin\left(\frac{n\pi}{m}\right)} e^{-j\frac{n\pi(m-1)}{m}} + \frac{M}{2} \cdot \frac{\sin[(n-l)\pi]}{\sin\left[\frac{(n-l)\pi}{m}\right]} e^{-j\left[\frac{\pi(n-l)(m-1)}{m} + \varphi_m\right]} + \right. \\ & \left. + \frac{M}{2} \cdot \frac{\sin[(n+l)\pi]}{\sin\left[\frac{(n+l)\pi}{m}\right]} e^{-j\left[\frac{\pi(n+l)(m-1)}{m} - \varphi_m\right]} \right\}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $n = 1, 2, \dots$  – номер гармоники;

$$\dot{A}_{on_n} = \frac{E_0}{m} \left[ \frac{\sin\left(\frac{n\Omega T_0}{4}\right)}{\frac{n\Omega T_0}{4}} \right] - \text{амплитудный спектр опорного сигнала } e_{on}(t) \text{ при скважности равной}$$

двум.

$$m = \frac{T}{T_0}, \quad l = \frac{T}{T_M} - \text{регулируемые параметры } (m = 1, 2, \dots, l = 1, 2, \dots, 1 \leq l < \frac{m}{2});$$

$$M = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_0} = \frac{U_M}{E_0} - \text{глубина модуляции.}$$

На Рисунке 2 представлен амплитудный спектр сигнала  $e(t)$ , полученный на основе (1), при  $E_0 = 100$  В,  $m = 30$ ,  $l = 1$ ,  $M = 0,5$  (частота гармоники с номером  $n = 30 - \Omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$ ).

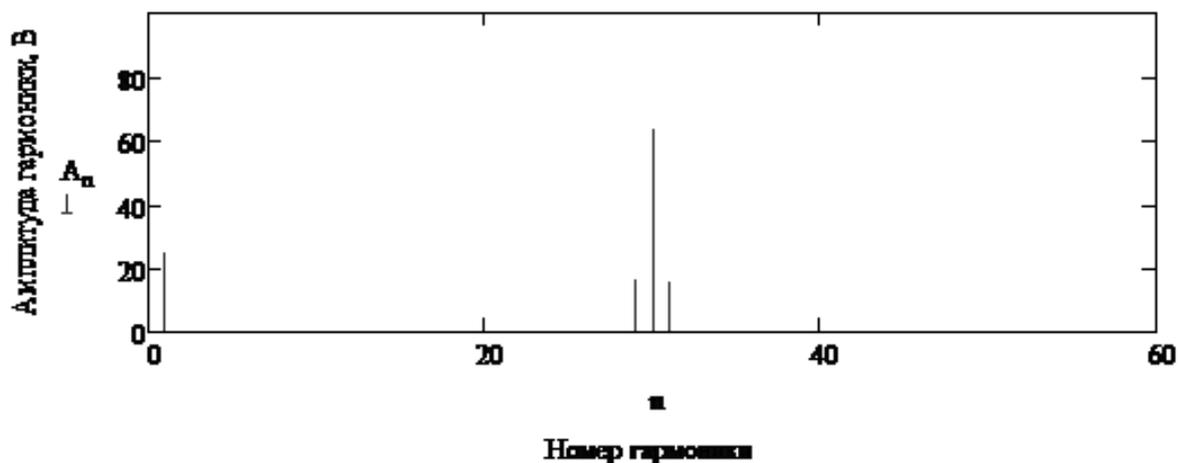


Рис.2. Амплитудный спектр АИМ-сигнала при модуляции когерентным гармоническим сигналом

Анализ спектров АИМ-сигналов показывает, что уровни гармоник с частотами  $\omega_0 \pm k\Omega$  при  $k \geq 2$  ( $k$  – положительное целое число) незначительны по сравнению с уровнем гармоники с частотой  $\omega_0$ . При выделении сигнала на частоте  $\omega_0$  с помощью полосового фильтра указанные гармоники претерпевают дополнительное ослабление за счет избирательных свойств фильтра. Опыт показывает, что при анализе флуктуации фазы колебания на частоте  $\omega_0$  влиянием боковых гармоник с указанными частотами можно пренебречь, а учитывать необходимо только боковые гармоники с частотами  $\omega_0 \pm \Omega$ . Как видно из Рисунка 2, амплитуды гармоник с частотами  $\omega_0 - \Omega$  и  $\omega_0 + \Omega$  различны, что и служит причиной флуктуации фазы гармоники на частоте  $\omega_0$ . При этом соотношение амплитуд указанных гармоник является функцией как глубины модуляции  $M$ , так и управляемого параметра  $m$  (Табл.1).

Таблица 1

Зависимость амплитуд гармоник спектра сигнала  $e(t)$  от параметров  $m$  и  $M$

Коэффициент модуляции, $M$	Амплитуды гармоник			
	$A_{\Omega}$ , В	$A_{\omega_0 - \Omega}$ , В	$A_{\omega_0}$ , В	$A_{\omega_0 + \Omega}$ , В
$m = 20$				
0,1	5,0	3,3	63,7	3,0
0,2	10,0	6,7	63,7	6,0
0,3	15,0	10,0	63,7	9,1
0,4	20,0	13,4	63,7	12,1
0,5	25,0	16,7	63,7	15,1
$m = 30$				
0,1	5,0	3,3	63,7	3,1
0,2	10,0	6,6	63,7	6,2
0,3	15,0	9,9	63,7	9,2
0,4	20,0	13,2	63,7	12,3
0,5	25,0	16,4	63,7	15,4
$m = 40$				
0,1	5,0	3,3	63,7	3,1
0,2	10,0	6,5	63,7	6,2
0,3	15,0	9,8	63,7	9,3
0,4	20,0	13,0	63,7	12,4
0,5	25,0	16,3	63,7	15,5

На Рисунке 3 в качестве примера показаны результаты моделирования для двух случаев – при равных амплитудах гармоник с частотами  $\omega_0 - \Omega$  и  $\omega_0 + \Omega$  (Рисунок 3, а) и при отличающихся амплитудах (Рисунок 3, б).

Пунктирной линией на рисунках показана диаграмма напряжения несущего колебания (гармоники с частотой  $\omega_0$ ), а сплошной линией – диаграмма суммарного колебания. Из Рисунка 3, б видно, что различие в амплитудах боковых гармоник приводит как к дополнительной модуляции амплитуды выделяемого колебания на частоте  $\omega_0$ , так и к модуляции его фазы. Если при диагностировании в качестве информативного параметра используют фазу выделяемого колебания на частоте  $\omega_0$ , то наличие паразитной модуляции фазы приведет к появлению методической погрешности измерения фазы.

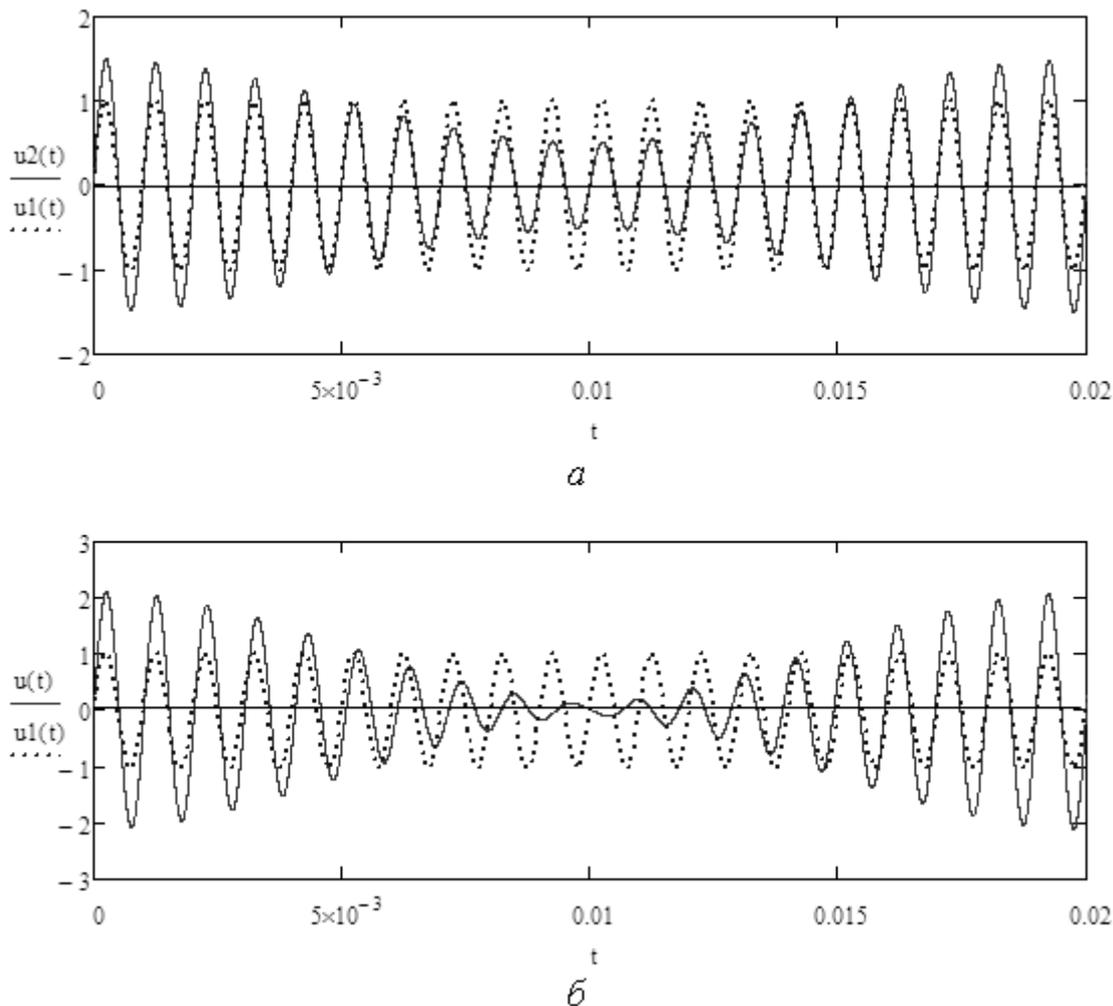


Рис.3. Диаграммы напряжений при одинаковых (а) и отличающихся (б) уровнях боковых гармоник с частотами  $\omega_0 - \Omega$  и  $\omega_0 + \Omega$

С целью вывода математической зависимости для оценки методической погрешности измерения фазы введено понятие коэффициента ослабления паразитной составляющей напряжения  $u(t)$  (где  $u(t)$  – сумма трех колебаний с частотами  $\omega_0 - \Omega$ ,  $\omega_0$  и  $\omega_0 + \Omega$ ):

$$k_{осл} = \frac{\Delta U}{U_{m0}}, \quad (2)$$

где  $\Delta U$  – разность амплитуд боковых гармоник с частотами  $\omega_0 - \Omega$  и  $\omega_0 + \Omega$ ;

$U_{m0}$  – амплитуда гармоники с частотой  $\omega_0$ .

Приближенное выражение, позволяющее с достаточной для практики точностью вычислять методическую погрешность измерения фазы (в радианах), имеет вид:

$$\Delta\varphi \approx k_{осл}. \quad (3)$$

Например, если частота несущего колебания ( $f_0$ ) равна 1000 Гц, а частота модулирующего колебания ( $F$ ) равна 50 Гц (то есть  $m = 20$ ), то при глубине модуляции  $M = 0,5$  (Табл. 1) погрешность измерения фазы составит

$\Delta\varphi \approx 0,025 \text{ рад} \approx 1,43 \text{ град}$ . Таким образом, различие в амплитудах боковых гармоник с частотами  $\omega_0 - \Omega$  и  $\omega_0 + \Omega$  вносит существенную погрешность при измерении фазы.

На практике для выделения колебания на частоте  $\omega_0$ , как правило, используют узкополосный фильтр с коэффициентом подавления на частоте  $\omega_0 - \Omega$   $k_{под}$ . С учетом этого выражение (3) примет вид:

$$\Delta\varphi \approx k_{осл} k_{под} \quad (4)$$

Если, например, коэффициент подавления избирательного фильтра на частоте  $\omega_0 - \Omega$  составляет минус 60 дБ, то погрешность измерения фазы не превысит  $\Delta\varphi = 0,0015$  град., что приемлемо в большинстве практических случаев применения ФИИС.

На Рисунке 4 представлены зависимости коэффициента ослабления  $k_{осл}$  от регулируемого параметра  $m$  для нескольких видов АИМ-сигналов при коэффициенте модуляции  $M = 0,5$ . Из Рисунка 4 видно, что с увеличением регулируемого параметра  $m$  численное значение коэффициента ослабления  $k_{осл}$  уменьшается, и, как следствие, уменьшается погрешность измерения фазы выделяемого колебания на частоте  $\omega_0$ . При значениях регулируемого параметра  $m$  менее 30 наблюдается существенная зависимость значения коэффициента ослабления от вида модулирующего колебания.

Графики, приведенные на Рисунке 4, могут быть использованы при оценке методической погрешности измерения фазы при разных значениях регулируемого параметра  $m$  и разных видах модулирующего колебания.

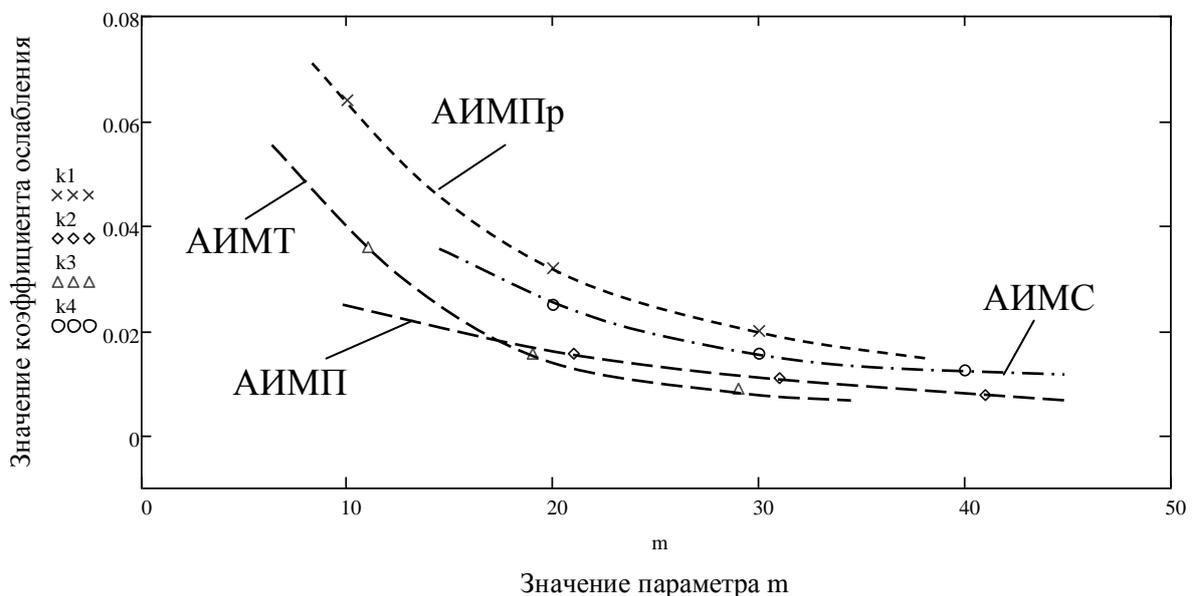


Рис.4. Зависимость коэффициента ослабления от параметра  $m$

АИМ-сигналов с разными видами огибающей: АИМПр – прямоугольная; АИМТ – треугольная; АИМП – пилообразная; АИМС – гармоническая

#### Список литературы

1. Булатов, В.Н. Спектрально-импульсные методы воспроизведения и трансформации фазовых спектров / В. Н. Булатов. – Оренбург: ОГУ, 2001. – 290 с. – ISBN 5-7410-0605-1.
2. Булатов, В. Н. Свойства спектров импульсно-модулированных по амплитуде сигналов когерентным гармоническим сигналом / В.Н. Булатов, Д.А. Даминов, С.А. Сильвашко // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы: труды Всероссийской научно-технической конференции. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2010. – С. 250 – 254. – ISBN 978-5-7410-1078-5.
3. Пат. 2289143 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> G 01 R 31/06. Способ комплексного контроля трехфазной обмотки электрической машины / Сильвашко С.А., Булатов В.Н., Шевеленко В.Д.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Оренб. гос. ун-т». – № 2005107405/28; заявл. 16.03.05; опубл. 10.12.06, Бюл. № 34.

# ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ БПЛА ВЕРТОЛЕТНОГО ТИПА

Ахмеров Ш.Р.

УГАТУ, РФ, г.Уфа

Малые беспилотные летательные аппараты вертолетного типа — мультикоптеры находят все большее применение в различных областях человеческой деятельности. Их используют для видеосъемки с воздуха, доставки грузов, мониторинга местности. Для выполнения большинства задач требуется автономная непрерывная работа группы таких мультикоптеров [5]. Поскольку время полета мультикоптеров ограничено, необходимо использование зарядной станции. Актуальным вопросом является разработка системы управления группой мультикоптеров и принципов ее работы. Эффективность работы такой системы зависит прежде всего от таких параметров как температура и скорость ветра, поскольку температура существенно влияет на емкость аккумуляторов (и как следствие на время полета), а ветер - на полетные характеристики беспилотников (скорость, маршрут и другие). Кроме того, возможные отказы некоторых беспилотников могут привести к потере функциональности такой системы. Исходя из выше сказанного, для корректной работы системы управления необходимо предусматривать в ней элементы адаптивности к внешним условиям.

Построение адаптивной системы управления мультикоптерами возможно при соблюдении следующих условий:

1) наличие постоянной телеметрической связи центрального блока системы управления с каждым мультикоптером (бортовым блоком системы управления мультикоптера) с возможностью отслеживания в режиме реального времени основных параметров полета и уровня заряда аккумулятора;

2) использование в беспилотниках в качестве источника энергии так называемых "разумных" аккумуляторов, позволяющих блоку управления на борту получать информацию о текущем уровне заряда аккумулятора, количестве циклов заряда-разряда, типе и дате выпуска аккумулятора.

3) возможность автономной подзарядки мультикоптеров на зарядной станции при неточном приземлении на нее (поскольку точная посадка в реальных условиях работы возможна далеко не всегда) [1];

4) в группе БПЛА должно быть предусмотрено избыточное их количество, на случай отказа одного или нескольких мультикоптеров или изменения внешних условий, влияющих на время полета (температура и ветер);

5) в целях безопасности мультикоптеры должны быть оснащены функциями стабилизации полета при сильном ветре, возврата на базу при потере связи с центральным блоком управления и мягкой посадки при преждевременном разряде аккумуляторной батареи.

Первое условие реализуется путем установки на каждом беспилотнике элементов системы управления, предназначенных для управления мультикоптером и передачи всех основных параметров на центральный узел системы управления (Рисунок 1).

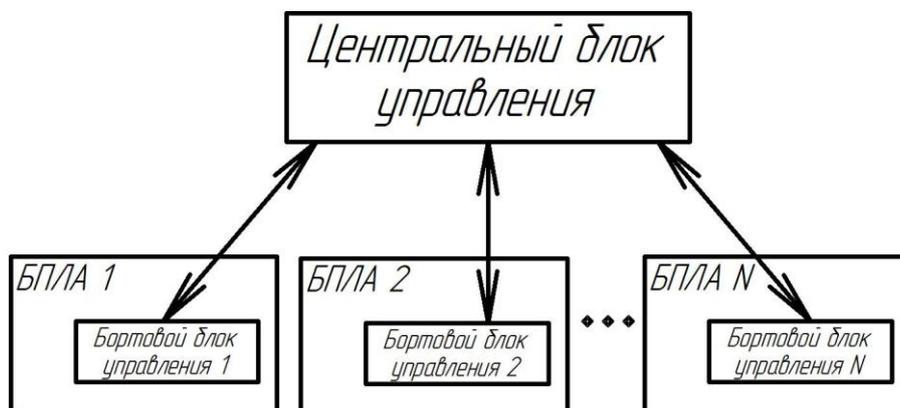


Рис.1. Структурная схема системы управления

Второе условие можно реализовать путем использования аккумуляторных батарей с двухпроводным интерфейсом SMBus (System Management Bus) [6]. Данное условие достаточно важно, поскольку емкость используемых на беспилотниках в настоящее время аккумуляторов существенно зависит как количества циклов заряда-разряда, так и от времени с даты выпуска аккумулятора.

Выполнение третьего условия может быть обеспечено путем использования зарядных станций особых конструкций, таких как станции беспроводной зарядки [3], станции с матрицей контактных площадок / параллельных пластин [2,4].

Количество избыточных беспилотников для четвертого условия можно определить исходя из возможных колебаний ветра и температуры — расчет необходимо осуществлять исходя из наихудшего варианта с некоторым запасом.

Пятое условие необходимо реализовывать аппаратно и программно на каждом беспилотнике с помощью специальных функций его полетного контроллера.

Кроме того, предпочтительным является ведение базы данных системой управления, в которую будет попадать фактическая информация о времени полета и подзарядки каждого беспилотника, емкости аккумуляторов и других полетных параметров в зависимости от температуры окружающей среды и силы ветра. Такая статистика поможет в дальнейшем усовершенствовать алгоритмы работы системы управления.

### Список литературы

1. Ахмеров Ш.Р. Автоматическая система подзарядки электрических беспилотных летательных аппаратов вертолетного типа // Электротехнические и информационные комплексы и системы. - 2013. - Т. 9. - № 1. - С. 5-9
2. Фетисов В.С., Ахмеров Ш.Р., Мухаметзянова А.И. Зарядный терминал для беспилотных летательных аппаратов на основе матрицы контактных площадок // Альманах современной науки и образования. - Тамбов: Грамота, 2012. - № 11 (66). - С. 206-208.
3. Фетисов В.С. Тагиров М.И. Мухаметзянова А.И. Подзарядка электрических беспилотных летательных аппаратов: обзор существующих разработок и перспективных решений // Авиакосмическое приборостроение. - 2013. - № 11. - С. 7-26. Доступно на сайте: [http://vositef.url.ph/index.files/PUBL/Fetisov\\_et\\_al\\_ASI-2013-11.pdf](http://vositef.url.ph/index.files/PUBL/Fetisov_et_al_ASI-2013-11.pdf)
4. Фетисов В.С., Ахмеров Ш.Р., Мухаметзянова А.И. Система подзарядки бортового аккумулятора воздушного робота / Патент РФ на полезную модель № 135469. – Заявл. 02.07.2013. – Оpubл. 10.12.2013, Бюл. № 34.
5. Fetisov V., Dmitriyev O., Neugodnikova L., Bersenyov S., Sakayev I. Continuous monitoring of terrestrial objects by means of duty group of multicopters // Proceedings of XX IMEKO World Congress "Metrology for Green Growth", 9-14 Sept. 2012, Busan, Republic of Korea. P.86. Доступно на сайте: [http://vositef.url.ph/index.files/PUBL/Fetisov\\_Dmitriyev\\_multicopters\\_final.pdf](http://vositef.url.ph/index.files/PUBL/Fetisov_Dmitriyev_multicopters_final.pdf)
6. Устройство умного аккумулятора [электронный ресурс]. Доступно на сайте: <http://www.powerinfo.ru/intellectbattery.php>

## РЕКУРРЕНТНЫЙ АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ДАННЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТАТИСТИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА С ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПАЦИЕНТА

**Ивахно Н.В.**

ФГБОУ ВО ТулГУ, РФ, г.Тула

Рассмотрен алгоритм, обеспечивающий динамическое регулирование объема данных при проведении оценивания статистических параметров сигнала для выделения начала инспираторной и экспираторной активности в аппаратуре тренажерного воздействия.

Тренажеры дыхательной мускулатуры делятся на три типа: дроссельный, с водяным затвором и с кратковременным пиковым сопротивлением в начале вдоха и выдоха (релейный) [1, 2]. Анализ показывает, что существующие модели не учитывают изменение состояния человека, а также процессы взаимодействия, происходящие в биотехнической системе «тренажер - пациент». Большинство медицинских показаний требует высокой точности настройки исходных параметров и синхронизации работы аппаратуры и пациента. Несоответствие этим требованиям значительно ограничивает область применения ДТ.

Одним из блоков, обеспечивающих настройку входных параметров системы и влияющих на точность синхронизации, является обнаружитель начала инспираторной и экспираторной активности [2], работающий при реализации режимов релейного, дроссельного и сочетанного воздействий.

Распознавание начала и окончания дыхательной активности обычно осуществляется по заданной величине давления  $P_s$  (пороговый принцип обнаружения). При фиксированном давлении ( $P_s$ ) из-за шумов (см. рисунок) наблюдается запаздывание ( $\Delta 1 = t_2 - t_1$ ,  $\Delta 2 = t_4 - t_3$ ) в определении начала вдоха ( $t_1$ ) и выдоха ( $t_4$ ), а при слабом дыхании принятие решения приходится уже почти на середину дыхательного цикла, что приводит к значительной десинхронизации работы тренажера и дыхания пациента.

Поэтому, для выработки критерия принятия решения (установление порогового значения давления) получен алгоритм работы [2], основанный на современной теории статистических решений и учитывающий закон распределения и измеренные в процессе автоматической настройки системы параметры полезного сигнала и шума [2].

При обеспечении адаптации тренажера дыхательной мускулатуры [1] к дыханию пациента производится статистическое оценивание контролируемых параметров в реальном времени (в одном темпе с поступлением данных). В соответствии с полученными данными принимается решение о начале инспираторной активности и формируется управляющее воздействие.

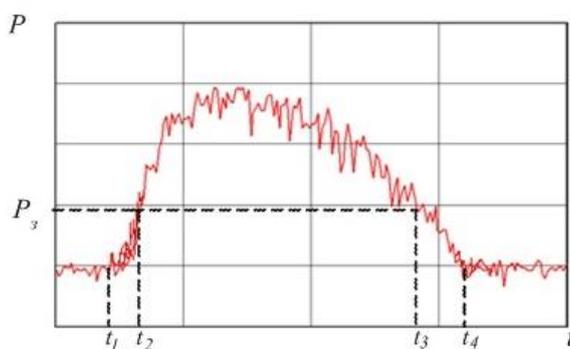


Рис.1. Сигналы с датчика давления при дыхании через тренажеры, работающие в дроссельном режиме (фаза вдоха).

Существенное влияние на точность текущих оценок состояния дыхательной системы оказывает объем данных, используемых для вычисления, увеличение которых при поступлении очередного наблюдения обеспечивает сходимость состоятельных оценок с ростом числа наблюдений при условии неизменности модельных предположений на неограниченном интервале времени. Невыполнение этого условия для систем мониторинга и контроля проведения воздействия на тренажерах дыхательной мускулатуры может привести к существенному искажению (расходимости) оценок. Типичными нарушениями модельных предположений являются скачкообразные изменения (скачки) давления в контуре измерения. Отслеживание скачков обеспечивают методы оценивания [2], в которых старые наблюдения постепенно исключаются из рассмотрения (забываются), как, например, при оценивании по скользящей выборке.

С увеличением объема данных (увеличением объема скользящей выборки или уменьшением постоянных экспоненциального сглаживания), с одной стороны, уменьшаются статистические погрешности оценок, имеющие место при отсутствии изменений параметров, но, с другой стороны, замедляется отслеживание скачков параметров и, соответственно, возрастают ошибки смещения в процессе этого отслеживания

Точность оценивания при отслеживании скачков давления в дыхательном контуре можно существенно повысить за счет регулирования объема данных. Общий принцип такого регулирования заключается в увеличении объема данных при неизменных значениях оцениваемых параметров и уменьшении объема данных при изменении этих параметров. Обычно для обнаружения скачков параметров, оцениваемых методом наименьших квадратов по скользящей выборке, используется  $\chi^2$  – критерий. В методах экспоненциального сглаживания с адаптивным выбором постоянных применяется следящий сигнал, характеризующий ошибки смещения.

Наиболее эффективное обнаружение скачков параметров может быть реализовано на основе методов обнаружения изменения свойств (разладки) случайных процессов. Пусть по наблюдениям случайной последовательности  $x(t)$  (давление в дыхательном контуре), где  $t$  – текущий момент времени ( $t = 1, 2, \dots$ ), оценивается вектор  $\theta$  параметров  $\theta_j$ ; ( $j = 1, \dots, n$ ). Текущие оценки  $\theta^*(t)$  параметров определяются по данным

объема  $N(t)$ . В случае оценивания по скользящей выборке величина  $N(t)$  представляет собой объем этой выборки. При экспоненциальном сглаживании величина  $N(t)$  может быть определена как некоторый эквивалентный объем данных, обратно пропорциональный постоянным экспоненциального сглаживания.

Регулирование объема данных согласно предлагаемому алгоритму осуществляется на основе:

- 1) обнаружения скачков оцениваемых параметров в одном темпе с поступлением данных;
- 2) оценивания момента времени, когда обнаруженный скачок произошел.

Эти две задачи соответствуют методам последовательного и апостериорного обнаружения разладки.

Методы последовательного обнаружения скачков при известных значениях параметров  $\theta = \theta_0$  до скачка сводятся к вычислению некоторой статистики  $m(t, \theta_0)$  в каждый текущий момент времени  $t$  и подаче сообщения о скачке при превышении величиной  $m(t, \theta_0)$  порогового значения  $h$ . Методы апостериорного обнаружения позволяют оценить момент времени  $t_0$ , в который произошел скачок:  $\theta = \theta_0$ , при  $t < t_0$ ,  $\theta \neq \theta_0$  при  $t > t_0$ . Если значения  $\theta_0$  неизвестны, то они заменяются на их текущие оценки  $\theta^*(t)$ .

Рекуррентный алгоритм регулирования объема данных  $N(t)$  можно сформулировать следующим образом:

$$N(t) = \begin{cases} \min(N(t-1)+1, N_{max}), & \text{если } m(t, \theta^*(t-1)) < h \\ \min(N(t-t_0^*)+1, N_{min}), & \text{если } m(t, \theta^*(t-1)) \geq h \end{cases}$$

где  $N_{max}$ ,  $N_{min}$  – максимальный и минимальный объем данных;  $t_0^*$  – оценка момента  $t_0$  последнего

обнаруженного скачка. При начале текущего оценивания в момент времени  $t_n$  устанавливается объем данных

$N(t_n) = t_n$ . В установившемся режиме при отсутствии скачков объем данных  $N(t)$  является постоянным и равным  $N_{max}$ , что позволяет отслеживать незначимые изменения параметров без уменьшения объема данных. Таким образом, возможность отслеживания скачков параметров основана как на регулировании объема данных, так и на использовании постоянного объема данных  $N_{max}$ . Величина  $N_{min}$  позволяет ограничить возрастание статистических погрешностей при уменьшении  $N(t)$ .

Характеристиками методов последовательного обнаружения разладки служат среднее время  $T_1$  запаздывания при обнаружении разладки и среднее время  $T_2$  между ложными тревогами (сообщениями о разладке). Параметры последовательного обнаружения, в том числе пороговую величину  $h$ , целесообразно выбирать из условия минимального значения  $T_1$  при заданном значении  $T_2$ . При этом  $T_1$  и  $h$  удобно рассматривать как функции от  $T_2$ .

Точность оценок  $\theta^*(t)$  может быть охарактеризована их среднеквадратическими ошибками. Выбор параметров  $N_{max}$ ,  $N_{min}$ , алгоритма и величины  $T_2$ , определяющей параметры метода последовательного обнаружения, следует рассматривать как задачу минимизации суммарной ошибки оценивания за время переходного процесса (от момента скачка до достижения установившегося режима) при условии, что средняя ошибка, имеющая место в отсутствии скачков, будет не более заданной.

Рассмотренный алгоритм определения объема данных может применяться в биотехнических системах, работающих в режиме реального времени. При этом возрастает точность оценок параметров входного сигнала, что обеспечивает более эффективную работу системы принятия решений. Данный алгоритм нашел применение в биотехническом комплексе тренажерного воздействия на дыхательную систему человека при выделении начала вдоха с учетом параметров распределения шума каждого пациента.

#### Список литературы

1. Ивахно Н.В. Обобщенная структура комплексов интеллектуального тренажерного воздействия на дыхательную систему // Известия Тульского государственного университета. Серия. Технические науки. 2014. №11 (81). С. 110–114.

2. Ивахно Н.В., Федоров С.С. Принцип построения математической модели процесса обработки сигналов при распознавании дыхательной активности в системах интеллектуального тренажерного воздействия. //Биотехносфера. 2014. №5 (35). С.19-22.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КОНТРАСТА В ИЗОБРАЖЕНИИ ДВУХ ИК-СВЕТОДИОДОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЪЕМА ДЫМА

Пинус А.А.

АлтГТУ им. И.И. Ползунова, РФ, г.Барнаул

Экологический мониторинг окружающей среды является первостепенным направлением современной экологии. На сегодняшний день множество ученых направили свои силы с эту сферу. Методики, способные оценить влияние города на аэрозольное замутнение [3], определить ход аэрозольной оптической толщи атмосферы [2] или оценить изменение воздушной среды в течение нескольких лет [1] – это всего лишь малая часть огромного списка работа, обнаруженных в специализированных печатных изданиях. Однако все эти системы носят глобальный характер. Данные методы и средства не позволяют осуществить оценку загрязнения окружающей среды в локальной области, например, уличного перекрестка.

Цель работы заключается в создании экспериментальной установки для исследования изменения контраста в изображении двух ИК-светодиодов в зависимости от объема дыма.

Разработанная экспериментальная установка представлена в виде структурной схемы на рисунке 1 и включает в себя следующие элементы: 1 – видеокамера «Видеоскан 205-2001»; 2,3 – вентиляторы; 4 – активный источник излучения, состоящий из двух светодиодов с длиной волны  $\lambda = 940$  нм (4а, 4в) и призмы AP-90 с зеркальными поверхностями (4б); 5 – генератор дыма, включающий в себя стеклянную банку (5а), насос (5б) и источник дыма (крупнодисперсный дым – сигара, мелкодисперсный – папироса); 6 – вентилятор; 7 – стеклянную камеру; 8 – персональный компьютер. Стеклянная банка плотно закрывается полиэтиленовой крышкой, в которой расположены отверстия для шланга насоса и источника дыма. Насос обеспечивает дозированный объем дыма. Вентиляторы (2,3,6) равномерно распределяют дым по стеклянной камере.

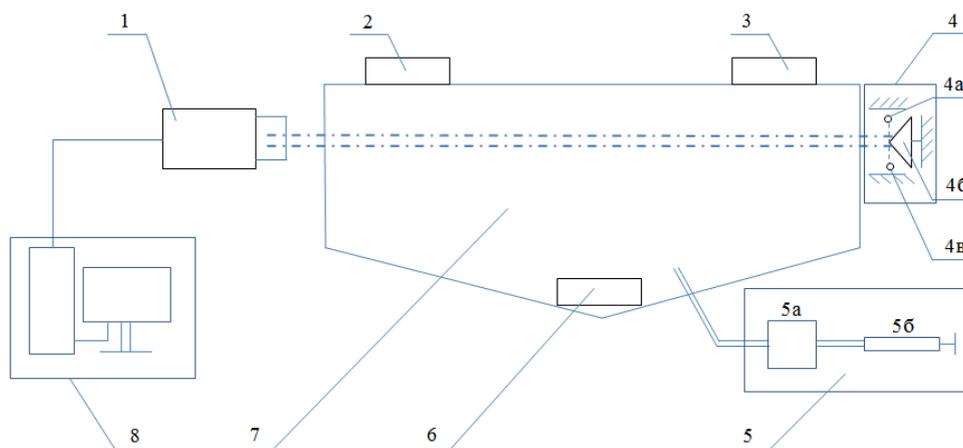


Рис.1. Структурная схема экспериментальной установки

С помощью юстировочных элементов, встроенных в активный источник освещения, осуществляется процедура частичного перекрытия светодиодами друг друга. Разработанный генератор дыма позволяет одновременно закачать объем  $V = 30,41 \pm 1,52$  см<sup>3</sup>. Общий объем стеклянной камеры составляет  $49,59 \cdot 10^3$  см<sup>3</sup>. Изображения светодиодов фиксировали через каждые 5 процедур закачивания дыма, то есть через каждые  $152 \pm 7,5$  см<sup>3</sup>. Поскольку камера не является идеально герметичной, то при закачивании объема  $V = 152$  см<sup>3</sup> такое же количество воздуха выходит из камеры через резиновые прокладки, что составляет приблизительно 0,25% от объема всей камеры. Поэтому в общей погрешности учитывали и эту постоянную составляющую. Увеличение объема дыма внутри камеры приводило к уменьшению контраста в изображении светодиодов. Изображения светодиодов при различном объеме дыма представлены на Рисунке 2.

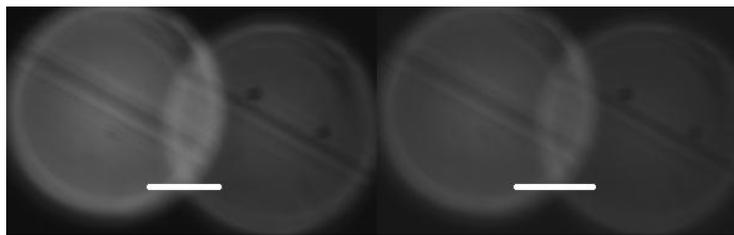


Рис.2. Изображения светодиодов при различном объеме дыма: а –  $V = 454 \text{ см}^3$ ; б –  $V = 1056 \text{ см}^3$

Для расчета контраста были выбраны сечения, показанные на Рисунке 2 двумя светлыми линиями. Изменения оптического сигнала по светлым линиям представлены на Рисунке 3.

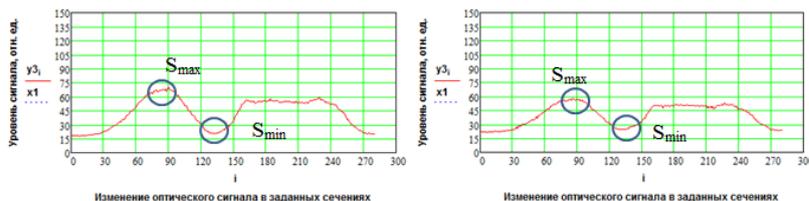


Рис.3. Изменения оптического сигнала в заданных сечениях:  
а –  $V = 454 \text{ см}^3$ ; б –  $V = 1056 \text{ см}^3$ ;

Расчет контраста осуществляли с помощью параметров максимума оптического сигнала  $S_{\max}$  и минимума оптического сигнала  $S_{\min}$  по следующей формуле:

$$K = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{S_{\max} + S_{\min}}. \quad (1)$$

На Рисунке 4 представлены результаты расчета контраста в зависимости от объема дыма.

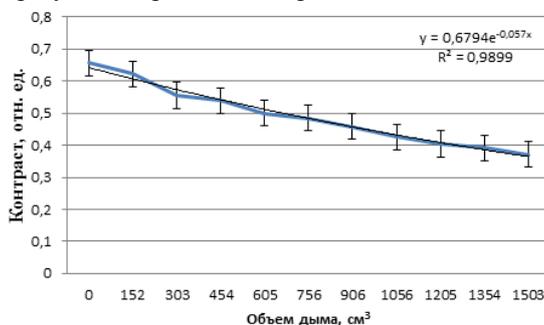


Рис.4. Изменение контраста в изображении светодиодов в зависимости от объема дыма

#### Заключение.

Полученный результат хорошо согласуется с известными результатами изменения контраста в случае использования пассивного источника света в виде двух светлых полос в видимой области спектра [5] и изменения контраста между объектом и фоном вдоль оптического пути [4,6]. Полученный график позволяет предположить, что результаты, полученные с помощью разработанной экспериментальной установки, могут являться эталонными и применяться на некотором этапе экологического мониторинга атмосферного воздуха.

При мониторинге атмосферного воздуха решается обратная задача – задача определения объема дыма (аэрозольной плотности атмосферного воздуха [5]) по измеренному контрасту. Однако решение обратной задачи требует улучшения функциональности как лабораторного стенда, так и методики определения контраста, так как необходимо учитывать влияние солнечного света на результаты эксперимента, влияние воздушных масс на изменение объема дыма в локальной области, а также разделять дисперсность дыма.

### Список литературы

1. Адмаев, О.В., Гавриленко, Т.В. Использование марковских процессор для оценки экологической безопасности воздушного пространства города // Оптика атмосферы и океана. – 2010. – №12. – с. 1087-1090.
2. Кабанов, Д.М., Береснев, С.А., Горда, С.Ю., Корниенко, Г.И., Николашкин, С.В., Сакерин, С.М., Тащилин, М.А. Дневной ход аэрозольной оптической толщи атмосферы в нескольких регионах азиатской части России // Оптика атмосферы и океана. – 2013. – №4. – с. 291-296.
3. Поддубный, В.А., Лужецкая А.П., Маркелов, Ю.И., Кабанов, Д.М. Оценка влияния города на аэрозольное замутнение атмосферы по данным двухточечных измерений «фон-промышленный город» // Оптика атмосферы и океана. – 2012. – №4. – с. 319-326.
4. Полупроводниковые формирователи сигналов изображения. Перевод с англ. // Под ред. П. Йесперса, Ф. Ван де Виле, М. Уайта. – М.: Мир. 1979. – С. 539-541.
5. Пронин, С.П., Кононова, Е. С., Кальной, Д. Г. Методическое и техническое обеспечение локальной системы экологического мониторинга атмосферы // Ползуновский вестник. – 2010. – №2. – с. 189-193.
6. Johnson J., Image Intensifier Symposium, Fort Belvoir, Va., Oct. 6 – 7, 1958, AD22016D.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОРОТКИХ АНТЕНН ОСЕВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

**Парпула С.А., Заярный В.П., Гирич В.С., Киселёв Д.С.**

ВолгГТУ, РФ, г.Волгоград

С учетом существующей тенденции к миниатюризации радиотехнических систем (РТС), разработка новых антенн с минимизацией их размеров и исследование их характеристик представляется важным и актуальным.

В данной работе экспериментально исследовалось влияние длины плоской щелевой антенны осевого излучения микроволнового диапазона с линейно расширяющимся раскрывом на ее выходную мощность, когда длина антенны была соизмерима с длиной волны излучения. Для этого же случая экспериментально измерены и проанализированы диаграммы направленности исследовавшихся антенн при углах раскрыва  $60^\circ$ ,  $80^\circ$  и  $100^\circ$ . Для проведения эксперимента был изготовлен ряд экспериментальных образцов плоских симметричных щелевых антенн с линейным раскрывом (аналогичных описанным в [1]), с различными длиной и углами раскрыва. Уменьшение длины антенны  $L$  производилось от трех длин волн ( $L = 3\lambda$ ), когда еще имеется возможность формирования бегущей волны, до одной длины волны ( $L = 1\lambda$  и меньше), когда излучение происходит, в основном, за счет дифракционных эффектов. При уменьшении длины исследуемой антенны измерялось изменение уровня сигнала на ее выходе (исследуемая антенна работала в приемном режиме). Эксперименты проводились на частоте излучения  $f = 10 \text{ ГГц}$  ( $\lambda = 3 \text{ см}$ ).

График зависимости мощности на выходе исследуемой антенны от ее длины представлен на Рисунке 1. Видно, что с уменьшением длины антенны, мощность сигнала на ее выходе уменьшается практически линейно до значения  $L = 2,5 \text{ см}$  ( $\lambda = 3 \text{ см}$ ). Затем происходит ее резкое уменьшение и при достижении  $L = 1,5 \text{ см}$ , сигнал на выходе антенны соизмерим с шумами.

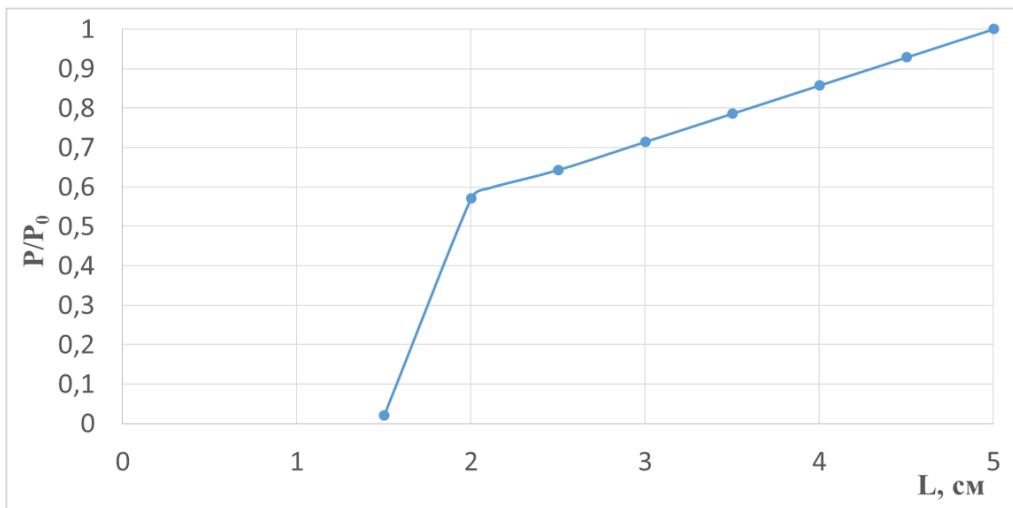
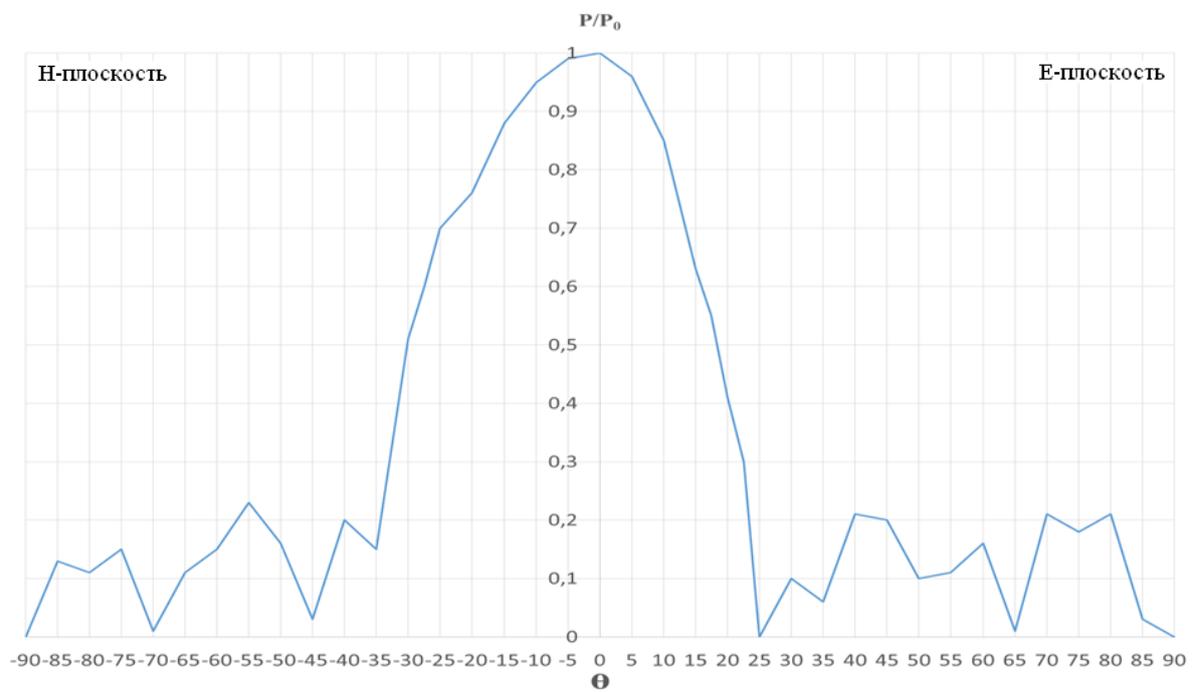


Рис.1. Зависимость мощности на выходе исследуемой антенны от ее длины

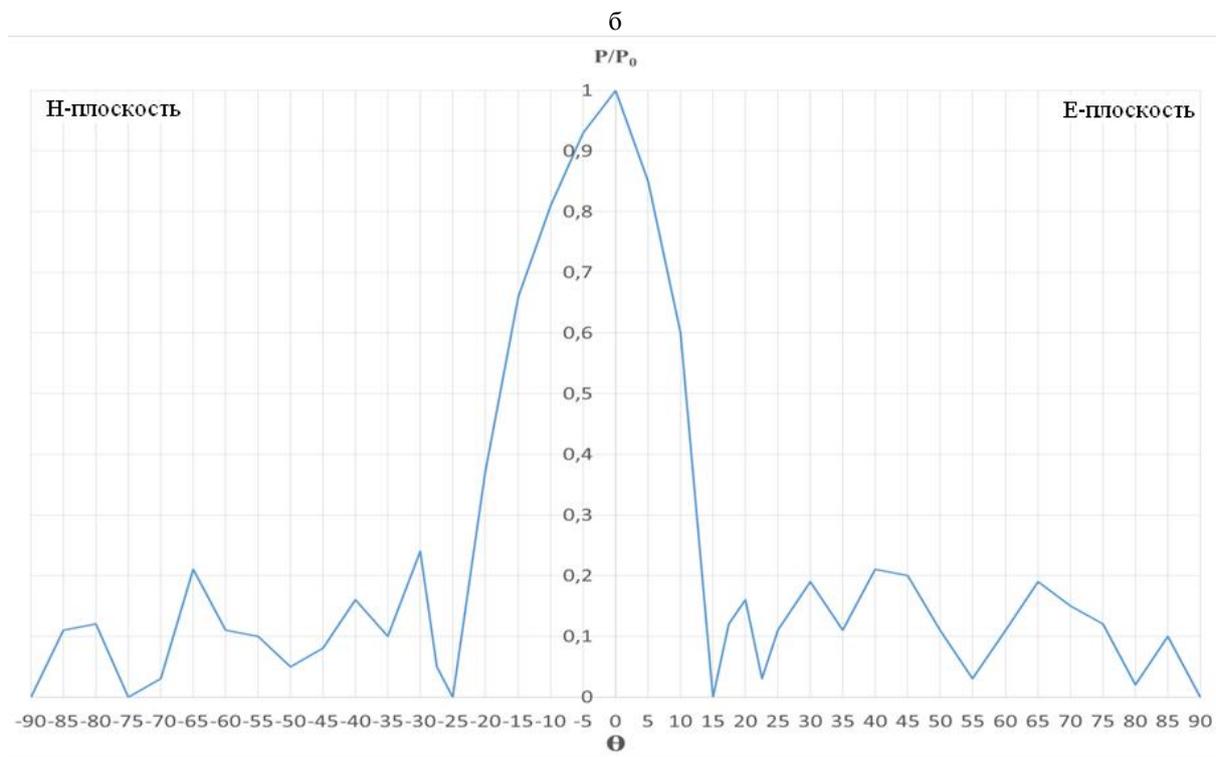
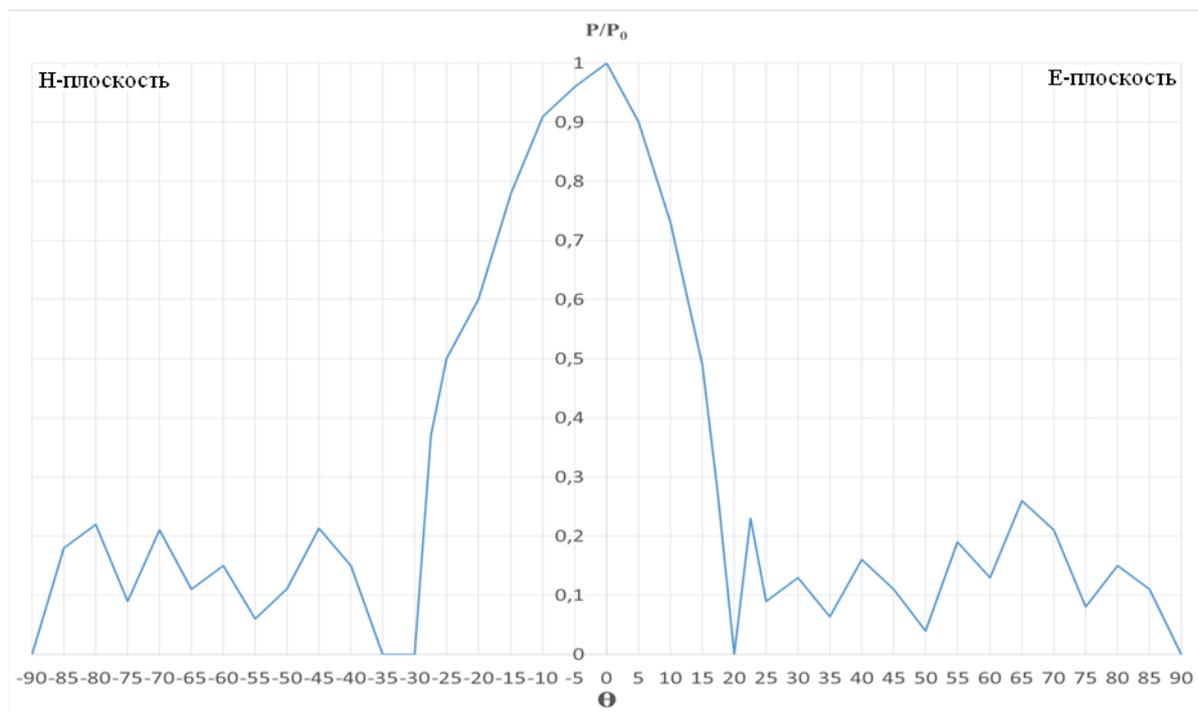
Измерения в данном случае и в последующих экспериментах проводились на установке, описанной в [2,3].

На Рисунке 2 а-в приведены экспериментально измеренные диаграммы направленности для указанных антенн при углах раскрытия соответственно  $60^\circ$ ,  $80^\circ$  и  $100^\circ$ . На приведенных рисунках левые половины ДН приведены для плоскости  $H$ , а правые – для плоскости  $E$ . Видно, что во всех случаях ширина ДН в плоскости  $H$  несколько шире, чем в плоскости  $E$ , что совпадает с результатами исследования подобных антенн длиной  $L \geq 3\lambda$  [1]. Из приведенных графиков также видно, что с увеличением угла раскрытия антенн, главный лепесток ДН в обеих плоскостях сужается, что также совпадает с результатами исследования антенн длиной  $L \geq 3\lambda$ .

Из сравнения приведенных данных для коротких антенн с аналогичными данными для антенн длиной  $L \geq 3\lambda$  [1] следует, что для коротких антенн ДН деформирована в большей степени (в ее поперечном сечении эллипс в большей степени вытянут относительно плоскости  $H$ ).



а



в

Рис.2. Экспериментально измеренная диаграмма направленности для антенны с углом раскрытия: а - 60°, б - 80°, в - 100°.

#### Список литературы

1. Парпула, С.А. Исследование плоских симметричных антенн с линейно расширяющимся раскрытием для антенных решеток [Текст] / С.А. Парпула, В.П. Заярный, В.С. Гирич, В.Е. Аввакумов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2013. – Т. 16. № 3. 2013. С. 44-49.
2. Фролов, А.А. Изучение электродинамических характеристик антенн и антенных систем СВЧ — диапазона [Текст] / А.А. Фролов, С.В. Гирич, В.П. Заярный // Известия вузов «Радиофизика». – 2009. – Т. 52. – №4. – С. 328 — 335.

3. Заярный В.П. Радиофизические свойства твердотельных слоистых структур с зарядовой связью: методы и информационные возможности для их определения. – М.: Радио и связь, 2001. – 212 с.

## **СЕКЦИЯ №15. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)**

### **КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ TRI-GATE ТРАНЗИСТОРОВ**

**Аюпов Э.И., Гайнуллина Н.Р.**

Научный руководитель: Н.Р. Гайнуллина, к.т.н, доцент

Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет имени А.Н. Туполева, РФ, г.Казань

Высокая эффективность новых транзисторов при низком напряжении питания позволяет создавать новые микро-архитектуры и на базе 22-нм процессоров Intel Atom. В новых проектах максимально используются преимущества транзисторной технологии 3D Tri-Gate, обеспечивающей очень малое потребление. Системы на кристаллах Intel следующего поколения, построенные на 22-нм транзисторах, будут потреблять менее 1 мВт в нерабочем режиме.

Опираясь на последние научные работы исследователей из компании GoldStandardSimulations и UBM TechInsights исследования которых проведены с помощью методов растровой и просвечивающей электронной микроскопии, анализа распределенного сопротивления и рентгеномископии, можем умозрительно провести анализ их данных.

Если произвели демонтаж новейших кристаллов Intel (как это сделали специалисты из GoldStandardSimulations) с кодовыми именами IvyBridge, к примеру серверного ЦП IntelXeon E3-1230V2. На его корпусе указано, что кристалл 3.3 GHz Xeon E3-1230V2 корпусирован в Малайзии. Площадь чипа составляет 170 кв. мм, тогда как площадь его предшественника – процессора SandyBridge i7 2600K – достигала 208 кв. мм.

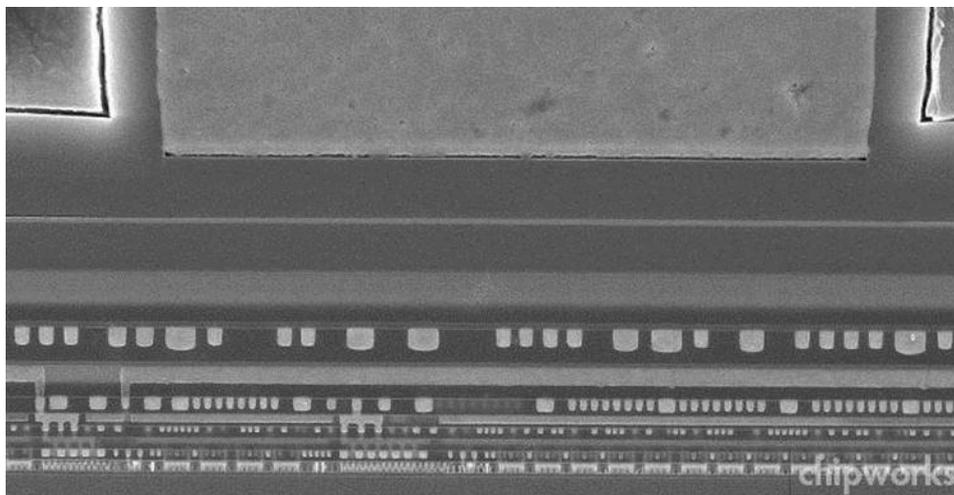


Рис.1. Поперечное сечение структуры процессора IntelXeon E3-1230V2.

Поперечное сечение структуры процессора видна на Рисунке 1, где в нем по-прежнему используются девять металлических слоев, как и в предыдущих двух поколениях этих процессоров. Предварительный осмотр показал, что шаг затворов во внутреннем массиве SRAM-памяти процессора составляет 90 нм. Длина затворов в логических элементах равна 22 нм.

На микрофотографии при большем разрешении (см. Рисунок 2) виден нижний металлический слой и два многозатворных транзистора NMOS и PMOS. Это сечение расположено параллельно затвору и перпендикулярно его каналам. На фото виден алмазоподобный эпитаксиальный слой SiGe, образованный на затворах PMOS-транзистора.

В настоящее время большинство полупроводниковых компаний только осваивает 28-нм технологию. Altera и Xilinx уже поставляют 28-нм ПЛИС, а AMD и Qualcomm намереваются выпустить 28-нм процессоры. Уникальная 22-нм технология Intel с использованием 3D-транзисторов известна также под названием FinFET (полевой транзистор с затвором «плавником»).

На этом рисунке стрелками помечен затвор и контактные полоски. Видно, что на вертикальные каналы в форме плавника (fin) транзистора PMOS S/D нанесен эпитаксиальный слой. Скошенная форма этих каналов отличается от их схематического вида, представленного Intel в предыдущих сериях ЦП.

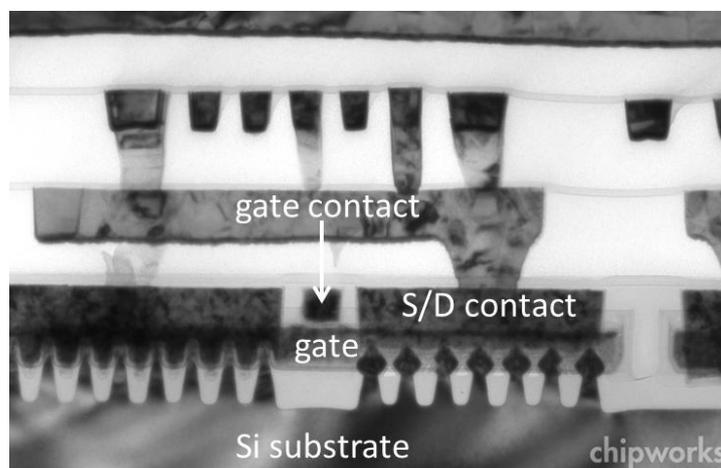


Рис.2. Поперечная микрофотография при большем разрешении нижних металлических слоев и транзисторов NMOS (слева) и PMOS (справа).

Gatecontact – контакт затвора, S/D contact – контакт истока/стока, Gate – затвор, Sisubstrate – кремниевая подложка.

Следует пояснить, что именно видно на этих микрофотографиях, полученных с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ТЕМ). Как правило, данный метод позволяет изучать образцы толщиной 80–100 нм. Они достаточно прозрачны для построения изображения с помощью электронного пучка. Кроме того, при этой толщине сохраняется физическая жесткость, не позволяющая образцам изгибаться или распадаться.

На данных микрофотографиях запечатлена структура кристалла с длиной затвора менее 30нм. При использовании среза образца, параллельного затвору и выровненного относительно его центра, получается изображение затвора, части кремниевой структуры истока/стока (source/drain, S/D) и контактов с каждой стороны кристалла.

На другом Рисунке 3 представлено поперечное сечение транзистора NMOS. Позади затвора виден «призрак» контакта. В отличие от PMOS-транзистора, рабочий материал находится непосредственно над слоем диэлектрика.

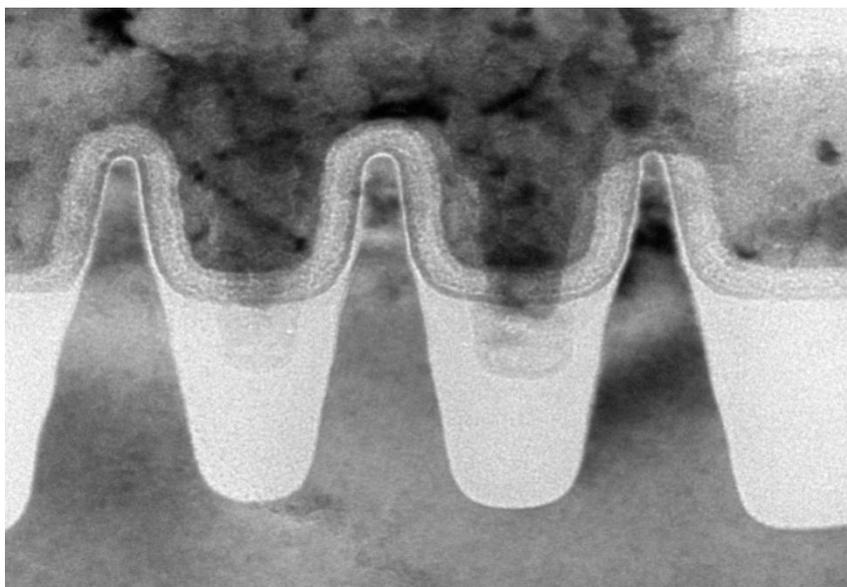


Рис.3. Микрофотография затвора и структуры канала NMOS-транзистора.

На следующем Рисунке 4 показана решетчатая структура канала NMOS-транзистора, изображение которой было получено с помощью просвечивающего электронного микроскопа FEI Technai. На фото видна точечная структура, образованная рядами атомов кремния. Это изображение свидетельствует о том, что исследуемый образец был сориентирован в направлении  $\langle 110 \rangle$ , т.е. канал затвора был также сориентирован в этом направлении.

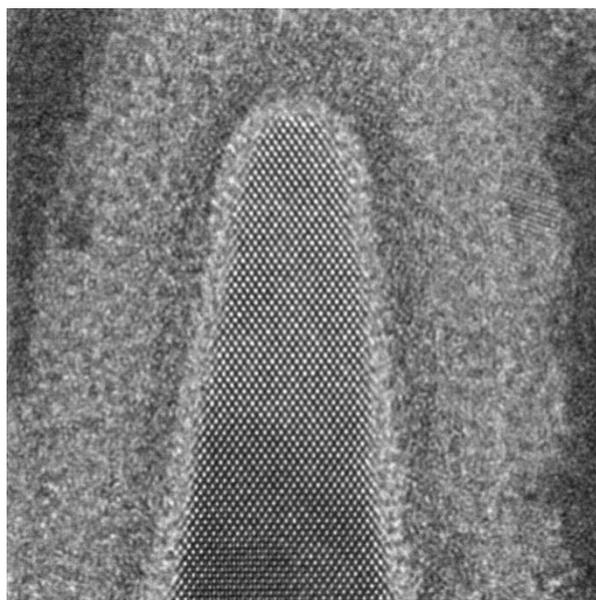


Рис.4. Решетчатая атомарная структура канала NMOS-транзистора.

Чтобы лучше понять структуру исследуемого кристалла, необходимо увидеть, как она выглядит в ортогональном направлении вдоль канала, а также получить поперечное сечение затвора. На рисунке ниже виден массив PMOS-транзисторов над одним каналом, четыре рабочих и два нерабочих затвора по краям канала. Поскольку рассматриваемый образец имеет достаточно большую толщину по сравнению с размерами элементов, затвор виден по краям канала. Вершущки каналов сходятся на конус, как это видно на рисунке 2.5.6.

Как следует из заявления Intel, в основании истоков/стоков находится полость SiGe закругленной формы, не протравленная в плоскостях  $\langle 111 \rangle$ , как в 32- и 45-нм изделиях. Эта структура выглядит так, как если бы вершущки затворов были протравлены и заполнены диэлектриком, а контакты само совместились, как в кристаллах памяти.

Проанализировав структуру Tri-Gate транзисторов в процессорном исполнении мы можем сделать предположение, что треугольная форма транзисторов это технологическое решение которое обеспечивает больший выход годных интегральных изделий при их массовом изготовлении. При этом облегчается вертикальное протравливание транзисторной структуры и достигается более надежное осаждение диэлектрической пленки.

#### Список литературы

1. Mark Bohr, Kaizad Mistry, Intel's Revolutionary 22 nm Transistor Technology // May, 2011
2. R. Sedgewick. Algorithms. New Jersey: Addison-Wesley, 1988. 560с.
3. W.C. Dunn. Introduction to instrumentation, sensors, and process control. London: Artech House Publishers, 2005. 354с.

### МЕТОД СИНТЕЗА ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГРЕБНЫМИ ДИЗЕЛЬ-ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ

**Румянцев А.Ю., Белоусова Н.В., Самосейко В.Ф., Саушев А.В.**

ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, РФ, г.Санкт-Петербург

Развитие судов специального назначения, для которых большую долю в эксплуатационном профиле занимают режимы маневрирования, частого изменения скорости и направления вращения гребных винтов привело к широкому распространению гребных электрических установок (ГЭУ) [1].

В свою очередь, растущая энерговооруженность судов, увеличение мощности электроустановок и жесткие ограничения по массе и габаритам судна определяют применение единых судовых электроэнергетических систем (ЕСЭЭС). При такой структуре первичные преобразователи (газовая турбина или дизель) снабжаются электрическими генераторами, которые переводятся в режим работы с постоянной частотой. Энергоэффективность работы первичных преобразователей в такой системе достаточно мала, частично она решается за счет применения нескольких источников электроэнергии и их ступенчатого подключения при увеличении мощности. Помимо этого, ЕСЭЭС включают в себя множество различных преобразователей и других элементов электродвижения, которые вносят дополнительные потери энергии. Поэтому в последние годы разработчики ГЭУ особое внимание уделяют вариантам построения таких структур судовых энергосистем, которые бы позволили сделать систему более компактной, энергетически эффективной, с оптимальными режимами работы её элементов.

Таким образом, перед проектировщиками стоит задача повышения энергосбережения и снижения потерь при передаче энергии от двигателя к движителю на каждом этапе этого процесса, включая выработку электроэнергии, транспортировку, преобразование и согласование скорости вращения электродвигателя. Наиболее эффективным способом, не требующим каких либо дополнительных затрат, является достижение оптимального управления процессом передачи энергии во всех элементах системы и в системе в целом.

Для решения задачи оптимального управления строится математическая модель управляемого объекта или процесса, описывающая его поведение с течением времени под влиянием управляющих воздействий и собственного текущего состояния. Математическая модель предполагает определение дифференциальных (или разностных) уравнений, описывающих возможные способы движения объекта управления в зависимости от состояния и управления  $pX=f(U(t),X(t))$ , и определение ограничений на используемые ресурсы в виде уравнений или неравенств  $x(t_0) = x_0, x(t_1) = x_1$ , где  $pX$  - производная по времени вектора переменных состояния;  $X(t)$  — вектор переменных состояния;  $U(t)$  — управление,  $t_0, t_1$  — начальный и конечный моменты времени.

Под оптимальным управлением будем понимать задачу проектирования системы, обеспечивающей для заданного объекта управления или процесса такой закон управления или управляющую последовательность воздействий, который обеспечивает максимум или минимум ее функционала качества [1]

$$J = \int_{t_0}^{t_1} F(X(\tau), pX(\tau), \tau) \cdot d\tau.$$

Задача оптимального управления заключается в нахождении функций состояния  $X(t)$  и управления  $U(t)$  для момента времени  $t_0 < t < t_1$ , которые минимизируют функционал.

Наиболее широко при проектировании систем управления применяются следующие методы: вариационное исчисление, принцип максимума Понтрягина и динамическое программирование Беллмана [2].

Решение задачи оптимального управления в такой постановке для ГЭУ является проблематичным по следующим соображениям:

- отсутствует аналитическое решение задачи для нелинейных систем;
- решение задачи даже для линейных систем может быть получено только численными методами и только для квадратичного критерия качества;
- непрозрачность критерия качества;
- сложность решения линейной задачи при квадратичном критерии качества, требующая применения численных методов.

Эти методы не нашли широкого применения на практике [3, 4].

В докладе предлагается другая постановка задачи оптимального управления ГЭУ по критерию потерь энергии, отличающаяся тем, что для формирования вектора управляющих воздействий  $X_{1\text{опт}}^0$  решение критерия  $\Delta P$  по минимизации потерь ведется для статических переменных, а динамические процессы обеспечиваются формированием контуров обратных связей и вводом корректирующих звеньев, обеспечивающих нулевую статическую ошибку и желаемые переходные процессы. При этом формируется оптимальный регулятор  $W_{\text{опт}}$ , выдающий оптимальные управляющие воздействия  $X_{1\text{опт}}^0$  в зависимости от переменных состояния системы и задающего значения целевой функции  $Mz$  (Рисунке 1);

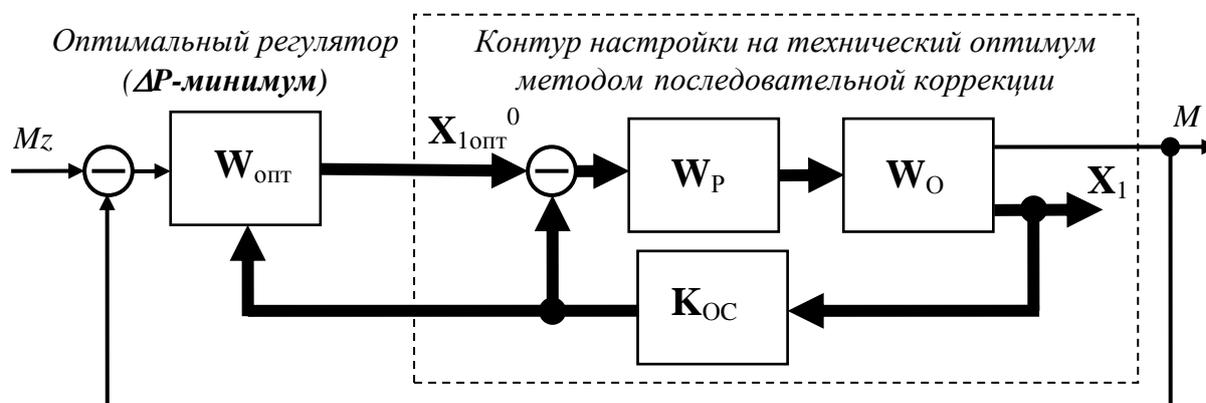


Рис.1. Система оптимального управления динамической системой

На Рисунке 1 введены следующие обозначения:

- $W_o$  – передаточная функция объекта управления;
- $W_p$  – передаточная функция регулятора;
- $W_{\text{опт}}$  – передаточная функция оптимального регулятора;
- $K_{\text{оc}}$  – вектор пропорциональной обратной связи
- $Mz$  – заданное значение целевой функции  $M$ .

Таким образом, предлагаемый подход к оптимальному управлению ГЭУ позволяет найти и сформировать управляющие воздействия  $X_{1\text{опт}}^0$ , которые минимизируют функцию оптимального управления  $\Delta P$ , поддерживают заданное значение целевой функции  $Mz$ , которым может быть момент или скорость вращения на валу двигателя. Переход от одного оптимального состояния системы к другому оптимальному состоянию происходит по желаемым динамическим процессам, которые протекают с заданным перерегулированием и максимальным быстродействием. Способ применим также для формирования оптимального управления в кусочно-линейных динамических системах.

Рассмотренный подход может быть применен при построении систем управления, минимизирующих потери энергии при её передаче от теплового двигателя к исполнительному механизму в системах электродвижения на транспорте, а также в гребных электрических установках. Исследования показывают, что экономия энергии составляет порядка 5-13%.

#### Список литературы

1. Айзенштадт Е.Б., Гилерович Ю.М., Горбунов Б.А., Сержантов В.В. Гребные электрические установки: Справочник/ - 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение 1985.
2. Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В. Оптимальное управление. М.: Наука. 1979.

3. Баранов А.П., Раимов М. М. Моделирование судового электрооборудования и средств автоматизации: Учебник для вузов. – СПб.: Элмор, 1997.
4. Болтянский В.Г. Математические методы оптимального управления, М.: Наука. 1968.

## УЛУЧШЕНИЕ МАССОГАБАРИТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИЛОВОГО ФИЛЬТРА ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА БАЗЕ ШИП-ДПТ ПРИ РАБОТЕ С ТОКООГРАНИЧЕНИЕМ

**Борисов П.А.**

Университет ИТМО, РФ, г. Санкт-Петербург

Современные замкнутые системы (ЗС) электропривода проектируются на базе двух подсистем: энергетической и информационной. Энергетическая подсистема (ЭП) включает в себя силовые цепи первичного источника питания, полупроводникового и электромеханического преобразователей и осуществляет двухсторонний обмен энергией между первичным источником питания и электрической машиной посредством коммутации силовых ключей. Информационная подсистема включает в себя систему управления полупроводниковым преобразователем с информационно-измерительной частью и осуществляет реализацию заданного алгоритма регулирования координат электропривода. Структуры замкнутых систем электропривода с транзисторными широтно-импульсными преобразователями (ШИП), определяющие построение информационной подсистемы, отличаются большим разнообразием, предельные же динамические возможности электропривода определяются параметрами энергетической подсистемы. Информационная подсистема не может обеспечить требуемые моменты, скорости и ускорения двигателя, если они не заложены в энергетической подсистеме.

Широкое использование ЗС электропривода малой и средней мощности на базе ШИП и двигателей постоянного тока (ДПТ), коллекторных или бесконтактных, заставляет обратить особое внимание на вопросы выбора состава оборудования и определения электромагнитных нагрузок на элементах их ЭП.

Наиболее массовое практическое применение в ЗС электропривода получили ЭП, построенные на базе двухзвенных преобразователей с промежуточным звеном постоянного тока (ЗПТ), которые включают: силовые цепи сети переменного тока, выпрямитель (диодный или на управляемых ключах), ЗПТ с силовым фильтром (СФ), ШИП, исполнительный двигатель (ИД).

При построении ЭП ЗС электропривода, реализующих эффективные тормозные режимы, одной из наиболее важных становится задача приема энергии рекуперации. При торможении электропривода кинетическая энергия, которой обладают вращающиеся массы привода в начальный момент торможения, превращается в электрическую энергию и возвращается в ЗПТ посредством ШИП, заряжая конденсатор СФ. Поэтому другой важной становится задача определения величин возможных перенапряжений на конденсаторе СФ в типовых режимах работы электропривода и зависимости их от параметров режима работы.

Наиболее тяжелым режимом работы ЗС электропривода, при котором возможны максимальные электромагнитные нагрузки на СФ, является режим с ограничением тока якоря и выходом на границу предельной механической характеристики ДПТ. Работа на предельной механической характеристике ДПТ не рассматривается, так как электропривод в этом случае уже не может обеспечить требуемые ускорения при реверсировании.

При работе с токоограничением контур регулирования тока замкнутой системы подчиненного регулирования на этапах разгона и торможения ДПТ обеспечивает ток якоря прямоугольной формы на заданном уровне  $I_0$ . При этом скорость ДПТ будет периодически изменяться по линейному закону от значения  $-\omega_y$  до  $\omega_y$  и обратно, последовательно проходя участки торможения и разгона. Электромагнитные и энергетические процессы в ЗС электропривода на базе ШИП-ДПТ при работе с токоограничением подробно исследованы и проанализированы в работах [1 - 3]. Мощность, расходуемая в ЗС электропривода, идет на:

- преодоление нагрузки - в рассматриваемом случае статический момент нагрузки на валу  $M_{CT}$ ;
- создание запаса кинетической энергии вращающихся масс электропривода, определяемой динамическим моментом;
- покрытие потерь в электродвигателе.

Кинетическая энергия вращающихся частей ДПТ на интервале рекуперации рассеивается в якорной цепи машины и заряжает конденсатор СФ. Энергия, заряжающая конденсатор СФ, связана с параметрами режима работы следующим соотношением [1]:

$$W_C = \frac{\bar{I}_0(\bar{\omega}_y - \bar{I}_0)^2}{(\bar{I}_0 + \bar{I}_{CT})} W_{\max} = \bar{W}_C W_{\max} \quad (1)$$

где параметры режима работы  $I_{CT}$  - ток, обусловленный  $M_{CT}$ ,  $I_0$  и  $\omega_y$  отнесены к базовым величинам [1 - 3]:  $\omega_B = \omega_{XX}$  - скорость холостого хода ДПТ,  $E_B = U_B = c'_E \omega_B$ ,  $I_B = I_{K3} = U_B / r_{Я}$ ,  $M_B = c'_M I_{K3}$ ,  $W_{\max} = W_B = J_{\Sigma} \omega_B^2 / 2$ ,  $T_M = J_{\Sigma} \omega_B / M_B$  - электромеханическая постоянная времени ДПТ,  $J_{\Sigma}$  - приведенный момент инерции ДПТ с нагрузкой,  $r_{Я}$  - сопротивление обмотки якоря,  $c'_M$  и  $c'_E$  - конструктивные коэффициенты ДПТ.

С другой стороны, энергия, запасаемая в поле конденсатора СФ на интервале рекуперации, определяется согласно:

$$W_C = (C_{\Phi} U_{Cрек}^2 - C_{\Phi} U_{C0}^2) / 2 = C_{\Phi} U_B^2 (\bar{U}_{Cрек}^2 - \bar{U}_{C0}^2) / 2 \quad (2)$$

где  $\bar{U}_{C0} = U_{C0} / U_B$ ,  $\bar{U}_{Cрек} = U_{Cрек} / U_B$ ,  $U_{C0}$  - напряжение на конденсаторе СФ в начале интервала рекуперации, т.е. в начальный момент торможения ДПТ от скорости  $\omega_y$ ,  $U_{Cрек}$  - напряжение на конденсаторе СФ в конце интервала рекуперации,  $C_{\Phi}$  - емкость конденсатора СФ.

С учетом (1) и (2) получим выражение для относительного напряжения на конденсаторе СФ в конце интервала рекуперации:

$$\bar{U}_{Cрек} = \sqrt{\frac{2\bar{W}_C W_{\max}}{C_{\Phi} U_B^2} + \bar{U}_{C0}^2} = \sqrt{\frac{\bar{I}_0(\bar{\omega}_y - \bar{I}_0)^2}{(\bar{I}_0 + \bar{I}_{CT})} \frac{2W_{\max}}{C_{\Phi} U_B^2} + 1} \quad (3)$$

и для упрощения расчетов полагается, что  $U_{C0} = U_B$ .

Запас кинетической энергии вращающихся частей электропривода будет максимальным при выходе на границу предельной механической характеристики ДПТ, которой соответствует условие [2]:

$$\bar{\omega}_y + \bar{I}_0 = 1 \quad (4)$$

Наихудшим, с точки зрения возможных перенапряжений на конденсаторе СФ, будет случай нулевого статического момента нагрузки на валу и соответственно  $I_{CT} = 0$ . С учетом этого и условия (4) из выражения (3) получим выражение для максимального относительного напряжения на конденсаторе СФ в конце интервала рекуперации:

$$\bar{U}_{Cрек} = \sqrt{(1 - 2\bar{I}_0)^2 \frac{2W_{\max}}{C_{\Phi} U_B^2} + 1} \quad (5)$$

Величина токоограничения  $I_0$  определяет динамические возможности и быстродействие ЗС электропривода, а относительное токоограничение  $\bar{I}_0$  зависит от параметров исполнительного двигателя. Уменьшение  $I_0$  ниже номинального тока  $I_H$  исполнительного двигателя нецелесообразно, поскольку машина будет недогружена. Увеличение  $I_0$  имеет конечные пределы исходя из соблюдения нормального теплового режима и допустимой механической перегрузки ДПТ. С увеличением  $\bar{I}_0$  все большая часть кинетической энергии вращающихся частей ДПТ на интервале рекуперации рассеивается в якорной цепи машины и тем меньше заряжается конденсатор СФ. Таким образом, при некотором  $\bar{I}_0$  предельные динамические возможности

электропривода будут оптимально соотносены с электромагнитными нагрузками на элементы энергоподсистемы. Если для рассматриваемого режима работы выполняется условие  $\bar{I}_0 \geq 0,5$ , то рекуперация в ЗС электропривода на базе ШИП-ДПТ отсутствует.

Очевидно, что снизить перенапряжения на конденсаторе СФ возможно увеличением его емкости  $C_\Phi$ , что также следует из формул (3) и (5). На практике, как правило, увеличение емкости батареи конденсаторов СФ осуществляется подбором необходимого количества параллельно соединенных одиночных однотипных конденсаторов. В СФ транзисторных ШИП наибольшее применение в настоящее время нашли электролитические конденсаторы (ЭК). Чаще всего на практике в силовых устройствах применяются алюминиевые электролитические конденсаторы (АЭК).

Выпускаемые серийно ЭК имеют стандартные ряды номинальных рабочих напряжений и емкостей, что будем учитывать в предлагаемой процедуре выбора батареи конденсаторов СФ. Собирая батарею требуемой емкости следует учесть, что реально допустимое отклонение емкости ЭК, как правило, составляет  $\pm 20\%$ , поэтому будем использовать в расчетах 80% от значения номинальной емкости одиночного конденсатора выбранного типа. Таким образом, в предлагаемой процедуре увеличение емкости  $C_\Phi$  батареи конденсаторов СФ будем производить дискретно и кратно 80% емкости одиночного конденсатора выбранного типа. При ограничении максимальных напряжений на батарее конденсаторов СФ будем также исходить из стандартного ряда номинальных рабочих напряжений ЭК.

Процедура выбора батареи конденсаторов СФ ЗС электропривода на базе ШИП и ДПТ сводится к последовательному увеличению количества единичных конденсаторов, входящих в батарею, при этом максимальное напряжение ограничивается значением из стандартного ряда номинальных рабочих напряжений ЭК и, исходя из напряжения, выбирается тип и задаются объем и масса единичного конденсатора. На каждом шаге процедуры, зная количество конденсаторов и их тип, объем и массу (исходя из напряжений), вычисляют объем и массу всей батареи конденсаторов СФ и необходимые удельные показатели. Окончательно определяют наилучшие из возможных массогабаритные и стоимостные показатели батареи конденсаторов СФ.

В качестве примера рассмотрим ЗС электропривода на базе ШИП и ДПТ серии ДПУ240-1100-3 со следующими техническими данными: номинальный электромагнитный момент  $M_H = 4,34$  Н·м, номинальная частота вращения  $n = 3000$  об/мин, номинальное напряжение  $U_H = 120$  В, номинальный ток  $I_H = 12$  А, сопротивление обмотки якоря  $r_\Delta = 0,53$  Ом, электрохимическая постоянная времени  $T_M = 0,25$  с. Базовые величины для ДПУ240-1100-3:  $\omega_B = 331,7$  рад/с,  $I_B = 226,4$  А,  $W_{\max} = 3400$  Дж. Отношение тока  $I_H$  к базовому току  $I_B$  для данной машины составляет 0,053. Как правило, в зависимости от режима работы ограничивают ток ИД на уровне  $2 \dots 6 I_H$ , что для ДПУ240-1100-3 соответствует диапазону токоограничения  $\bar{I}_0$  от 0,1 до 0,3.

Используя выражение (5) отобразим для рассматриваемой ЗС электропривода зависимость максимального относительного напряжения  $\bar{U}_{C\max}$  на батарее конденсаторов СФ от ее емкости  $C_\Phi$  для значений токоограничения  $\bar{I}_0$  от 0,1 до 0,3 (Рисунок 1).

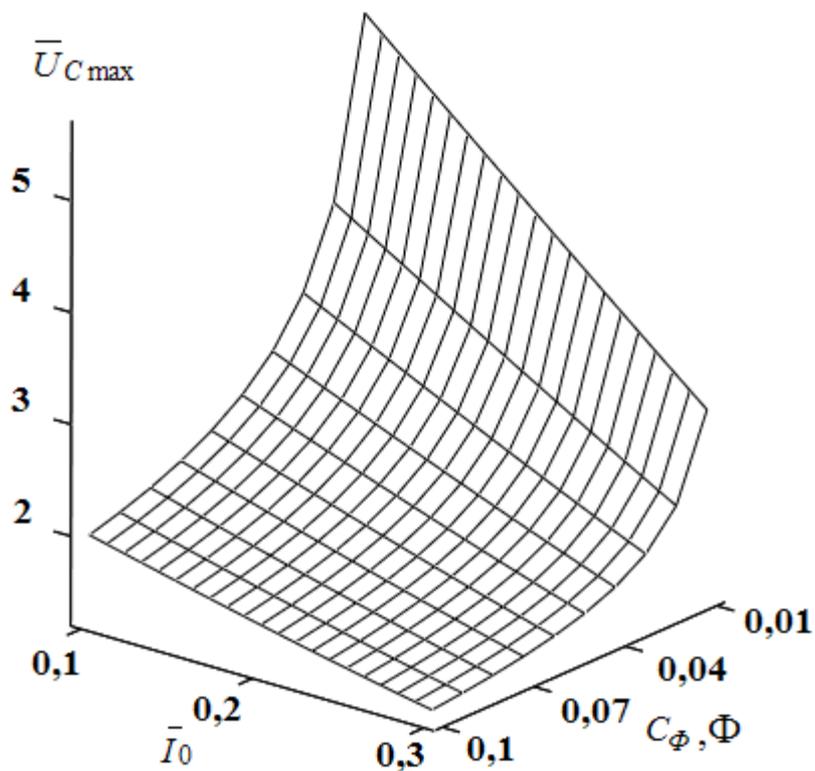


Рис.1. Зависимость максимального относительного напряжения  $\bar{U}_{C\max}$  на батарее конденсаторов СФ от ее емкости  $C_\Phi$  для значений токоограничения  $\bar{I}_0$  от 0,1 до 0,3.

На Рисунке 2 отражены зависимости максимального напряжения  $U_{C\max}$  на батарее конденсаторов СФ от ее емкости  $C_\Phi$  для значений токоограничения  $\bar{I}_0 = 0,15$  и  $0,3$  и ограничительные кривые по напряжению с значениями уровней из стандартного ряда номинальных рабочих напряжений ЭК – 200 В, 250 В, 350 В, 400 В, 450 В, 500 В, 550 В, 600 В. При построении ограничительных кривых по напряжению (Рисунок 2) к зависимостям максимального напряжения  $U_{C\max}$  добавлялся запас по напряжению величиной 50 В и минимальный уровень был выбран 200 В.

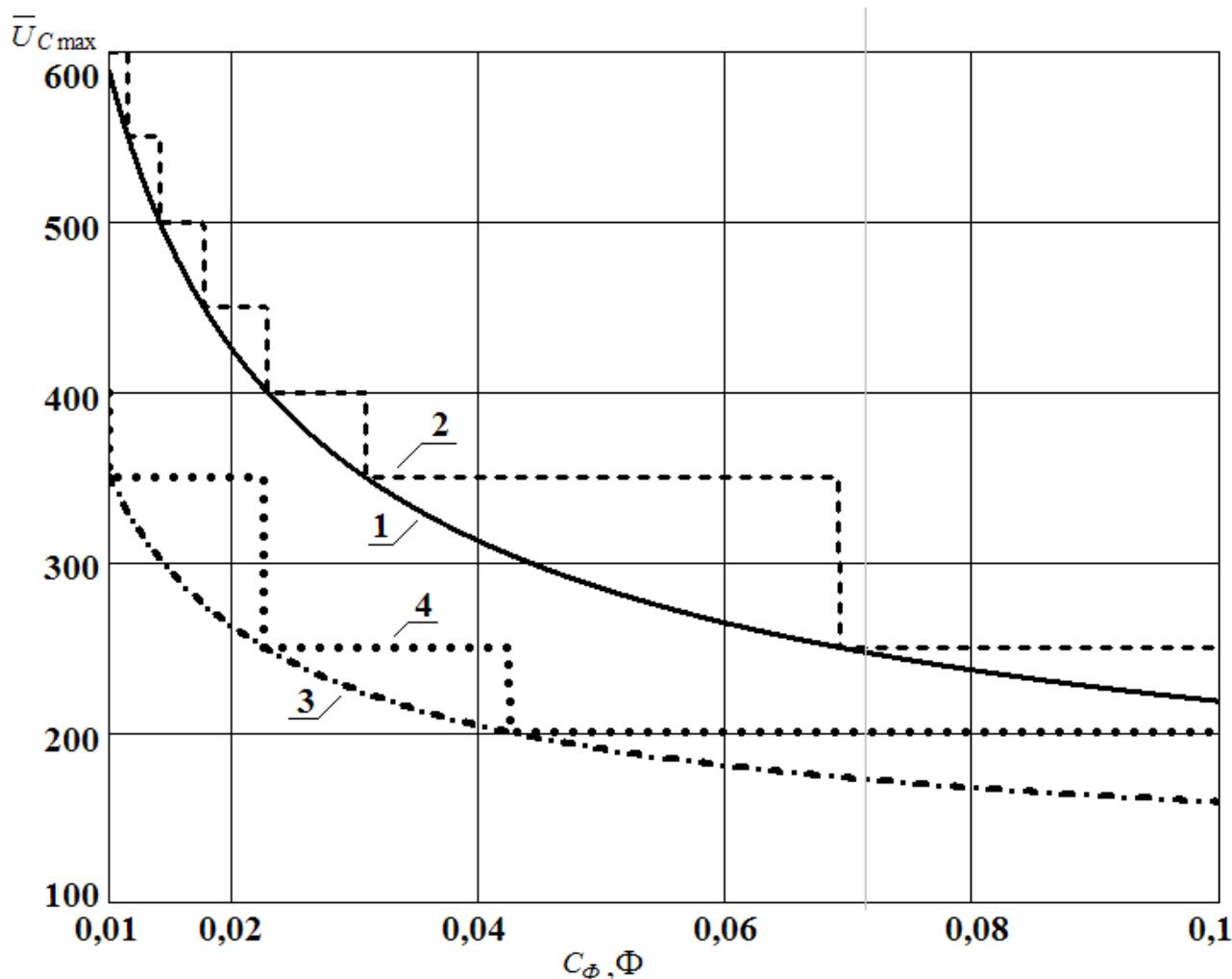


Рис.2. 1 - зависимость максимального напряжения  $U_{C\max}$  от емкости  $C_{\Phi}$  для  $\bar{I}_0 = 0,15$  и 2 - ограничительная кривая; 3 - зависимость максимального напряжения  $U_{C\max}$  от  $C_{\Phi}$  для  $\bar{I}_0 = 0,3$  и 4 - ограничительная кривая.

Будем набирать батарею конденсаторов СФ из параллельно соединенных одиночных одностипных АЭК. Пусть их номинальная емкость составляет 270 мкФ при любом рабочем напряжении, тогда в предлагаемой процедуре увеличение емкости  $C_{\Phi}$  батареи конденсаторов СФ будем производить дискретно и кратно 80% емкости одиночного АЭК выбранного типа, т.е. 216 мкФ. Определим габариты и вес одиночного АЭК номинальной емкостью 270 мкФ для каждого уровня напряжения из стандартного ряда номинальных рабочих напряжений ЭК. Выбранные АЭК имеют габариты - диаметр D и высоту L и вес m для напряжений: 200 В - D = 22 мм, L = 25 мм, m = 10 гр; 250 В - D = 25 мм, L = 25 мм, m = 13 гр; 350 В - D = 25 мм, L = 45 мм, m = 25 гр; 400 В - D = 25 мм, L = 50 мм, m = 29 гр; 450 В - D = 25 мм, L = 55 мм, m = 32 гр; 500 В - D = 30 мм, L = 45 мм, m = 41 гр; 550 В - D = 30 мм, L = 55 мм, m = 53 гр; 600 В - D = 35 мм, L = 50 мм, m = 70 гр.

При вычислении объема всей батареи конденсаторов СФ учитывались площадь квадратной площадки занимаемой цилиндрическим конденсатором и что между установленными рядом конденсаторами имеются зазоры 2 мм. На Рисунке 3 отражены полученные зависимости объема V батареи конденсаторов СФ от ее емкости  $C_{\Phi}$  для значений токоограничения  $\bar{I}_0 = 0,15$  и 0,3.

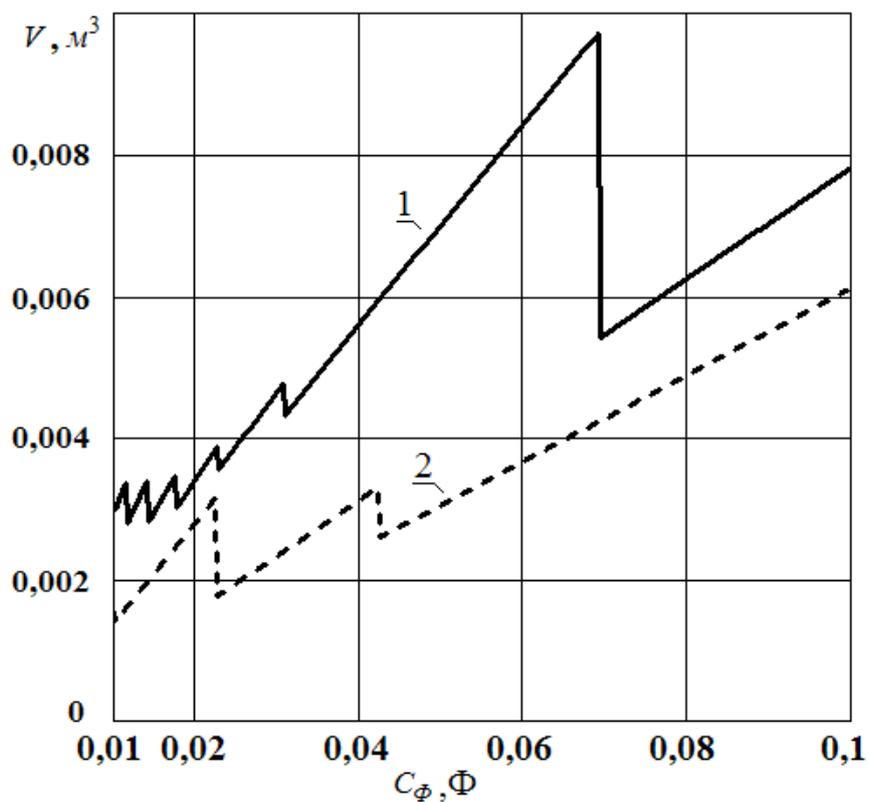


Рис.3. Зависимости объема  $V$  батареи конденсаторов СФ от ее емкости  $C_\phi$  для значений токоограничения: 1 -  $\bar{I}_0 = 0,15$  и 2 -  $\bar{I}_0 = 0,3$ .

На Рисунке 4 отражены полученные зависимости массы  $M$  батареи конденсаторов СФ от ее емкости  $C_\phi$  для значений токоограничения  $\bar{I}_0 = 0,15$  и  $0,3$ .

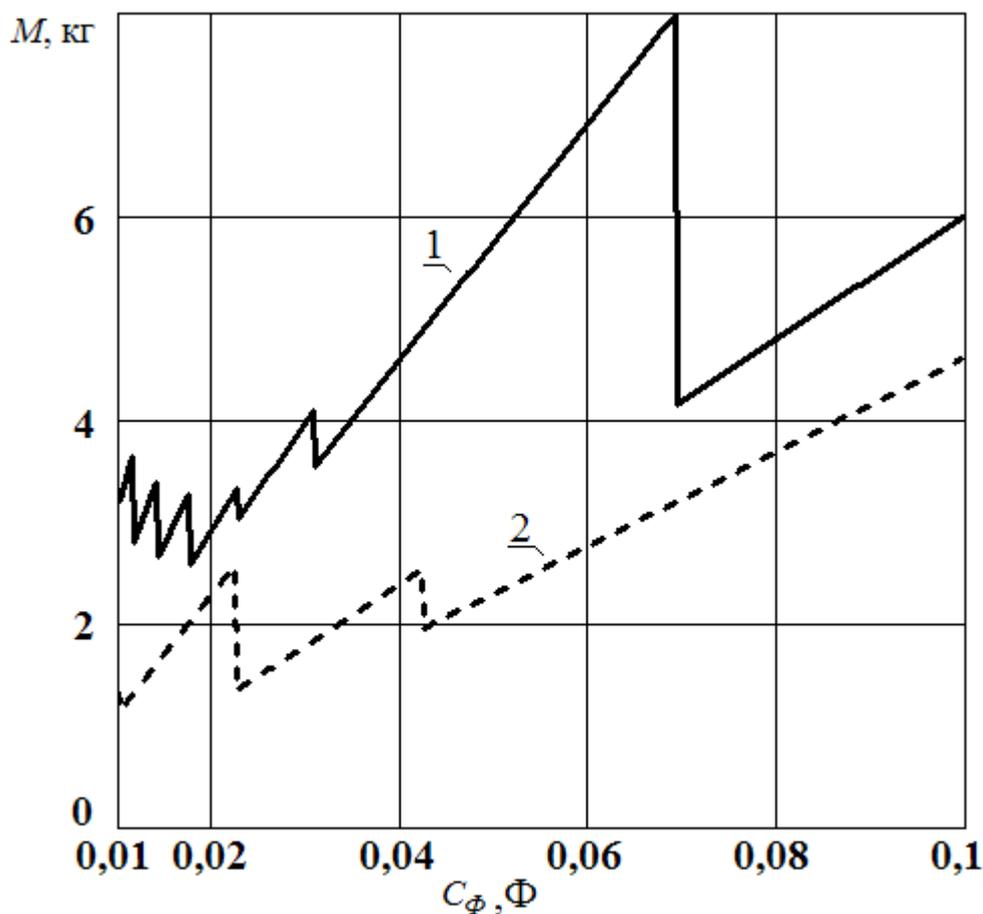


Рис.4. Зависимости массы  $M$  батареи конденсаторов СФ от ее емкости  $C_{\phi}$  для значений токоограничения: 1 -  $\bar{I}_0 = 0,15$  и 2 -  $\bar{I}_0 = 0,3$ .

Для режима с токоограничением  $\bar{I}_0 = 0,15$  локальные минимумы для объема  $V$  и массы  $M$  батареи конденсаторов СФ не совпадают. Минимальный объем батареи СФ составляет  $0,0028 \text{ м}^3$  при емкости  $C_{\phi} \cong 0,0117 \text{ Ф}$  и количестве ЭК - 54 штуки, при этом масса батареи СФ равна 2,81 кг. Минимальная масса батареи СФ получается 2,59 кг при емкости  $C_{\phi} \cong 0,0177 \text{ Ф}$  и количестве ЭК - 82 штуки, при этом объем батареи СФ составляет  $0,003 \text{ м}^3$ .

Для режима с токоограничением  $\bar{I}_0 = 0,3$  локальные минимумы для объема  $V$  и массы  $M$  батареи конденсаторов СФ совпадают. Минимальный объем батареи СФ составляет  $0,0014 \text{ м}^3$  при минимальной массе 1,15 кг, когда емкость  $C_{\phi} \cong 0,0102 \text{ Ф}$  и количество ЭК - 47 штук.

Таким образом, при некотором значении емкости  $C_{\phi}$  и в зависимости от токоограничения  $\bar{I}_0$  можно получать локальные минимумы для объема  $V$  и массы  $M$  батареи конденсаторов СФ. Используя выражение (5) и предложенную процедуру выбора батареи конденсаторов СФ, при заданных требованиях к динамике, массогабаритным и эксплуатационным характеристикам ЗС электропривода на базе ШИП и ДПТ, представляется возможным выбрать оптимальную емкость и тип конденсаторов СФ, улучшить массогабаритные показатели СФ и соответственно всей энергетической подсистемы.

#### Список литературы

1. Борисов П.А., Томасов В.С. Методики анализа и синтеза энергоподсистем электротехнических комплексов с высокими энергетическими показателями // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2009 г., № 1(59), с. 5-13.

2. Borisov P., Poliakov N. Evaluation method and modelling of electromagnetic processes in the power stage of closed loop DC drive system in condition of periodic speed reverse with current limitation // World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS). 2014. Iss. Advances in Automatic Control. P. 51-59.
3. Борисов П.А. Расчет и моделирование режима периодического реверса скорости с токоограничением в электроприводе постоянного тока с ШИП // Труды VIII Международной (XIX Всероссийской) конференции по автоматизированному электроприводу АЭП-2014. Саранск: Издательство Мордовского Университета, 2014. Т. 1, с. 155-160.

## **СЕКЦИЯ №16.**

### **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)**

#### **АВТОТРАНСПОРТНЫЙ ШУМ**

**Докт. техн. наук Дмитриев М.С., канд. техн. наук Меркулов Е.П.**

ЧГПУ, РФ, г.Челябинск

Человек всегда жил в мире звуков, однако никогда шум не был столь угрожающим отдыху и здоровью, как в настоящее время.

Бесспорно, что абсолютная тишина пугает человека, так как природа шума двойственна: он вреден и необходим одновременно. Давно замечено, что шумы природного происхождения (шум морского прибоя, дождя, шелест травы, журчание ручья и т.д.) благотворно влияют на человеческий организм. Они успокаивают и усыпляют. Так, в Японии продаются подушки, в которые вмонтирован аппарат, имитирующий звуки дождевых капель, падающих в ритме человеческого пульса. Такое «пение дождя» быстро навевает сон.

Поэтому, говоря о борьбе с шумом, нужно иметь в виду не все звуки вообще, а лишь нежелательные, оказывающие вредное влияние на организм.

Возникающее раздражение зависит не только от источника шума, его громкости, но и от внутреннего состояния человека, окружающей его обстановки. Отрицательное действие шума на организм тем сильнее, чем больше его уровень отличается от среднего уровня громкости окружающей среды. Например, привычные, не беспокоящие днем звуки могут стать нестерпимыми в ночное время. Изменение шума во времени оказывает весьма сильное влияние на степень его раздражающего действия. Особенно неприятны резкие, нестабильные, неожиданно повторяющиеся звуки.

С физиологической точки зрения различают низкие, средние и высокие звуки. Колебания охватывают большой диапазон частоты: от 1 до 20 Гц – инфразвуковые; от 20 до 16000...20000 Гц – звуковые и выше 16000...20000 Гц – ультразвуковые. Различные источники шума имеют и свой ярко выраженный частотный характер, однако чаще всего в спектре шума присутствуют все области частот.

Зона слышимых нами звуков относительно невелика, за порогом слышимости лежат инфра- и ультразвуки. Исследования показали, что неслышимые звуки обладают своими вредными факторами. Особенно опасны ультразвуки, занимающие заметное место в гамме производственных шумов. Хотя человеческое ухо их не воспринимает, они воздействуют на организм через другие органы чувств, вызывая нарушение функций нервной системы.

Уровень шума возрастает вместе с успехами науки и техники. Например, в настоящее время шум на магистралях крупных городов достигает 100 дБ. Чтобы эта цифра стала понятной, можно привести следующие сравнения.

Таблица 1

Порог слышимости	0 дБ
Шелест травы	10 дБ
Шепот	20 дБ
Тихая комната	40 дБ
Мотоцикл, грузовик	80...90 дБ
Реактивный самолет	110 дБ

Болевой порог	130 дБ
---------------	--------

Вредное влияние шума еще более усиливается, когда он действует одновременно с другими неблагоприятными факторами – вибрацией, запыленностью, загазованностью и др.

Наблюдениями установлено, что интенсивное воздействие шума может привести к снижению работоспособности, головной боли, головокружениям, повышенной раздражительности, снижению слуховых функций и даже к глухоте. Статистические данные говорят о том, что у лиц, занятых в шумных производствах, процент нервно-психических заболеваний выше, чем у людей, работающих в нормальных звуковых условиях. Например, в Англии каждая третья женщина и каждый четвертый мужчина страдает неврозом, а во Франции каждый пятый пациент психиатрических больниц лишился рассудка только из-за шума.

Реакция на шум зачастую выражается в форме повышенной возбудимости и раздражительности, направленных не только на его источник, но и на всю сферу чувственных восприятий. Люди, подвергающиеся постоянному воздействию шума, легко становятся нервными и трудными в общении, так как он угнетающе действует на психику, вызывает значительное расходование нервной энергии, чувство душевного неудовольствия и протеста.

В результате исследований выяснилось, что при известной интенсивности шума наступают изменения в циркуляции крови и в работе сердца. Шум вызывает также изменение функций желудка и кишечника (падает кислотность, понижается секреция желудочного сока). Он также является причиной преждевременного старения. Согласно результатам исследований австралийского ученого Гриффита, шум сокращает жизнь человека в шумных городах на 8...12 лет [1].

По данным исследований отечественных и зарубежных ученых, автотранспортный шум составляет 80% всех шумов, проникающих в места пребывания человека. При этом следует отметить, что ежегодно уровень шума увеличивается на 1,0...1,5 дБ. За последнее десятилетие шум во многих городах мира увеличился на 10...12 дБ. Если в настоящее время интенсивность движения в двух направлениях составляет для магистральных улиц 3,0...3,5 тыс. автомобилей в час пик, то вскоре она увеличится до 4,0...5,0 тыс. автомобилей. В результате этого уровень шума на транспортных магистралях может повыситься на 7...10 дБ.

Все это свидетельствует о том, что проблема борьбы с автотранспортным шумом является очень важной и требует немедленного решения. Защита населения от шума может быть обеспечена проведением ряда градостроительных мероприятий таких, как увеличение расстояния между источником шума и защищаемым объектом; применение акустически непрозрачных экранов (откосов, стен и зданий-экранов), специальных полос озеленения; использование различных приемов планировки, рационального размещения микрорайонов. Кроме того, градостроительными мероприятиями являются рациональная застройка магистральных улиц, максимальное озеленение территорий микрорайонов и разделительных полос, использование рельефа местности и др. Например, создавая между проезжей частью магистрали и жилой застройкой полосы зеленых насаждений, можно добиться существенного снижения шума. Для снижения уровня шума на 15...18 дБ рекомендуется сочетать двух- и трехрядные зеленые полосы с экранирующими барьерами. Еще одним эффективным мероприятием по снижению транспортного шума является прокладка дороги в выемке. Если полученный при сооружении выемки грунт использовать для отсыпки по бровкам ее откосов шумозащитных земляных валов, то снижение уровня шума может достигнуть 15 дБ [2].

Уменьшение уровня автотранспортного шума может быть также достигнуто с помощью технических средств. В режиме работы двигателя на уровень шума влияют системы впуска и выпуска, частота вращения и нагрузка на двигатель. Применяя глушитель шума на впуске или эффективный (с точки зрения акустики) воздухоочиститель, можно понизить шум, создаваемый двигателем, на 10...12 дБ, а отдельные частотные составляющие спектра уменьшить на 15...17 дБ. Глушитель в зависимости от конструкции снижает шум на 8...16 дБ.

Основным фактором, влияющим на шум от колес автомобиля, является характер рисунка протектора беговой дорожки. Шины с гладким протектором вызывают небольшой шум. С целью снижения шума от шин рекомендуется делать боковые вырезы на протекторе с неравномерным шагом.

В балансе шума автомобиля заметную роль играют тип кузова, а также конструкция подвесок. Шум от кузова возникает вследствие его вибрации при движении автомобиля и работе двигателя. Для снижения шума внутренние поверхности кузова покрывают вибропоглощающими пастами. Вибрация кузова, возникающая от толчков при движении по неровной дороге, предотвращается рессорами или подвесками специальных конструкций.

Помимо перечисленных выше, существует еще большое количество способов и средств борьбы с автотранспортным шумом, которые должны найти широкое применение в повседневной практике.

### Список литературы

1. <http://portaleco.ru/socializacija-prirody/psihofizicheskie-neudobstva-bolshih-gorodov.html>
2. Звонов, В.А. Экологическая безопасность автомобиля в полном жизненном цикле / В.А. Звонов, А.В. Козлов, В.Ф. Кутенев. – НАМИ, 2001. – 248 с.

## БИНАРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ (БСУПБ) ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

<sup>1</sup>Осипов В.А., <sup>2</sup>Шилов Д.П., <sup>2</sup>Кузин И.Ю., <sup>4</sup>Галкин А.А.

<sup>1</sup>Генеральный директор, эксперт ООО «Бинарные научно-инновационные технологии» (ООО «Бин-НИТ»), РФ, г.Владимир

<sup>2</sup>Генеральный директор, эксперт ООО «Диагностика инженерных сооружений» (ООО «ДИС»), РФ, г.Владимир

<sup>3</sup>Технический директор, эксперт ООО «Диагностика инженерных сооружений» (ООО «ДИС»), РФ, г.Владимир

<sup>4</sup>Инженер, эксперт ООО «Диагностика инженерных сооружений» (ООО «ДИС»), РФ, г.Владимир

С момента разработки федерального закона № 116-ФЗ [1] прошло более 17 лет. За это время произошли изменения: во внешне-экономических отношениях стран, связанных с политическими конфликтами; во внутренней экономике страны, связанные со сменой форм собственности; в отношениях между предприятиями, сказавшимися на изменениях функций, организационной структуре и условиях работы предприятий; требований, установленных нормативно-технической документацией; в уровне научных разработок и инноваций. В настоящее время вопросы обеспечения промышленной безопасности стоят на первом месте, так как от них зависит безопасность жизнедеятельности человека и национальная безопасность Российской Федерации.

Оптимальным вариантом обеспечения промышленной безопасности является разработка систем управления промышленной безопасностью (СУПБ) - комплекса взаимосвязанных организационных и технических мероприятий, осуществляемых организациями, эксплуатирующими опасные производственные объекты, в целях предупреждения аварий и инцидентов, локализации и ликвидации последствий таких аварий [1]. Специалистами организаций ООО «Бин-НИТ» и ООО «ДИС» на основании проведенных экспертных обследований выявлены многочисленные проблемы в обеспечении промышленной безопасности опасных производственных объектов. Рассмотрим предметно опасно-производственный объект - здание элеватора, используемого предприятиями агропромышленного комплекса (АПК), занимающимися обработкой и хранением зерна. Существующая система СУПБ на многих предприятиях представляет комплекс мероприятий, ограничивающих работоспособное состояние объектов и не способна обеспечить высокую производительность. Часто единственным мерой СУПБ является проведение экспертизы промышленной безопасности, в ходе которой выявляются многочисленные дефекты (см. фото 1, 2, 3, 4) и составляются типовые рекомендации. Контроль выполнения данных рекомендаций имеет субъективный характер, что часто приводит к авариям.



Фото 1. Общий вид силосного корпуса



Фото 2. Наклонные трещины в капителях колонн



Фото 3. Дефекты межпанельных швов



Фото 4. Следы замачивания от протечек кровли

Типовые решения СУПБ не способны моделировать появление (развитие) повреждений и аварий. В случае СУПБ элеватора она не учитывает [3]:

- Статические нагрузки и динамические нагрузки при опорожнении. Известно, что горизонтальные нагрузки на стены при выпуске хранящегося в силосе продукта значительно выше, чем нагрузки при заполнении силоса. По этой причине многие силосы были повреждены вскоре после открытия выпускной задвижки;

- Ориентацию расположения элеватора. Доказано, что на стенах, обращенных на юг и запад, больше трещин и они более широкие, особенно когда эти стены подвержены ветрам;

- Ударные нагрузки. В силосе с неудовлетворительными условиями истечения продукта может образоваться устойчивый свод над пустотой в выпускной воронке. При обвале свода масса продукта падает в выпускную воронку, вызывает не допустимую нагрузку, что влечет к повреждению днища и стен силоса. Кроме того, разрежение в верхней части силоса может быть настолько большим, что стены обваливаются внутрь (эффект поршня);

- Перепад температур. Средняя высота слоя продукта внутри силоса возрастает с повышением наружной температуры. Значительное изменение температуры на внутренней и наружной поверхности стен может

привести к недопустимым нагрузкам. Изгибающее усилие, обусловленное этим изменением, может вызвать коробление стены;

- Изменения в использовании. При эксплуатации многих производственных силосов возникают проблемы из-за неправильного использования, т.е. хранящийся продукт обладает другими свойствами и истекает другим способом, чем предполагает проект;

- Дефекты при возведении строительной конструкции. При монтаже интенсивность армирования могла быть значительно ниже, чем это требовалось по спецификации;

- Рециркуляцию продукта. Критическая ситуация с горизонтальными напряжениями может наступить во время рециркуляции продукта в силосе, например, когда один и тот же силос одновременно заполняется и опорожняется;

- Истирание стен силосов. Когда сыпучие продукты неоднократно загружают в силос или когда поток продукта ударяется о стены силоса или выпускной воронки всегда в одно и то же место, происходит истирание. Степень истирания зависит от скорости и абразивности частиц продукта и от нагрузки, оказываемого скользящей массой продукта. Процесс износа влияет не только на долговечность силоса, но может быть причиной изменения характера истечения и способствовать образованию искр от случайно попавшего железа;

- Влияние ветра. Часто жилые дома строят вблизи элеваторов. Вибрация и шум вокруг элеваторов, помехи, создаваемые ветром на улицах и расположенными рядом низкими зданиями, нарушают комфортность в окружающей жилой зоне, поскольку при строительстве элеваторов не учитывались особенности аэродинамики. Таким образом, вокруг этих зданий образуются турбулентные и вихревые потоки. Ветровые нагрузки оказывают важное влияние на стеклянные оконные проемы, слабые стеновые панели и на различные элементы покрытия крыш;

- Вибрацию. Бывают случаи когда элеваторы расположены вблизи железных дорог или строительных работ, например забивка свай фундамента. Вибрация, передаваемая через грунт, может вызвать ослабление несущих конструкций.

- Взрывы пыли. Взрывы пыли могут иметь разрушительные последствия не только для оборудования, в котором происходит взрыв, но также и для той зоны, где не приняты меры безопасности. Для уверенности в том, что взрыв не может произойти, должно быть нарушено триединство «пыль-кислород-источник зажигания»;

- Пожары. Горение может стимулироваться или замедляться при определенных условиях: физическое состояние горючего - чем больше поверхность в контакте с кислородом, тем легче будет проходить горение; температура и влажность окружающей среды - повышение температуры на  $10^{\circ}\text{C}$  удваивает скорость окисления и т.д.;

Для решения данных проблем необходима разработка принципиально нового подхода к разработке СУПБ. Бинарные системы управления промышленной безопасности («би» - два, двуедин) состоят из двух частей одна контролирует и регулирует (технические средства), а другая следит за изменениями, анализирует, связывает, записывает, симулирует и прогнозирует (программные средства). Современные достижения науки и техники позволяют реализовывать системы БСУПБ. Реализация данных задач возможно только на принципах искусственного интеллекта (кибернетики), когда БСУПБ самостоятельно осуществляет функции по предупреждению аварий и инцидентов, локализации и ликвидации последствий таких аварий [2]. Проблемой внедрения таких систем является недостаточный уровень научной проработки задач промышленной безопасности с использованием кибернетики.

#### Список литературы

1. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Евдокимов А.И. Бифункции «склеенные функции» в деятельности мозга человека. Логико (информационно) -динамические модели и управляющие фикции мозга и «умных» систем управления: г.Владимир, научное издание, 2015.-30 с.
3. Боуманс Г. Эффективная обработка и хранение зерна/Пер. с англ. В.И. Дашевского.-М.: Агропромиздат, 1991.-608 с.: ил.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ШЛАКОВ ОТ СЖИГАНИЯ УГЛЯ КАНСКО-АЧИНСКОГО БАССЕЙНА НА КРАСНОЯРСКОЙ ТЭЦ-2

Канд. физ.-мат. наук Кайракбаев А.К., д-р техн. наук Абдрахимов В.З.

Казахско-русский международный университет, Казахстан, г.Актобе

Несомненным достижением Конференции ООН «Рио+20» в 2012 г. является признание на уровне мирового сообщества того факта, что обеспечение длительного благополучного развития возможно лишь на основе принципов «зеленой» экономики.

Под «зеленой» экономикой подразумевается производство различного рода очистного оборудования, утилизацию вторичных ресурсов и отходов, оказания экологических услуг и пр. В этом случае «зеленая» экономика оказывается лишь частью «большой» экономики. Очевидно, что вряд ли возможно «мирное» сосуществование такой «зеленой» экономики и природноресурсной («коричневой») экономики. Например, обеспечение экономического роста сегодня связано с ростом загрязнения и деградации среды, с истощением природных ресурсов, нарушением баланса биосферы, изменением климата, что ведет к ухудшению здоровья человека и ограничивает возможности дальнейшего развития. Это означает, что решение крайне важной задачи повышения благосостояния населения не обеспечивает необходимого качества жизни. Все это и определило суть модернизации как обеспечения технологического прогресса для экономического развития и поддержания благоприятной окружающей природной среды или экологической безопасности, которая становится определяющей для экономического роста и самого существования человека. Эта задача в мире озвучена как реализация принципа «декаплинга».

Особое место в энергетике Сибири и России в целом занимают угли Канско-Ачинского бассейна. Запасы бурого угля в нем оцениваются в 670 млрд. т, из которых 166,2 млрд. т пригодны для разработки открытым способом.

Энергетическая стратегия России на период до 2020 года отводит Канско-Ачинскому бассейну статус федерального значения в обеспечении энергетической безопасности и социально-экономического развития страны и ее регионов. Роль Канско-Ачинского бассейна определяется огромными запасами, удобным географическим расположением, благоприятным горно-геологическими условиями залегания и строения угольных пластов, кондиционными свойствами угля, высокими экологическими показателями, относительно низкой стоимостью.

Угли большинства месторождений в основном бурые, относятся к группе 2Б, угли Балахтинского и Переясловского месторождений — к группе 3Б. Угли Саяно-Партизанского месторождения каменные, групп Д и Г. Зольность бурых углей 6 — 12%, средняя влажность 35%, плотность около 1,5 т/м<sup>3</sup>, теплотворная способность 200-3800 ккал/кг, содержание общей серы 0,3-1,0%. В золе преобладает СаО в концентрациях 20-50%, концентрации токсичных и радиоактивных малых элементов незначительны.

Весьма важное преимущество этих углей по сравнению с кузнецкими (единственные угли, которые могут составлять им конкуренцию по части запасов, разведанных площадей и возможности добычи угля дешевым открытым способом) и в их большей экологичности. В отличие от кузнецких, зольность которых достигает до 29%, они являются низзолными со средней зольностью 6-12%. И те и другие угли низкосернистые (0,3-0,6%). Но в золе Канско-Ачинских углей высоко содержание тугоплавкого оксида кальция (от 26 до 42%). С одной стороны, это недостаток, так как затрудняет жидкое шлакоудаление, но с другой - важное преимущество, так как в процессе сжигания угля в топке образуются сернистый и фосфорный ангидриды, которые уже не вредны.

Как топливо бурый уголь в России и многих других странах употребляется значительно меньше, чем каменный уголь, однако из-за низкой стоимости в мелких и частных котельных он более популярен и занимает иногда до 80%. Используется для пылевидного сжигания (при хранении бурый уголь высыхает и рассыпается), а иногда и целиком. На небольших провинциальных ТЭЦ он также нередко сжигается для получения тепла. Однако в Греции и, особенно в Германии бурый уголь используется в паровых электростанциях, вырабатывая до 50% электроэнергии в Греции и 24,6% в Германии.

Красноярская ТЭЦ-2 — тепловая электростанция в Красноярске, одна из крупнейших ТЭЦ в Сибири и входит в состав Открытого акционерного общества «Енисейская территориальная генерирующая компания (ТГК-13)» в качестве производственного филиала. Это самая экономичная станция от Урала до Дальнего Востока по удельному расходу условного топлива на единицу продукции.

Плавокость шлака от сжигания угля, °С: начало деформации — 1240, размягчения — 1280, жидкоплавкое состояние — 1300.

Имея повышенные содержания оксидов железа, кальция и щелочей шлак от сжигания угля будет способствовать спеканию керамического кирпича при относительно невысоких температурах обжига [1]. Оксидный и поэлементный химические составы представлены в Табл.1 и 2.

Таблица 1

Оксидный химический состав шлака от сжигания бурого угля

Содержание оксидов по массе, %						
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O	п.п.п.
54,8	5,8	9,3	23,8	3,1	3,2	—

Таблица 2

Поэлементный анализ шлака от сжигания бурого угля

Элементы									
C	O	Na	Mg	Al+Ti	Si	S	K	Ca	Fe
—	54,5	0,78	1,12	4,5	18,4	—	0,5	15,4	4,8

Рентгенофазовый состав исследуемых компонентов проводился на дифрактометре ДРОН – 6 с использованием CoK<sub>α</sub>-излучения при скорости вращения столика с образцом 1 град/мин. На Рисунке 1 представлена рентгенограмма шлака от сжигания угля.

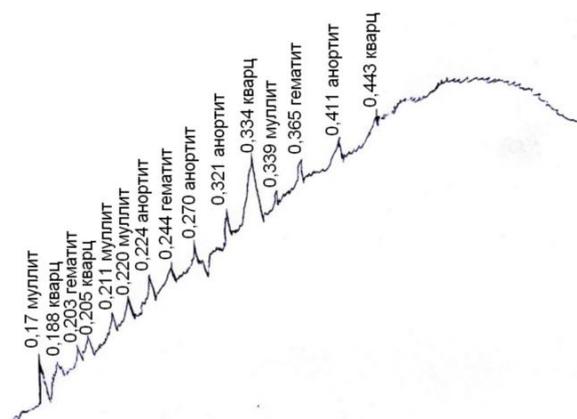


Рис.1. Рентгенограммы шлака от сжигания бурого угля

На дифрактограмме порошка шлака от сжигания угля отмечаются характерные интенсивные линии ( $d/n = 0,188; 0,205; 0,334$  и  $0,443$  нм) кварца, присутствие линии ( $d/n = 0,17; 0,211; 0,220$  и  $0,339$  нм) обусловлено муллитом, линии ( $d/n = 0,203; 0,244$  и  $0,365$  нм) гематитом, линии ( $d/n = 0,224; 0,270; 0,321$  и  $0,411$  нм) анортитом.

Исследования минералогического состава шлака показали, что кристаллическая фаза в нем присутствует в незначительных количествах (не более 8-10%). Аморфная фаза составляет порядка 60-80%.  $N_{ср}$  аморфной фазы равна 1,56-1,60, что, очевидно, связано с переходом части оксида железа в стекло и образование железистых стекол (Рисунок 2).

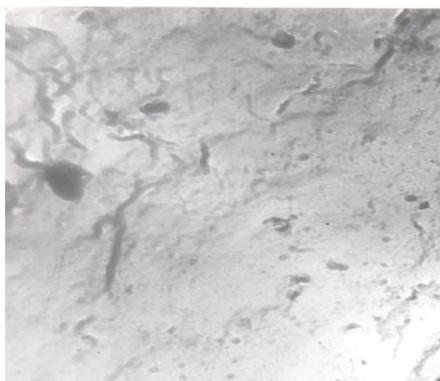


Рис.2. Микроструктура шлака от сжигания бурого угля. Увеличение x12000.

Именно жидкая фаза является той средой, которая вначале накапливает щелочи, а затем, при достижении соответствующих условий (температуры, вязкости и др.), «передает» их зернам кварца, так как на рентгенограммах просматриваются только слабые пики кварца ( $d= 0,443$  и  $3,34$  нм).

Микрогетерогенность силикатных расплавов обуславливает, в конечном счете, создание ионами в расплавах структурно упорядоченные группы, напоминающих строение кристаллической фазы, выделяющейся из расплава. Эти группы называют часто сиботаксическими. Они, в сущности, и становятся при охлаждении центрами кристаллизации. Действительность такого механизма трудно подтвердить экспериментально, но он представляется очевидным: зерна кварца, оксидов железа и полевого шпата в массе глинистых компонентов разобщены, окружены глинистыми минералами и в подавляющем большинстве случаев непосредственно не контактируют друг с другом. В связи с этим щелочи и оксиды железа, чтобы достигнуть зерен кварца, предварительно должны обогатить и соответственно преобразовать «глинистую связку».

Наличие муллита ( $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ) в исследуемом золошлаке будет способствовать и образованию муллита при обжиге керамического кирпича. Именно муллит придает основные физико-механические свойства керамическим материалам. Механизм кристаллизации муллита в керамических материалах, как указывалось ранее, включает две стадии: образование центров кристаллизации (зародышей) и рост кристаллов в них. По-видимому, при обжиге кирпича, при использовании в составах керамических масс золошлака, будет происходить гетерогенная кристаллизация муллита.

#### Список литературы

1. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Использование углеродосодержащих отходов топливно-энергетического комплекса в производстве керамических материалов различного назначения. // Экология и промышленность России. -2013. -№9. –С. 30-33.

## ОСОБЕННОСТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОТЕЛЬНЫХ

**Шишкина Е.А., Дудочкин И.Б., Овчинников Я.В., Кухта М.В., Зарипова Г.У.**

ООО «ЭкспертСервисПроект», РФ, г.Уфа

Большой опыт обследования зданий промышленных котельных, приобретенный специалистами нашей организации, позволяет говорить, что для этих объектов характерны общие дефекты, проистекающие из их назначения, особенностей конструкции и эксплуатации. Работающие в настоящий момент котельные, подлежащие экспертизе промышленной безопасности, как правило, строились в шестидесятых-восьмидесятых годах прошлого века. На них распространялись требования СНиП II-Г.9-65 «Котельные установки. Нормы проектирования», СН 350-66 «Указания по проектированию котельных установок» и сменившие их СНиП II-35-76 «Котельные установки. Нормы проектирования». В настоящее время действует СП 89.13330.2012 «Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76». Данный свод правил не имеет обратного действия и не может применяться в контрольном порядке для построенных котельных и котельных, строительство которых начато в период не менее одного года после ввода в действие настоящего свода правил по проектной документации, разработанной в соответствии с указаниями ранее действовавшего СНиП II-35-76.

Эти нормы и правила соблюдались при проектировании новых и реконструкции котельных с паровыми, водогрейными и пароводогрейными котлами, независимо от производительности, с давлением пара не более 4,0МПа и с температурой воды не более 200<sup>0</sup>С.

Котельные по назначению распределяются на: отопительные – для обеспечения теплом систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения; отопительно-производственные – для обеспечения теплом систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и для технологического теплоснабжения; производственные – для технологического теплоснабжения.

Промышленные котельные обычно отдельно стоящие, хотя встречаются и пристроенные. Для котлов с давлением пара до 0,07МПа и температурой нагрева воды до 115<sup>0</sup>С, обычно применяются пристроенные или встроенные в здания другого назначения.

На котлы, устанавливаемые в котельных, распространялись «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов», утвержденные Госгортехнадзором (Ростехнадзором), которые в настоящее время заменены ФНП «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», а так же «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>), водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 388К (115<sup>0</sup>С)», утвержденные Минстроем России.

Объемно-планировочные и конструктивные решения, использованные при проектировании и сооружении котельных должны соответствовать не только требованиям СНиП «Котельные установки», но и нормам и правилам по проектированию производственных зданий, административных и бытовых зданий, сооружений промышленных предприятий. При обследовании встроенных и пристроенных котельных следует учитывать требования строительных норм и правил тех зданий и сооружений, для теплоснабжения которых они предназначены.

Как показывает наш опыт, наиболее опасные дефекты, возникающие в зданиях котельных, чаще всего связаны с недостатками эксплуатации. Часто причиной проблем становятся реконструкции или расширения, выполненные либо по неудачным проектам, либо низкоквалифицированными строителями. Желая сэкономить, владельцы котельных иногда отказываются от заключения договора со строительными организациями и привлекают бригады, работающие по «свободному» найму.

Пожалуй, наиболее подвержена образованию дефектов крыша котельной. Если дефекты колонн и ферм встречаются намного реже и очень часто тоже связаны с состоянием кровли, то крыша всегда является «слабым» местом.

Кровля котельных выполняется мягкой. На ее углублениях постоянно застаивается вода, которая при замерзании разрывает водоизоляционный ковер. При очистке кровли от снега и ремонтах, которые обычно выполняются силами персонала владельца, дефектов только прибавляется. Остановить этот процесс при наших климатических условиях практически невозможно.

На Рисунке 1 хорошо видны дефекты гидроизоляционного слоя. Через разрывы вода проникает к цементной стяжке и увлажняет ее, разрушая при переменном замерзании и оттаивании, затем попадая в утеплитель. К этому процессу добавляется и другой. При плохо заделанных швах между плитами через щели постоянно проникает теплый воздух, а в случае работающей котельной можно говорить и о горячем воздухе.



Рис.1. Нарушение целостности гидроизоляционного кровельного ковра в месте примыкания к частям здания.

Через разрывы вода проникает к цементной стяжке и увлажняет ее, разрушая при переменном замерзании и оттаивании, затем попадая в утеплитель. К этому процессу добавляется и другой. При плохо заделанных швах между плитами через щели постоянно проникает теплый воздух, а в случае работающей котельной можно говорить и о горячем воздухе. В результате происходит конденсация и появление воды под гидроизоляцией и замачивание утеплителя. Все это приводит к тому, что кровля промерзает и бетон плит подвергается морозному разрушению с последующим обнажением и коррозией арматуры. На Рисунке 2 представлены последствия разрушения гидроизоляционного слоя (съемка велась с внутренней стороны здания): намокание, шелушение защитного слоя бетона плит покрытия. Выпадение раствора из швов между плитами покрытия и между плитами покрытия и стеновыми панелями с внутренней стороны. Проникая дальше, вода замачивает колонны и фермы сооружения, постепенно разрушая их.



Рис.2. Плиты покрытия. Намокание, разрушение, поверхностные трещины в защитном слое бетона.



Рис.3. Разрушение прогона, вызванное воздействием влаги.



Рис.4. Усиление прогона.

На Рисунке 3 показаны результаты такого постепенного проникновения влаги в конструкции котельной. Разрушение прогона вызвало необходимость его усиления, показанное на Рисунке 4.

В случае кирпичной кладки стен так же можно отметить некоторые характерные дефекты. Длительное время эксплуатации, происходящая осадка фундамента, атмосферные осадки, все это влияет на состояние кирпичных стен. Появляются трещины, кирпич разрушается, выпадает. На прочность каменной кладки сильно влияет сцепление кирпича с раствором. В жаркую и сухую погоду кирпич интенсивно отсасывает из раствора цементное молоко. Это снижает прочность раствора и утрачивается сцепление. Чтобы избежать этого, кирпич необходимо предварительно смачивать, а свежеложенную кладку увлажнять. Этим часто пренебрегают. При обследовании такие места хорошо заметны по большой площади выпавших кирпичей и раствора (см. Рисунок 5).



Рис.5. Разрушение кирпичной кладки стены котельной.

Отметим еще несколько наиболее распространенных дефектов, встречающихся при обследовании зданий. При перегрузке нормальных сечений балок и плит появляются поперечные (продольные) трещины и прогибы в середине пролета. В нормах проектирования максимально допустимая ширина продолжительного раскрытия трещины для конструкций, эксплуатируемых в обычных условиях, принята равной 0,3 мм. Однако, в технической литературе отмечается, что указанная ширина допустима для арматуры класса А-IV (А-500), для более высоких классов она уменьшается до 0,2 и даже 0,1 мм. Для «сильно» армированных конструкций, опасна и небольшая ширина раскрытия. Симптомами перегрузки опорных участков балок и плит являются наклонные трещины в этих участках. Для тавровых и двутавровых балок это может являться признаком раздавливания бетона от сжимающих напряжений. Особенно опасно, когда такие трещины возникают в результате выдергивания рабочей арматуры из-за слабой анкеровки. Такое состояние наиболее опасно и требует немедленного усиления. Перегрузку ферм можно диагностировать по появлению трещин с заметным раскрытием в нижнем поясе и заметным (хотя и небольшим) провисанием нижнего пояса. Если наблюдается шелушение и отслоение бетона в верхнем поясе и сжатых раскосах, то это свидетельствует об аварийном состоянии конструкции. Усадочные напряжения в бетоне, вызванные недостаточным защитным слоем или неправильно подобранный состав бетона могут привести к появлению усадочных трещин вдоль растянутой рабочей арматуры железобетонных элементов. Их главная опасность в том, что через них проникает агрессивная среда корродирующая арматуру. Иногда наоборот, коррозия арматуры из-за блуждающих токов или агрессивных добавок в бетон может вызвать такие трещины. В восьмидесятые годы отказались от центрирующих прокладок и анкерных болтов в колоннах, а опорные закладные детали балок и ферм стали приваривать к закладным деталям колонн. При этом возникает частичное защемление стропильных конструкций на опорах и возникает опорный момент отрицательного знака. В сочетании с другими факторами это может привести к образованию вертикальных трещин вблизи торцов балок и ферм, что становится опасным, если опорные участки балок или ферм выполнены с дефектом, в этом случае трещины приобретают опасное развитие, которое может привести к обрушению крайних плит.

Все выше перечисленное, лишь часть из всего многообразия дефектов, которые могут возникнуть в строительных конструкциях. Как видим, все они характеризуются появлением трещин.

В практике проведения технического диагностирования приходится сталкиваться с наличием таких трещин, которые могут долго находиться в конструкции, не проявляя тенденции к росту и будучи стабильными. Это объясняется пластическими свойствами материала.

Механика разрушения предлагает энергетический подход к решению задачи об устойчивости трещины. Согласно ему, для продвижения острия трещины необходимо разрушить внутренние связи, для чего должна быть затрачена работа, которая в пластине с фиксированными закреплениями может быть затрачена лишь силами упругости. Вводится понятие критического коэффициента интенсивности напряжений  $K_{IC}$ . Значение  $K_{IC}$ , при котором возможно малое продвижение трещины, поскольку высвобождаемая энергия деформации у конца трещины равна требуемой работе разрушения, называется критическим коэффициентом интенсивности напряжений.

Коэффициент  $K_{IC}$  выражает способность материала к сопротивлению росту трещин и иногда называется вязкостью разрушения. Чем больше  $K_{IC}$ , тем выше трещиностойкость материала. Величины  $K_{IC}$  определяются экспериментально в соответствии с ГОСТами (см. ГОСТ 25.506-85 Расчет и испытания на прочность. Методы

механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении). Условие устойчивости трещины записывается в виде неравенства  $K_I \leq K_{IC}$ , где  $K_I$  – коэффициент интенсивности напряжений у острия трещины в рассматриваемом элементе конструкции. Связь между критическим напряжением  $\sigma_{кр}$  и критическим размером трещины  $l_{кр}$  выражается формулой Гриффитса:

$$\sigma_{кр} = \frac{K_{IC}}{\sqrt{\pi l_{кр}}}$$

Кривая  $\sigma_{кр}=f(l_{кр})$  называется кривой критического разрушения (Рисунок 6).

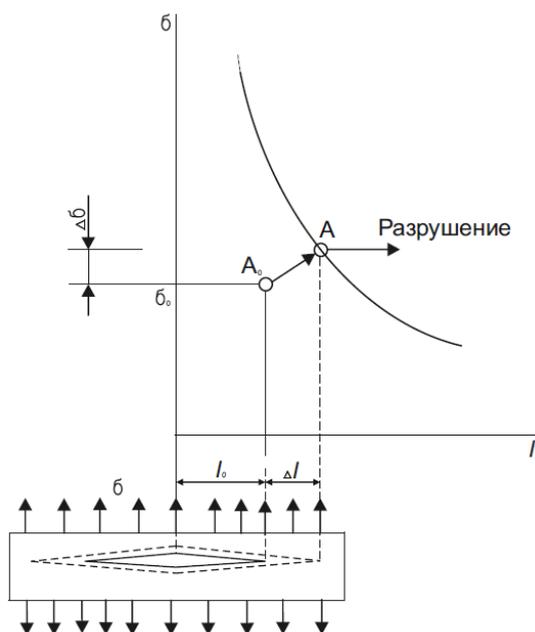


Рис.6. Кривая критического разрушения.

Если при данной длине трещины  $l=l_0$  и напряжении  $\sigma = \sigma_0$  соответствующая точка  $A_0(l_0, \sigma_0)$  лежит ниже кривой критического разрушения, то рост трещины энергетически невозможен. Как только трещина подросла до  $l+\Delta l_0$  (это может произойти за счет коррозии или циклического во времени нагружения конструкции), а напряжения возросли до  $\sigma+\Delta\sigma_0$  и точка  $A_0$  перешла в положение  $A$ , так трещина становится неустойчивой. Малейшее ее продвижение приводит к выделению энергии деформации большей, чем требуется на работу разрушения, вследствие чего быстро формируется динамический процесс распространения трещины. Выделение энергии деформации в короткий промежуток времени создает впечатление взрывоподобного разрушения.

Такое плохо прогнозируемое поведение трещин, трудность с определением скорости их развития и размеров, а так же их влиянием на элементы конструкций, делают трещины очень опасными. Их обнаружению при обследованиях уделяется большое внимание, а после этого, ставится вопрос об их заделке, а в случаях представляющих потенциальную опасность либо об усилении, либо о замене элементов конструкций.

Для безопасной эксплуатации зданий необходимо постоянно следить за их состоянием, вовремя проводить плановые ремонты, обнаруживать появление дефектов и принимать меры к их ликвидации. Только налаженный надзор за состоянием зданий и регулярные обследования, проводимые специализированными организациями, помогают избежать многих инцидентов и аварий на котельных.

#### Список литературы

1. Справочная нормативная система NormaCS. Лицензия 41456/NCS-2013 выдана ООО «ЭкспертСервисПроект», г. Уфа.
2. СНиП II-35-76 «Котельные установки. Нормы проектирования». Утверждены постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по делам строительства от 31.12.1976 г. № 229.
3. СП 89.13330.2012 «Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76». Утвержден приказом Министерства регионального развития РФ от 30.06.2012 г. № 281.

4. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Утверждены Приказом Министерства регионального развития РФ от 29.12.2011 г. № 635/8.
5. ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету». – М.: Фед. агентство по техническому регулированию и метрологии, 2010.
6. ГОСТ 25.506-85 Расчет и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. – М.: Госстандарт СССР, 1985. Ограничение срока снято протокол № 5-94МГС от 17.05.94 (ИУС-№11-94).
7. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. – М.: Наука, 1974.

## ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА ОПЕРАТОРОВ СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

**Вишневская Н.Л., Плахова Л.В.**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Современные сложнейшие компьютеризированные системы, их обслуживание, координация взаимодействия персонала различных служб породили новые источники человеческих ошибок. Для сравнения, отказы техники послужили причиной 22% аварий, а условия окружающей среды лишь в 4% [1,2,3,4].

Известно, что система безопасности предприятия представляет собой набор "барьеров", препятствующих возникновению нарушений. При этом скрытые (латентные) недостатки в элементах системы безопасности могут образовать взаимосвязанную цепь событий и вызвать аварийную ситуацию [5].

Цель настоящего исследования: оценка условий труда персонала высокотехнологичного производственного комплекса.

Основополагающими правовыми нормативными документами в сфере обеспечения безопасных условий труда, сохранения жизни и здоровья работающих безопасности личности в процессе жизнедеятельности, включая производственную и трудовую деятельность, наряду с указанными выше, относятся: Гражданский, Трудовой, Налоговый кодексы Российской Федерации, которые вместе с Кодексом РФ об административных правонарушениях, а также рядом других федеральных законов, регулируют жизненно важную сферу деятельности. В соответствии с трудовым законодательством, иными нормативными правовыми актами, работодатель имеет право принимать локальные нормативные акты [5].

Локальные нормативные акты работодателя, содержащие нормы трудового права, не должны противоречить Трудовому кодексу РФ, другим федеральным законам, указам Президента Российской Федерации, постановлениям Правительства Российской Федерации, нормативным правовым актам федеральных органов исполнительной власти, законам и иным нормативным правовым актам субъектов Российской Федерации. Работодатель имеет право принимать локальные нормативные акты, например инструкции по охране труда и другие, содержащие нормы трудового права, в пределах своей компетенции в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, коллективным договором, соглашениями.

Локальные нормативные акты работодателя разрабатываются на основе всех действующих нормативных документов, а для сферы охраны труда – на основе государственных нормативных требований охраны труда. Требования охраны труда, содержащиеся в локальных нормативных актах работодателя, обязательны для выполнения не только всеми работниками данного работодателя, но и другими лицами, находящимися на рабочих местах, а также на территории, контролируемой работодателем. Именно в сфере локальной деятельности в настоящее время пересматриваются в сторону увеличения нормативы рабочего времени, причем обосновываются эти изменения требованиями технологических регламентов и непрерывностью процессов. Следовательно, возникает противоречие между государственным регулированием в сфере охраны труда и деятельностью физических и юридических лиц, что тем самым влияет на экономические и социальные процессы. Поскольку одним из важных направлений государственной политики в области охраны труда является: обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников важным элементом современной оценки условий труда является определение уровня нагрузки на операторский контингент оценка возможных негативных состояний персонала в процессе рабочих смен, связанных с возможными ошибками в процессе управления производственным циклом.

Появление операторских профессий, связанных с контролем технологических параметров с помощью электронно-вычислительной техники и наблюдением за технологическим процессом на экранах мониторов привело к необходимости разработки нового типа нормативных документов, направленных на предупреждение и устранение неблагоприятных состояний у работающих. Одним из первых является «Рекомендации по устранению и предупреждению неблагоприятного влияния монотонии на работоспособность человека в условиях современного производства», утвержденные 26.08.1980 г. № 2257-80. Монотония в этом документе рассматривается лишь с позиции снижения работоспособности и роста травматизма и заболеваемости. При этом указывается актуальность решения проблемы, которая сдерживается отсутствием единых научно-обоснованных положений, необходимых для конкретных рекомендаций по предупреждению отрицательных последствий монотонного труда в разных отраслях промышленности. Современные регламенты представлены рядом действующих документов. Среди них следует отметить в первую очередь «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда», Р 2.2.2006-05, в котором представлена методика оценки напряженности трудового процесса по интеллектуальным, сенсорным, эмоциональным, монотонным нагрузкам и режиму труда.

Результаты работы показали, что напряженность труда операторов относится к 3.2 классу условий труда, а напряженность труда начальников смен более выражена и отнесена к 3.3. классу.

Выполненная оценка показала, что работники ЦПУ в ходе трудового процесса испытывают значительную интеллектуальную, эмоциональную, сенсорную нагрузку, при этом монотонность трудовых операций и неблагоприятный режим работы создают объективные условия для развития у персонала синдрома монотонии.

Что касается тяжести трудового процесса работников ЦПУ, то этот показатель может быть отнесен к 1-му классу оценки условий труда.

В соответствии с п. 5.11.4. «Руководства ... 2005г» в сложных случаях производства условия труда следует оценивать по показателям функционального состояния организма работника и другим данным. Такая оценка проводится специалистами по гигиене труда.

К таким случаям относят: особые формы организации работ (продолжительность рабочей смены более 8 ч.), а также работы, ухудшающих функциональное состояние работника. Результаты оценки функционального состояния организма работающих в ходе рабочих смен представлены в следующем разделе отчета

Следует отметить, что, несмотря на достаточное многообразие установленных нормативных требований к оценке напряженности труда операторов (приложение 16 «Руководства ... 2005г.»), обосновать систему компенсирующих мероприятий по оптимизации, снижению напряженности трудового процесса, только на этом материале не представляется возможным, так как трудовая деятельность работающих связана с отлаженным ходом производства в условиях современного высокотехнологичного предприятия, в котором работник – оператор должен неукоснительно соблюдать режимные требования технологического процесса.

В связи с указанным, методика оценки состояния оператора по 23 пунктам таблицы 17 «Руководства...2005 г.» позволяет лишь констатировать напряженность, монотонность труда, нагрузку на анализаторы, фиксировать психо - эмоциональное состояние организма работающего на данный период, дает информацию об индивидуальных личностных качествах работающих, но не позволяет обосновать в последующем радикальных изменений для профилактики негативных состояний и кардинального изменения условий труда, что, по-видимому, следует осуществлять на другой основе.

Так, современные исследования свидетельствуют, что возникновение и развитие напряженности и синдрома монотонии у операторов в процессе трудовой деятельности зависит не только от личностных психофизиологических характеристик работников, но во многом определяется комплексом факторов производственной среды [1,2], нормализация которых может рассматриваться в качестве механизма минимизации неблагоприятных воздействий и способа профилактики монотонии. Среди этих факторов важное значение отводится санитарно - гигиеническим параметрам производственной среды, в частности, тепловой среде, эргономической и эстетико-дизайнерской характеристикам производственных помещений и рабочих мест [1].

Работа операторов современного высокотехнологичного производства относится к категории вредных по напряженности труда.

Разработка комплекса профилактических мероприятий по профилактике синдрома монотонии требует многогранной оценки условий труда и специфического подхода с учетом требований технологического процесса предприятия.

### Список литературы

1. Вишневецкая Н.Л., Плахова Л.В. Профессиограмма как интегральная модель оценки пригодности персонала для обеспечения безопасности производства //Фундаментальные исследования 2014. №8 (часть 4), год. С. 801-805.
2. Вишневецкая Н.Л. Проблемы оценки надежности в процессе трудовой деятельности человека. //Фундаментальные исследования. 2009. № 9. С. 58-29.
3. Вишневецкая Н.Л., Шевченко А.Е., Баулина А.А. Современные аспекты психологии безопасности труда. //Современные проблемы науки и образования. 2009. № 2. С. 101-102.
4. Глебова Е.В., Кручинин А.В., Иванова М.В., Князева А.В. Профессиональный отбор операторов по добыче нефти.//Безопасность труда в промышленности. 2005. № 2. С. 32-34.
5. Левашов С.П. О методологических принципах анализа безопасности жизнедеятельности. //Вестник Курганского государственного университета. Серия: Технические науки. 2005. № 2. С. 214-220.

### СЕКЦИЯ №17.

### ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)

#### ИНЖИНИРИНГ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ИНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦИИ

Давлеткиреева Л.З., Скокова И.К.

МГТУ им. Г.И. Носова, РФ, г.Магнитогорск

На современном этапе развития управления организации важной задачей является – управления информационными системами (ИС) как систематизированной структурой взаимоотношений и процессов выбора вектора развития организации и методов управления в сфере информационных и смежных технологий. Управление ИС структурно связывает информационные процессы, необходимые ресурсы и информацию, что необходимо для достижения конечной цели деятельности организации.

Информатизация сферы образования, одним из направлений предполагает активное внедрение IT-технологий, как непосредственно в образовательный процесс, так и в управление им. На сегодняшний день наиболее актуальным становится проведение Интернет-конференций.

Основными инструментами научного мероприятия являются Интернет ресурсы – сайт, портал, форум и т.п. Преимущества данного вида мероприятия очевидны: для участия необходим компьютер с выходом в Интернет, экономия финансовых средств и времени. Процесс планирования, организации и проведения таких видов конференций является весьма специфической задачей. На данный момент возникают определенные сложности в процессе их проведения и требуется разработка современных моделей, методик и алгоритмов, описывающих процесс планирования подобных мероприятий с применением актуальными на данное время системами и технологиями.

Основными возможностями Интернет-конференции являются: регистрация участников; приема материалов на конкурс; просмотр представленных материалов; оценки работ экспертной комиссии; предоставление информации и результатов по конференции.

Для достижения целей в организации мероприятия необходимы соответствующие ресурсы:

- приложения – автоматизированные пользовательские системы, а так же ручные процедуры, которые собирают, хранят, обрабатывают и распространяют информацию;
- информация – это данные во всех формах ввода, хранения, обработки и вывода с помощью систем, в любых формах, которые используются для обеспечения операционной деятельности организации;
- инфраструктура – это средства (аппаратное обеспечение, операционные системы, системы управления базами данных (СУБД), сеть, а также среда, в которой все это находится и поддерживается), делают возможным работу приложений;
- люди – необходимые навыки, мотивация достаточные для планирования, организации, проектирования, обеспечения, доставки, поддержки, мониторинга и оценки информационных систем.

В совокупности они выполняют определенный бизнес-процесс, представленный на рисунке 1, состоит из последовательности следующих этапов:

1. Подготовительный этап. Как и любой проект, конференция начинается с идеи. Конференция может быть посвящена какому-либо событию или проблеме, которая актуальна на сегодняшний день. Идея мероприятия должна пройти процедуру принятия решения на коллегиальном органе учреждения – собрании трудового коллектива, заседании у директора, ученом совете и т.д. Решение реализуется в приказе. Данный приказ является юридическим документом о проведении конференции. Где прописаны ответственные лица, форма конференции, тематика, план проведения. Следующей задачей является – оповещение участников мероприятия. Оповестить можно несколькими способами: объявление на сайте конференции, адресные письма, в других – рекламные, коммерческие или информационные письма. Текст предстоящего мероприятия должен содержать нужную информацию (вид конференции, тематика, организаторы, основные участники, дата проведения, требования к оформлению, контактная информация). Также нужно подготовить портал Интернет-конференции, техническое и программное обеспечение. Конференция проходит дистанционно, то должна быть возможность длительного хранения размещенных материалов на веб-сервере. Желающие принять участие, должны пройти процедуру регистрации. Работы должны быть высланы на портал до определенного числа, для того чтобы администратор мог ознакомиться с текстом и по необходимости выслать обратно, для исправления.

2. Основной этап. На данном этапе проходит сама конференция. Загруженные в информационную базу материалы обрабатывались экспертной группой для их анализа, оценки, рейтингования.

3. Заключительный этап. После того, как основная часть Интернет-конференции завершилась, нужно узнать мнение у участников, требуется найти и выбрать критерии, чтобы оценить эффективность Интернет-конференции, а также публикация материалов конференции.

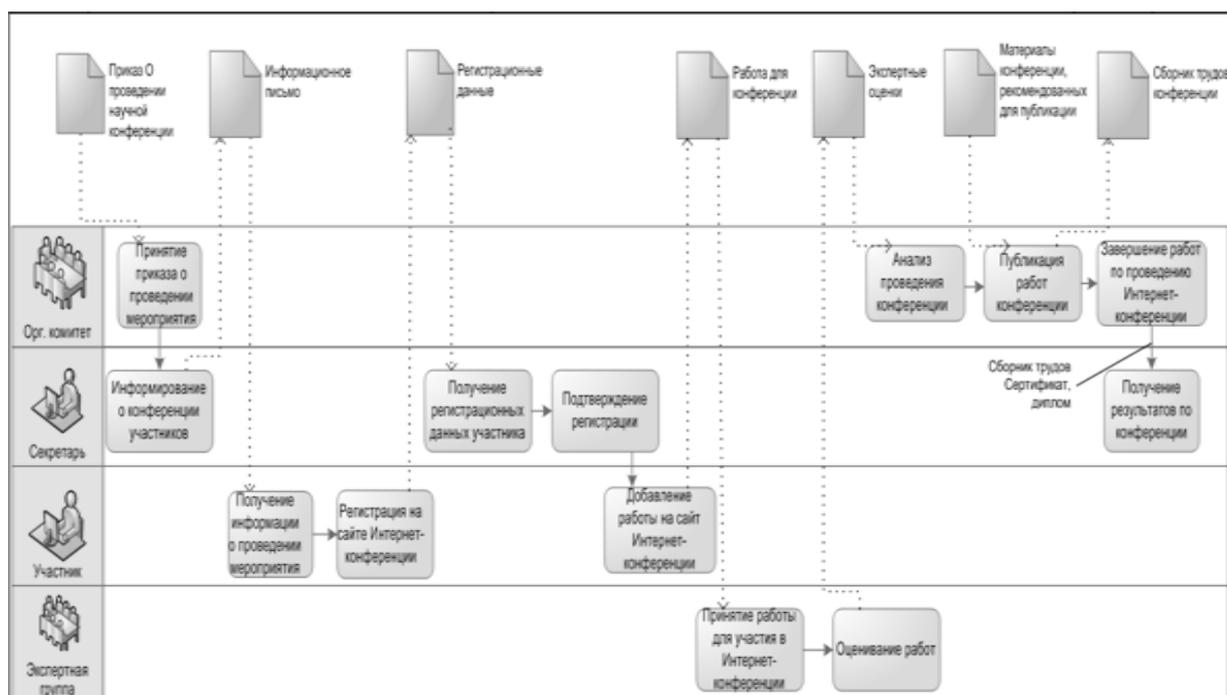


Рис.1. Основные процессы проведения Интернет-конференции

Современные средства управления деятельностью характеризуются высокой динамичностью, связанной с постоянно изменяющимися потребностями рынка, ориентацией оказания услуг на индивидуальные потребности заказчиков и клиентов, непрерывным совершенствованием технических возможностей и сильной конкуренцией. В этих условиях в менеджменте предприятий происходит смещение акцентов с управления использованием отдельных ресурсов на организацию динамических бизнес-процессов.

Бизнес-процесс характеризуется как деятельность по выполнению услуг на основе потребления ресурсов. Управление бизнес-процессами нацелено на выполнение качественного обслуживания клиентов. При этом в ходе управления бизнес-процессами все материальные, финансовые и информационные потоки рассматриваются во взаимодействии.

Новшества в управление бизнес-процессами внесли достижения в области современных ИТ, которые дают возможность проведения инжиниринга и реинжиниринга бизнес-процессов.

Целью реинжиниринга бизнес-процессов является целостное и системное моделирование и реорганизация материальных, финансовых и информационных потоков, направленная на упрощение организационной структуры, перераспределение и минимизацию использования различных ресурсов, сокращение сроков реализации потребностей клиентов, повышение качества их обслуживания.

Инжиниринг бизнес-процессов включает в себя реинжиниринг, проводимый с определенной периодичностью и последующее непрерывное улучшение бизнес-процессов путем их адаптации к изменяющейся внешней среде.

Для компаний с высокой степенью применения разной сферы деятельности бизнеса многообразием партнерских связей реинжиниринг бизнес-процессов обеспечивает решение следующих задач:

- 1) определение оптимальной последовательности выполняемых функций;
- 2) оптимизация использования ресурсов в различных бизнес-процессах;
- 3) построение адаптивных бизнес-процессов, нацеленных на быструю поддержку к изменениям потребностей конечных потребителей услуг, технологий и, следовательно, повышение качества обслуживания клиентов в условиях динамичности внешней среды;
- 4) взаимоотношение с внешней средой, в последующем предполагая эффективность процессов.

После проведения реинжиниринга организация должна поддерживать и улучшать процессы, что требует новых целей и новых усилий для их достижения. Эти цели значительно скромнее, чем цели реинжиниринга, и работа, требующаяся для их достижения, не имеет значительного влияния на эффективность работы. Однако усовершенствование бизнес-процессов постоянно должно продолжаться, так как это очень важно для всей компании. Для этих целей применяется инжиниринг, который представляет собой множество методик, используемых для проектирования бизнеса, удовлетворяющего заданным целям компании. В данные методики включают:

- 1) пошаговые процедуры для проектирования бизнеса;
- 2) систему обозначений (язык), описывающую проектирование бизнеса;
- 3) прагматические решения, позволяющие измерить степень соответствия спроектированного бизнеса заданным целям.

Выявить процесс, который подлежит усовершенствованию, очень трудно. И очевидной мишенью являются процессы, уже вызывающие трудности у руководителей компании. Для того чтобы правильно определить «узкие места» выполнения процесса, необходимо провести анализ, возможностью техникой владения моделированием. Моделирование бизнес-процессов является одним из важнейших инструментов анализа и развития деятельности предприятия. Функционал, который используется для анализа процессов, позволяет описать логическую взаимосвязь элементов от начала до завершения. Моделирование бизнес-процессов позволяет понять действия, совершенных в процессах, и их проанализировать. Это достигается за счет того, что модели могут быть составлены по различным аспектам и уровням управления. В больших организациях моделирование выполняется с детальной декомпозицией бизнес-процесса.

После анализа процесса проведения Интернет-конференции, выделим основные роли: организаторы; экспертная группа; участники.

Каждая из ролей имеет свои отличительные свойства, необходимые для определения зоны ответственности. Для моделирования процессов наиболее подходящей является методология Business Process Model and Notation (BPMN), которая направлена на улучшение способности организации оценивать свое состояние и управлять эффективностью своей деятельности на всех уровнях.

Для организационного комитета, в рамках проведения мероприятия, выделяют следующие функциональные обязанности: обеспечивает проведение мероприятия; формирует состав экспертной комиссии; принимает решение о результатах; разработка и издание материалов.

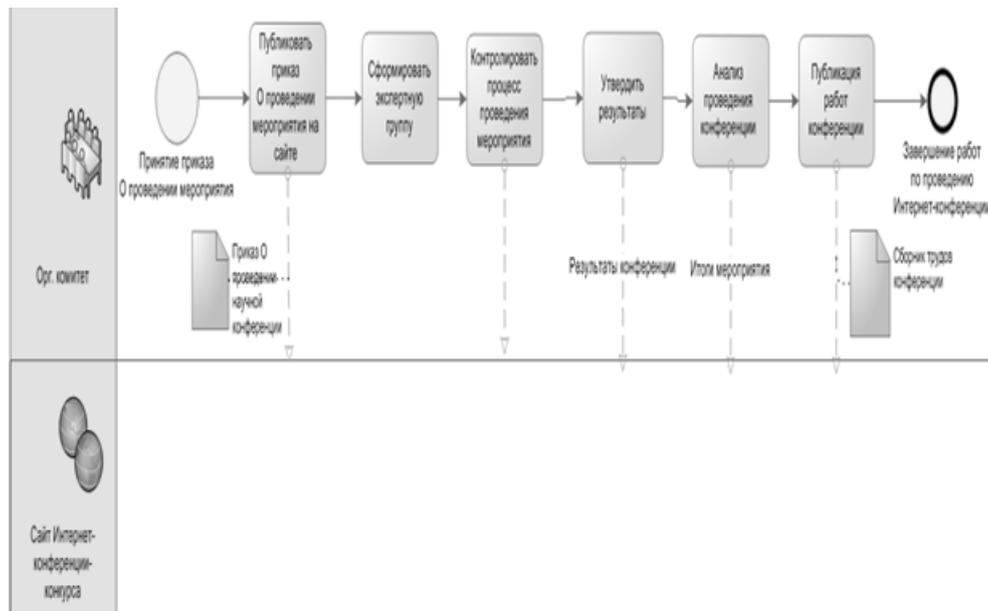


Рис.2. Анализ процессов организационного комитета

Для выполнения процессов выделяем следующую организационную структуру – участники. В рамках данной предметной области участники являются главным звеном проведения мероприятия. На Рисунке 3. определена последовательность действий на этапе «Добавления работы на сайт Интернет-конференции», отражающий взаимодействие участника и другой организационной структуры через рычаг воздействия – сайт Интернет-конференции.

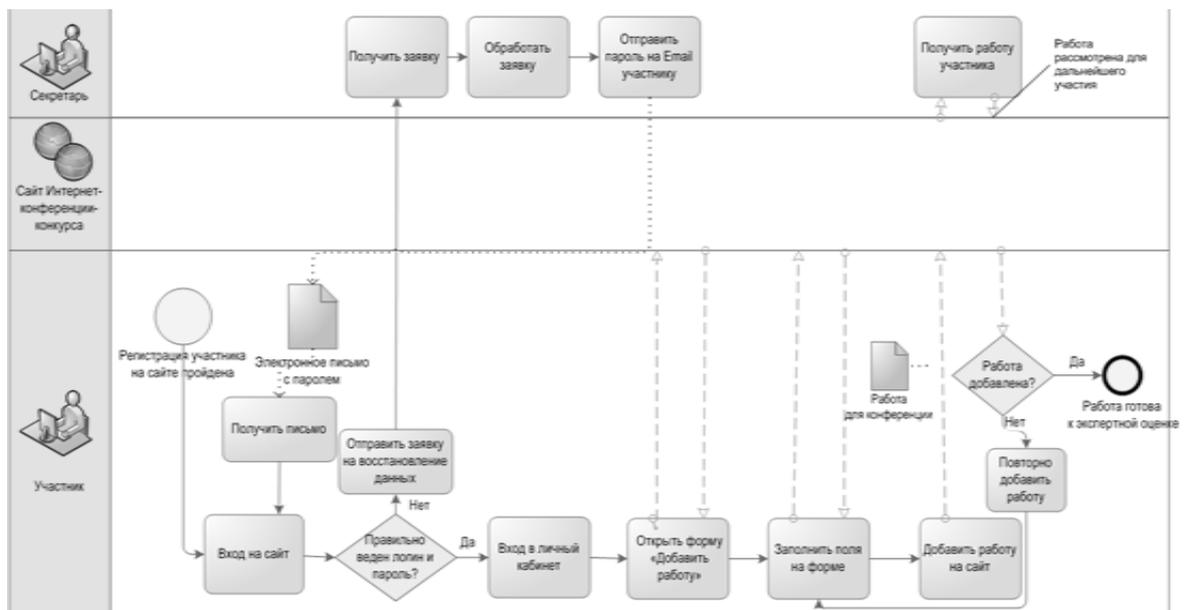


Рис.3. Моделирование процесса «Добавление работы на сайт»

На Рисунке 4 рассмотрим этап «Экспертная оценка», где, непосредственно, отражена последовательность действий, направленная на определенный результат. Основной ролью на данном этапе является Экспертная группа. Начальное событие является завершающим на этапе «Добавление работы на сайт», что показывает логическую структуру выполнения процессов.

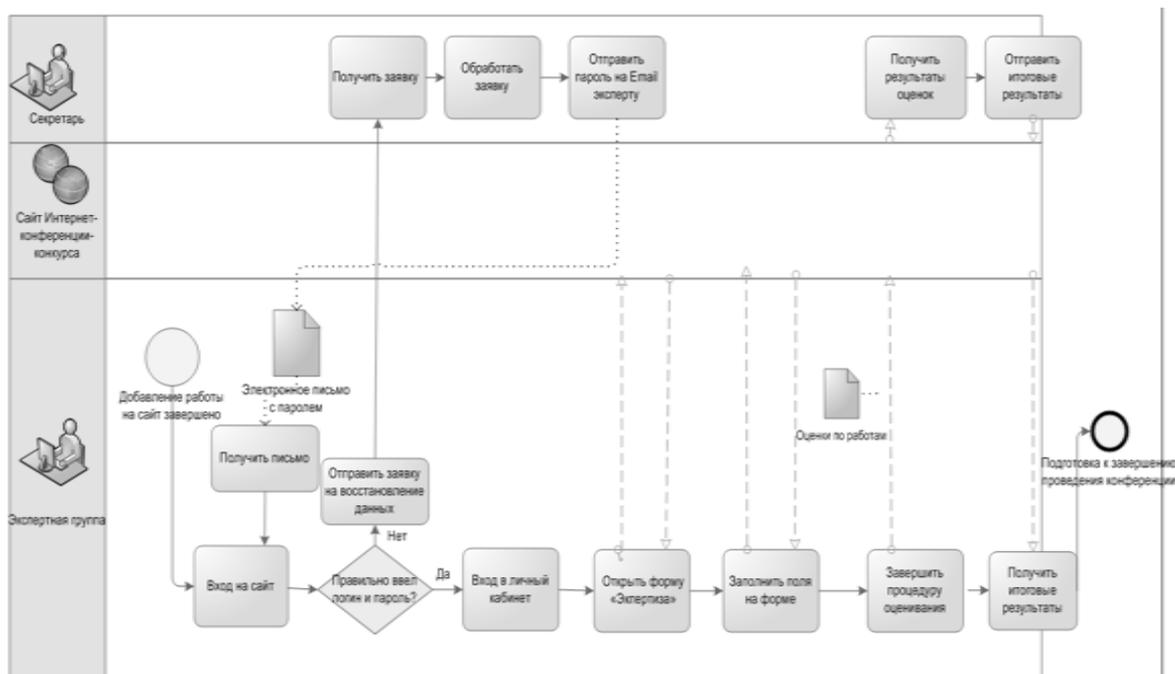


Рис.4. Моделирование процесса «Экспертная оценка»

Взаимодействие процессов невозможно без определенных инструментов, которые позволяют пользователям управлять и решать спектр задач. Определение совокупности технологических и технических решений для обеспечения информационной поддержки работы в соответствии с правилами и концепциями является системная архитектура.

При проектировании системной архитектуры возможно разделение системы на наиболее крупные составные части и принятие конструктивных решений, что определяет стратегию построения ИС как целого. Основным инструментом реализации Интернет-конференции является сайт конкурса. Требования, которые необходимы для Интернет-ресурса определяются в техническом задании (ТЗ), и структура, представленная на Рисунке 5, может быть следующей:

- описание общей иерархической структуры сайта. Может состоять из двух или трех уровней. дерево, первым уровнем которого является главная, домашняя страница. Второй уровень - это разделы сайта, третий - соответствующие подразделы;
- описание разделов сайта, которые не входят в основную иерархию, но могут быть вызваны из любой страницы сайта. К таким разделам относится поиск, регистрация и, для нашего проекта «Интернет-конференции» – публикации. Все они должны быть перечислены в ТЗ.
- детальное описание всех отличных друг от друга страниц – блоки, ссылки, элементы управления.
- требования к дизайну сайта.

Так же необходимо понимание внутренней структуры – программно-аппаратного комплекса. Основной частью является веб-сервер, который и содержит сайт. Так как у нас основными пользователями являются участники, то сайт предоставляет доступ к базе данных, кроме программы web-сервера, необходим сервер баз данных. При запросе пользователя к базе данных, веб-сервер транслирует запрос к серверу баз данных, получает от него ответ и передает его, предварительно отформатировав в формате сайта, обратно пользователю. Связка веб-сервер плюс сервер БД представляет собой основной принцип работы современных Интернет-систем.

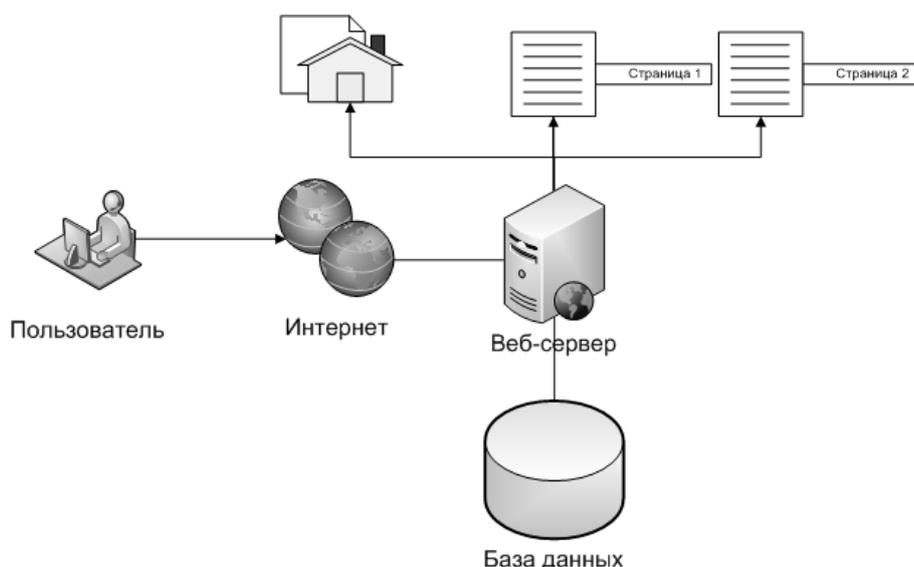


Рис.5. Архитектура web-сайта

При определении системной архитектуры организации Интернет-конференции определяют два ключевых принципа:

1. Понимать систему как состоящую из статических и динамических элементов. К статическим относятся созданные и поддерживаемые в системе основные данные, такие как: данные об участниках мероприятия, слушателей, организаторов, экспертов и основных бизнес-функциях - регистрация. К динамическим - относятся переменные данные, включая данные бизнес-процессов и документооборота, пользовательских интерфейсов и процедур, зависящих от применения конкретных устройств. Разделение системы на статические и динамические элементы помогает в конструировании элементов системной архитектуры. Ее комплексный характер влечет за собой необходимость определения базовых компонентов, на основе которых будут создаваться решения, а адаптивность к составу и содержанию заданных функций достигается посредством настройки различных динамических взаимосвязей между ними.

2. Определение компонентов: отдельные и независимые друг от друга. Подход позволяет сконструировать всю систему целиком, с возможностью многократного использования и замены элементов по необходимости.

В заключение построения архитектуры решаются следующие задачи:

- идентификация существующих данных, определение их источников и процедур использования;
- оптимизация данных за счет сокращения дублирования, исключение неоднозначности и противоречивости информации;
- минимизация перемещения данных за счет их оптимального расположения;
- интеграция метаданных для обеспечения их целостного представления;
- сокращение числа используемых технологий, обеспечивающих хранение и доступность информации.

Значение архитектуры процессов постоянно увеличивается за счет обеспечения возможностей эффективного использования существующих и новейших технологий.

#### Список литературы

1. Давлеткиреева Л.З., Назарова О.Б., Масленникова О.Е., Пролозова Н.О. Сопровождение КИС: учебник. – Магнитогорск: МаГУ, 2013. – 220 с.
2. Давлеткиреева Л.З., Назарова О.Б., Пролозова Н.О. Анализ стандартов в области сопровождения автоматизированных информационных систем // Современные научные исследования и инновации. – Ноябрь, 2012 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/11/18571>
3. Давлеткиреева, Л.З., Скокова, И.К. Актуальность и преимущества проведения Интернет-конференции как одной из форм обмена опытом между образовательными учреждениями/ Л.З. Давлеткиреева, И.К. Скокова // Современные тенденции развития науки и производства: сборник материалов Международной научно-практической конференции (23-24 октября 2014 года) – в 4-х томах, Том 1. – Кемерово: ООО «ЗапСибНЦ», 2014 – 196 с. – С. 99-101.

4. Давлеткиреева, Л.З., Скокова, И.К. Инновационные информационно-педагогические технологии в образовании: опыт проведения ежегодной одноименной Интернет-конференции-конкурса // Современные информационные технологии и ИТ-образование [Текст] / Сборник избранных трудов IX Международной научно-практической конференции. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. - М.: ИНТУИТ.РУ, 2014. – 957 с. – С. 573-575 –978-5-9556-0165-6.
5. Назарова О.Б., Давлеткиреева Л.З., Масленникова О.Е., Формирование компетенций ИТ-специалиста в области информационных систем по образовательной программе «Прикладная информатика» с привлечением вендеров// Прикладная информатика. - 2013. - №2(44) – 146 с. - С.49-57.
6. Назарова О.Б., Малахова И.В., Давлеткиреева Л.З. Аудит информационной инфраструктуры компании и разработка ИТ-стратегии: монография. – Магнитогорск: МаГУ, 2012. – 220 с.
7. Скокова, И.К. Обоснование инструментальных средств моделирования бизнес-процессов проведения мероприятий с использованием дистанционных технологий /И.К. Скокова, Л.З. Давлеткиреева // Современные технологии и управление: сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции 20–21 ноября 2014 года.– Светлый Яр: филиал ФГБОУ ВО МГУТУ имени К. Г. Разумовского (ПКУ) в р. п. Светлый Яр Волгоградской области, 2014. –714 с. – С. 694-697.
8. Сухомлин В.А., Давлеткиреева Л.З., Андропова Е.В., Иванов Н.Е., Якушин А.В. Интернет-конференция-конкурс как технология сбора лучшей практики и творчества преподавателей //Вестник Московского университета. Серия 20. Педагогическое образование. -2012. -№ 4. - С. 78 -90.
9. Чусавитина Г.Н., Давлеткиреева Л.З. Анализ и установление уровня зрелости информационной инфраструктуры организации для управления непрерывностью бизнеса // Современные информационные технологии и ИТ-образование /Сборник избранных трудов VII Международной научно-практической конференции. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. - М.: ИНТУИТ.РУ, 2012. – 1050 с.– С. 529-544.

## **СЕКЦИЯ №18.**

### **ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)**

#### **ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ СМК В РОССИИ**

**Адракова Г.С., Дедух А.А., Тяпаев Т.Б.**

ФГБОУ ВПО "Саратовский ГАУ", г.Саратов

В советские времена существовал негласный запрет на упоминание в публикуемых материалах темы, касающихся предложения о создании новых органов управления для решения той или иной проблемы. Разумнее было бы, если существующие органы управления работали лучше и эффективнее, но к сожалению, они стали регулярно реорганизовываться, реформироваться и пересматриваться, постоянно меняя руководителей на молодых и не опытных, которые не знают, как управлять организациями и различными отраслями. Тем самым качество на всех уровнях снизилось – от руководства предприятий до руководства экономикой страны в целом [1].

На протяжении уже нескольких лет Россия занимается внедрением инноваций, которая является главным вектором развития нашей экономики. Это следует из вовлеченности предприятий в реализацию инноваций, их инвестиции в инновационную деятельность, производство и экспорт инновационной продукции. Для повышения эффективности производства и конкурентоспособности необходимо разрабатывать организационные инновации, то есть новые методы управления бизнесом.

В России примером таких организационных инноваций служит внедрение СМК и сертификация продукции. Система менеджмента качества является наиболее известным представителем системы менеджмента, требования к которым определены в международных стандартах ИСО серии 9000. Эти стандарты написаны специалистами разных стран для своих предприятий, в основе которых сконцентрирован передовой опыт в области управления развитых стран мира.

В последнее время все больше организаций проявляют интерес к системам менеджмента (СМ). При этом некоторые из них действительно хотят внедрить СМ в соответствии с тем или иным стандартом (ИСЛ 9001, ИСО 22000, ИСО 14001 и т.д.), желая, чтобы бизнес процессы, процедуры реально работали и приносили пользу

компании. К сожалению, таких компаний приблизительно 5-10 %. Остальные внедряют СМ всего лишь с целью получить сертификат формально, поскольку этого требует клиент, или (как ни странно) мода. Такие компании обречены на неэффективное расходование средств, так как деньги, потраченные на подготовку системы, сертификацию и поддержание системы менеджмента будут потрачены зря и ощутимой пользы такое внедрение не принесет [2].

Рассмотрим реальные этому примеры. Два предприятия в одном городе, который у всех на слуху.

Пример 1. На крупном предприятии, имея требования на внедрение даже не стандарта ИСО 9001, а гораздо более жесткого стандарта ИСО/ТС 16949 умудрились внедрить этот стандарт «формально». И СМК на этом предприятии как «пятое колесо» у телеги: ценности для предприятия не приносит, кроме как сертификат «в красивой рамке», лишь оттягивает на себя ресурсы. Подобный пример относится к числу предприятий, цель которых получение сертификата для повышения конкурентоспособности на рынке.

Пример 2. На небольшом предприятии в этом же городе внедряют стандарт ИСО 9001 на основе «неформального» процессного подхода с элементами сбалансированной системы показателей (ССП), концепции «Бережливое производство» и специальных методов СМК (методики SRC, MSA, FMEA, PPAP, APQP, QFD, 8D) плюс параллельно очень активно внедряются программы по мотивации персонала и его вовлечению в процесс улучшений. Данный пример входит в 5-10% компаний, действительно желающих внедрить СМ. Это те предприятия, для которых СМК (а не сертификат на нее) – не цель, а средство повышения конкурентоспособности. Не надо иметь семи пядей во лбу, чтобы сделать вывод о том, где через два – три года будет каждое предприятие [3].

Подобные разграничения в «формальном» и «неформальном» внедрении системы менеджмента на предприятиях следует из предоставления двух путей получения сертификата: «быстрого» и «долгого». Рассмотрим более подробно каждый из них.

В первом случае нужно заключить договор на оказание услуг по проведению сертификации на соответствие ИСО 9001. Исполнитель разрабатывает всю необходимую документацию, предоставляет ее в орган по сертификации (ОС). На 30-й календарный день (или иной срок, указанный в договоре) исполнитель получает в ОС сертификат соответствия ИСО 9001, а так же сертификаты экспертов-аудиторов и передает полученные документы заказчику.

Во втором случае компания, желающая получить сертификат соответствия ИСО 9001, должна пройти так называемую процедуру разработки и внедрения СМК. И только после ее прохождения можно подать заявку в ОС. Далее ОС проводит предсертификационный аудит и выносит решение о выдаче, либо отказе в выдаче сертификата. Таким образом сертификацию проходят в большинстве зарубежных предприятий. Этим же путем можно пройти и в России.

Однако большинству компаний сертификат соответствия ИСО 9001 требуется в срочном порядке. Кроме того, стоимость сертификации по первому варианту составит около 80 тыс. рублей, а по второму варианту – от 200 тыс. рублей и выше. А процесс сертификации крупной компании может длиться более года и будет стоить от 500 тыс. рублей и выше.

Получается бизнесмен платит деньги, документы разрабатывают люди, которые не знают и не хотят знать, какая культура на предприятии, какие бизнес процессы существуют и какие документы должны существовать, чтобы добавлять ценность и приносить пользу, как они организованы и как должны быть организованы на этом предприятии с учетом специфики бизнеса, и другие важные детали. Эти «специалисты» делают все по шаблону.

Причинами подобного поведения специалистов по внедрению системы менеджмента качества является нежелание хозяев организаций вкладывать сравнительно большие средства в разработку, освоение и обеспечение эффективности функционирования всех, без каких либо исключений, подсистем СМК.

По сути, формальное внедрение СМК – это инновации, внедрением которых уже на протяжении нескольких лет занимается государство. Но, к сожалению, добиться успехов в этом направлении пока не удается. Все эти неудачи по внедрению СМК происходят по вине тех руководителей предприятий, которые не изучив предметно вопрос, воспринимают СМ как «пятое колесо», не понимают реального предназначения СМК, а также они зависят от квалификации консультантов, действующих по шаблону, относящихся формально к своей работе. Примерно у 60 % компаний нет четкого распределения функций и полномочий. Работники отделов качества зачастую не знают своих обязанностей. Эти проблемы можно решить только с помощью системного подхода.

В заключении можно сказать, что вся работа по внедрению и сертификации не будет приносить никакого результата, пока не изменится отношение руководителей к системам менеджмента. А будет ли СМК в России эффективна, то можно однозначно ответить, что да, если будут решены основные проблемы неэффективности системы менеджмента качества, заложенные в предпринимателях, внедряемые СМК на соответствие стандартам ИСО, и самих специалистах, оказывающих услуги по разработке и внедрению СМК. Также необходимо изменить

в подсознании людей понимания того, что сертификат СМК в соответствии с требованиями стандарта ИСО 9001 – это билет в страну «качества и конкурентоспособности», для достижения которых предприятия должны пройти не близкий и не легкий путь по внедрению и разработке СМК, а билет «не виноват», что кто-то сойдет на ближайшей станции и отстанет от поезда (организации, внедрившие СМК формально) и лишь не многие поедут дальше, понимая, что любая станция – это ловушка в современном конкурентном мире. Для таких предприятий СМК не цель, а средство повышения конкурентоспособности.

#### Список литературы

1. Петров, Н. От качества продукции к качеству экономики страны. Плохо управляем – не важно живем /Н. Петров//Стандарты и Качество.- 2012. - №10.- С.94-97.
2. Джанарсланов, Р. Система менеджмента как пятое колесо /Р. Джанарсланов//Стандарты и Качество.- 2014. - №7 (925).- С.100-102.
3. Кудряшов, А.В.Эффективна ли СМК в России /А. В.Кудряшов//Методы менеджмента качества.- 2011. - №7.- С.27.

### РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА ПРОИЗВОДСТВА ПЕРЕРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВЫХ ОТХОДОВ

**Алексеев А.И., Николаева Н.В., Конончук О.О.**

НМСУ «ГОРНЫЙ», РФ, г.Санкт-Петербург

В наше время гораздо чаще можно услышать слова, которые несколько десятилетий назад не использовались в русском лексиконе - инновации, инновационный бизнес, инновационные проекты, венчурные проекты. Сейчас эти новые термины на территории нашего государства окончательно внедрились в управленческий, юридический и экономический словарь. За несколько последних лет в Российской Федерации были приняты законы о помощи и поддержке, развитии и коммерциализации инноваций и инновационных проектов. Россия больше внимания уделяет науке, созданию новых идей, их разработке, изучению и внедрению в производственные и технологические бизнес-процессы. Россия всегда гордилась своим высоким научным потенциалом и активно развивает все центры всевозможных исследований, располагающиеся под крылом университетов, а также все коммерческие центры и компании.

Объектом исследования является инновационный проект по созданию производства переработки алюминиевых отходов.

Предметом исследования является процесс анализа и разработки рекомендаций по совершенствованию процесса реализации инновационного проекта и коммерциализации новшеств на примере проекта по созданию производства переработки алюминиевых отходов.

В данной работе рассмотрено развитие инновационного проекта производства переработки алюминиевых отходов; определен способ коммерциализации инноваций в представленном проекте.

Металлургическая промышленность алюминия является одной из базовых отраслей промышленности и уровень ее развития должен отвечать стратегическим задачам обеспечения качественной продукцией российской экономики и стабильного позиционирования на внешних рынках. Доля металлургии алюминия в ВВП промышленности страны составляет около 5%. Доля комплекса в промышленном производстве России - 18%, в основных фондах промышленности - 11%, в численности - более 9%. Доля в экспорте - около 15% (это - второе место после отраслей ТЭК). Модернизация металлургического производства должна проводиться на основе передовой конкурентоспособной техники и реализации эффективных изобретений. При этом необходимо соблюдать основные технические приоритеты: внедрение инноваций, позволяющих поддерживать конкурентоспособность на высокотехнологичном мировом рынке; технологическая потребность производства должна исходить из реально необходимой обществу; достижение социально – экономической эффективности; обеспечение ресурсосбережения и экологической безопасности.

В мировой практике выделяют следующие формы инвестиций в воспроизводство: новое строительство, или строительство заводов на новых площадках; расширение действующего завода – строительство вторых и последующих модулей завода с целью увеличения производственных мощностей; реконструкция действующего предприятия – осуществление по единому проекту полного или частичного переоборудования производств с заменой морально устаревшего и физически изношенного оборудования, повышения качества металлопродукции

и расширения производимого сортамента; техническое перевооружение – комплекс мероприятий, направленных на повышение технико-экономического уровня отдельных производств. Очевидно, что наиболее привлекательными для металлургической отрасли России на сегодняшний день являются последние две формы инвестиций. Далее представлена общая характеристика проекта по созданию производства переработки алюминиевых отходов.

На данный момент компания занимается переработкой алюминиевого лома, отправляя его на переплавку большому количеству заводов и продвигая конечный продукт - это алюминиевый сплав. Главная проблема данного производства заключается в том, что смесь алюминиевого лома, идущая на переработку не позволяет получить в качестве готового продукта чистый алюминий, который можно продавать по значительно отличающейся цене из-за отсутствия в ломе примесей. Полученная на новом оборудовании гидрохимическая технология помогает при наименьших затратах и маленьком энергопотреблении получить технологию для переработки алюминиевых отходов, результатом которого на выходе является алюминий, без примесей, который имеет более высокую цену на рынке.

Конкурентоспособность технологии основывается на создании модульной установки, при использовании которой получается более чистый продукт на выходе (алюминий практически без примесей), а, в итоге, более дорогой в реализации. Главными покупателями полученного чистого алюминия являются компании специализирующиеся на производстве алюминиевых сплавов и изделий из них. К тому же, чистый алюминий пользуется постоянным спросом на товарно-сырьевых биржах. Компания, на базе которой планируется реализовывать данный проект, имеет ряд клиентов, имеющих постоянную потребность в алюминии, что может быть подкреплено договором на снабжение алюминием.

Будучи компанией, не перерабатывающей лом алюминия на базе производства, компания имеет мало возможностей для переработки лома, собранного у всех его компаний-потребителей, а также удовлетворять потребности в той или иной определенной группе ломов. Из-за этого компания отказывается от более объемных и дешевых поставок низкачественного алюминиевого лома в сторону более дорогих, но менее выгодных для переработки и продажи. При вводе новой технологии переработки и производства алюминия марки А0, производство выходит на уровень (по качеству производимого товара) с такими заводами, как Волховский алюминиевый и подобные ему заводы, клиентами которых являются подавляющее количество компаний машиностроительной отрасли и другие перерабатывающие предприятия, которым необходим первичный алюминий для создания алюминиевого сплава. Но отличная чистота алюминия, и качественное обновление технологии и оборудования производства приводит к главному конкурентному преимуществу, которым является качество продукта, но при объемах производства около 480 т/год.

Созданная нами гидрохимическая технология дает возможность перерабатывать большое количество разного алюминиевого лома, получая при этом алюминия высокой частоты. Полученный теоретический и технологический аспект процесса использования алюминиевых отходов с применением диаграммы  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ . В основе технологии переработки алюминиевого отхода лежат изотермы растворимости гидроксидов алюминия и гидроалюминатных кальциево-магниевого веществ в щелочно-алюминатном растворе. Технологический процесс отработки алюминиевого отхода берет начало с приготовления алюминатного препарата, потом происходит отслоение гидроксида алюминия, его прокатка с использованием электролиза и получением алюминия нужной марки. В Российской Федерации и в других странах СНГ подобные технологии по утилизации и переработке алюминиевых отходов на основе экологически безвредной технологии отсутствуют. Разработанная технология определяется высокими показателями по энергоемкости, металлоемкости, пожаробезопасности, отсутствием выбросов в атмосферу и большой производительностью. Разработанный технологический цикла переработки алюминиевых отходов показывает его полную экологическую безопасность технологии. Но любой проект является не завершенным, пока он не приносит прибыль. [2]

Для этого необходимо приступить к следующему этапу – определению способа коммерциализации проекта. Прежде чем выбрать способ коммерциализации, был проанализирован каждый из них и выбран оптимальный для нашего проекта. В Табл.1 приведены основные достоинства и недостатки выбранного способа коммерциализации нашего проекта.

## Достоинства и недостатки способов коммерциализации инноваций

Способы коммерциализации	Достоинства	Недостатки
Самостоятельное использование	При успешной организации производства и «захвату» ниши на рынке, очень высокие доходы; Постоянный контроль предприятия и производства; Полное распоряжение правами на интеллектуальную собственность (инновации).	Высокие риски; Большой срок окупаемости; Требуется наличие значительных финансовых ресурсов.

Выбрав самостоятельное использование инновации, предприятие учитывает, что для успешной коммерциализации инновационного проекта требуются значительные трудовые, временные и финансовые ресурсы. «Поглощение» рынка и получение прибыли возможно только в долго- или среднесрочный срок. И даже при самой высоко эффективной организации процесса существует риск того, что технология не будет востребована. Исходя из того, что получение прибыли является основной целью любой компании, главной задачей для компании при анализе методов коммерциализации является прогноз, расчет и обоснование потенциальных доходов и расходов каждого из них (Табл.2).

Таблица 2

## Доходы и расходы предприятия при коммерциализации инноваций

Способы коммерциализации	Доходы предприятия	Расходы предприятия
Самостоятельное использование	Выручка от продажи инновационной продукции; Выручка от сдачи оборудования в лизинг; Выручка от оказания инженеринговых услуг.	Затраты на организацию и поддержание производства; Затраты на маркетинговые исследования и рекламную кампанию; Затраты на модификацию или доработку продукции; Затраты на привлечение клиентов.

В методе самостоятельной реализации инновационного проекта, исключая лизинг и инженеринговые услуги, ожидаемую прибыль за определенный период можно рассчитать по формуле:

$$П_{Т1} = \sum_{t=t_1}^{t_k} V_t \times \Delta\Pi_t \times K_{dt} \quad (1)$$

где:  $П_{Т1}$  – ожидаемый размер прибыли за период Т, в денежных единицах;

$V_t$  – объем реализации технологии в году t;

$\Delta\Pi_t$  – ожидаемая прибыль от реализации технологии в году t, в денежных единицах;

$K_{dt}$  – коэффициент дисконтирования в году t;

$t_1$  и  $t_k$  – начальный и конечный годы расчетного периода Т соответственно. [1]

Рассмотрев различные способы коммерциализации инновационных проектов, на основе всех приведенных выше заключений была построена модель коммерциализации инновационного проекта по переработке алюминиевого лома (Рисунок 1). [3,4]



Рис.1. Модель коммерциализации инновационного проекта по переработке алюминиевого лома.

В разработанной модели представлены все участники процесса коммерциализации инновационного проекта по переработке алюминиевого лома. Компания, реализующая проект и разработчики инноваций устанавливают договорные отношения, обоснованные на одном из видов лицензии на право владения инновацией. Связь компании, реализующей проект и банков необходима для получения единовременного кредита для запуска новой технологии, также происходит обязательное страхование оборудования. Взаимосвязь компании, реализующей проект и акционеров происходит на взаимовыгодных условиях: для проекта – для дополнительного его финансирования, а для акционеров – для получения дивидендов. Также в данной сфере производства при свободных мощностях на производстве возможно получение прибыли и дополнительного финансирования за счет заключения договоров с соседствующими с Россией странами (например - Китай), для организации толлинга. Данная модель может быть не окончательной, и может меняться и подстраиваться под каждый отдельный проект, а также меняться при изменениях в отраслевой сфере, в сфере науки или внешней экономики.

В итоге в статье были описаны условия устойчивого экономического роста и конкурентоспособности в данной отрасли, которые возможны только при активной инновационной деятельности. Инновационная деятельность сопряжена с появлением рискованных ситуаций, вызванных хаотическими явлениями, возникающими под воздействием изменений внешней и внутренней среды предприятия, построение моделей инновационного развития позволяет прогнозировать возможные риски и минимизировать их последствия. А так же предложена модель коммерциализации инновационного проекта по переработке алюминиевого лома.

Инновации присутствуют в нашей жизни и они необходимы для развития разных сфер деятельности. Как правило инновации упрощают нашу жизнь, выводят производство на новый уровень. Поэтому большинство развитых стран вкладывает огромные деньги в развитие инноваций, создаются все условия для молодых ученых. Но важным аспектом в развитии инноваций является их коммерциализация. Проекты должны приносить прибыль, окупаться. В большинстве стран не более 10% проектов воплощается в жизнь. На пути коммерциализации существует множество трудностей, к примеру, запатентовать свою инновацию. Этот процесс может занимать до года. Затем необходимо решить воплотить проект в жизнь самостоятельно, продать лицензию или продать все права. Но если проект проходит через все трудности и успешно воплощается на практике, то он может окупиться в десятки раз. [2]

#### Список литературы

1. Инновационный менеджмент: Концепции, многоуровневые стратегии и механизмы инновационного развития: Учеб. пособие / Под ред. В. М. Аньшина, А. А. Дагаева. – 3-е изд. – М.: Дело, 2007

2. Магистерская диссертация Соболева<sup>1</sup> Н.В. на тему «Реализация инновационного проекта и коммерциализация новшеств», СПГЭУ, 2014
3. Монастырский Е.А., Грик Я.Н. Ресурсный подход к построению бизнес-процессов и коммерциализации разработок // Инновации. – 2004, № 7
4. Основы инновационного проектирования: учебное пособие / под редакцией В.А. Сергеева. - Ульяновск: УлГТУ, 2010

## СЕКЦИЯ №19.

### НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)

#### МОДЕЛЬ ПОЛЯРИЗАЦИИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ

Тиллес В.Ф.

ЮГУ, РФ, г.Ханты-Мансийск

Предложена модель, учитывающая распределение доменных границ по собственным частотам и временам релаксации (или энергиям активации). По спектрально-температурной зависимости комплексной диэлектрической проницаемости  $\varepsilon^*(\omega, T)$  может быть определена функция распределения доменных границ по собственным частотам и временам релаксации  $f(\omega_0, \tau)$  (или потенциальным барьерам  $f(\omega_0, W_0)$ ).

#### I Введение.

Анализ спектров диэлектрической проницаемости наноструктурированных сегнетоэлектрических материалов потребует, по нашему мнению, новых моделей процессов поляризации. Существенную часть нанобъекта составляет поверхность, свойства поляризующихся частиц и доменных границ (ДГ) в приповерхностном слое отличны от свойств частиц и ДГ расположенных в объеме. Другое сопротивление среды перемещению ДГ, коэффициенты упругой связи ДГ с дефектами, на которых ДГ закреплены, другие потенциальные барьеры для движения. Наблюдаются сложное распределение ДГ по временам релаксации. Моделирование спектров проницаемости, проведенное в [1], показало, что классические модели применимы, если наиболее характерные времена релаксации различаются более, чем на порядок. В противном случае выбирается одно время релаксации, которое является *средним* между двумя ярко выраженными в реальном спектре распределения частиц по временам релаксации, т.е. идентификация ДГ (например, определение энергии активации) будет ошибочна. При анализе экспериментальных спектров проницаемости субмикронных сегнетоэлектрических пленок мы неоднократно наблюдали диаграммы Коула-Коула, характерные для «упруго-вязкого» (по [2]) движения ДГ, модель Дебая и аналогичные модели релаксационной поляризации в таких случаях неприменимы. Таким образом, актуальны разработка модели, которая учитывала бы распределение ДГ как по временам релаксации, так и по собственным частотам, а также методики расчета этой функции распределения.

#### II Модель движения ДГ.

##### Учет упругой и резонансной поляризации

Пусть в диэлектрике имеются ДГ, собственная частота колебаний которых определяется массой, приходящейся на единицу площади,  $m$  и коэффициентом упругой связи  $k$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}. \quad (1)$$

Вязкость среды  $\eta$  и коэффициент упругой связи определяют время релаксации ДГ

$$\tau(T) = \frac{\eta}{k} \quad (2)$$

Рассматривая движение ДГ под действием электрического поля  $E = A_0 \exp(i\omega t)$  и решая уравнение

<sup>1</sup> Соболева Н.В., изменение фамилии на Николаева Н.В. (с 2.10.2014)

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + \eta \frac{dx}{dt} + kx = qE \quad (3)$$

для дисперсии комплексной диэлектрической проницаемости можно получить уравнения:

$$\varepsilon^*(\omega, T) = \frac{\Delta\varepsilon}{1 - \omega^2 / \omega_0^2 + i\omega\tau(T)}, \quad (4)$$

где собственная частота колебаний частицы  $\omega_0$  не зависит от температуры, а время релаксации

$$\tau(T) = \frac{1}{\omega_0} \exp\left(\frac{W_0}{kT}\right), \quad (5)$$

где  $W_0$  – высота потенциального барьера, причем  $\omega_0$  определяет частоту попыток преодоления потенциального барьера.

Полагая, что в сегнетоэлектрике присутствуют ДГ с разными собственными свойствами, и влияние среды на движение ДГ также различно, введем функцию распределения ДГ по собственным частотам и временам релаксации  $f(\omega_0, \tau)$  (или потенциальным барьерам  $f(\omega_0, W_0)$ ), которая нормирована следующим образом

$$\int_{E_{01}}^{E_{0n}} \int_{\omega_{01}}^{\omega_{0n}} f(\omega_0, W_0) d\omega_0 dW_0 = 1. \quad (6)$$

Тогда дисперсия проницаемости имеет вид

$$\varepsilon^*(\omega, T) = \Delta\varepsilon \int_{E_{01}}^{E_{0n}} \int_{\omega_{01}}^{\omega_{0n}} \frac{f(\omega_0, \tau)}{1 - \omega^2 / \omega_0^2 + i\omega\tau} d\tau d\omega_0, \quad (7)$$

или

$$\varepsilon^*(\omega, T) = \Delta\varepsilon \int_{E_{01}}^{E_{0n}} \int_{\omega_{01}}^{\omega_{0n}} \frac{f(\omega_0, W_0)}{1 - \omega^2 / \omega_0^2 + i\left(\omega / \omega_0\right) \exp\left(W_0 / kT\right)} d\omega_0 dW_0. \quad (8)$$

Меняя вид функции распределения  $f(\omega_0, W_0)$ , можно получить большинство известных моделей поляризации.

При моделировании рассматривается двумерное нормальное распределение для одного типа ДГ с наиболее вероятными собственной частотой колебаний  $\omega_{0m}$  и энергией активации  $W_{0m}$ :

$$f(\omega_0, W_0) = \frac{1}{c} \frac{\exp\left[-\left[\frac{\omega_0 - \omega_{0m}}{\sigma_1}\right]^2 - 2 \cdot \rho_{12} \frac{\omega_0 - \omega_{0m}}{\sigma_1} \frac{W_0 - W_{0m}}{\sigma_2} + \left[\frac{W_0 - W_{0m}}{\sigma_2}\right]^2\right]}{2 \cdot (1 - \rho_{12}^2)} \quad (9)$$

$$2 \cdot \pi \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \sqrt{1 - \rho_{12}^2}$$

где  $\rho_{12}$  – коэффициент корреляции,  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  – дисперсии,  $c$  – нормирующий множитель, который определяется из условия

$$\int_{W_{01}}^{W_{0n}} \int_{\omega_{01}}^{\omega_{0n}} f(\omega_0, W_0) d\omega_0 dW_0 = 1 \quad (10)$$

При выполнении соотношения

$$W_0 \geq kT \ln 7$$

поляризацию можно считать релаксационной, так как в этом случае модуль релаксационной функции не превышает модуль резонансной функции более, чем на 1%. Дисперсия  $W_0$  менее шага дискретизации по энергии

позволяет моделировать спектр с сосредоточенными параметрами. Так подстановка в (9)  $\sigma_1=0.2, \sigma_2=0.005, W_0=0.04, \omega_0=50, \rho_{12}=0.7$  позволяет получить спектр, совпадающий со спектром, построенным по модели Дебая. Увеличение дисперсии  $\sigma_2$  приводит к размытию спектра, соответствующему модели Коула-Коула с параметром распределения. Повышение температуры приводит к эволюции спектра от релаксационного к резонансному.

В рамках данной модели можно синтезировать спектр комплексной проницаемости практически для любого сколь угодно сложного распределения доменных границ. При обработке результатов эксперимента необходимо решать обратную задачу – определять двумерную функцию распределения по экспериментальной частотно-температурной зависимости проницаемости.

### III Решение обратной задачи.

Подбор двумерной функции распределения для анализа экспериментальных данных, очевидно, задача чрезвычайно сложная, а решение интегрального уравнения (8) относительно  $f(\omega_0, W_0)$  является существенно некорректной по Тихонову А.Н. задачей. При наличии погрешности эксперимента решение уравнения обычными способами имеет вид двумерной знакопеременной пилы представленной на Рисунке 5

Однако, например, для мнимой части комплексной диэлектрической проницаемости уравнение

$$\varepsilon''(\omega, T) = \Delta\varepsilon \int_{E_{01}}^{E_{0n}} \int_{\omega_{01}}^{\omega_{0n}} \frac{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right) \exp\left(\frac{W_0}{kT}\right)}{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 + \left(\frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right) \exp\left(\frac{2W_0}{kT}\right)} f(\omega_0, E_0) d\omega_0 dW_0, \quad (9)$$

введением переменных  $x_1 = \ln(\omega), x_2 = -\ln(kT), s_1 = \ln(\omega_0), s_2 = -\ln(W_0)$  сводится к виду свертки:

$$\varepsilon''(e^{x_1}, e^{x_2}) = \quad (10)$$

$$\Delta\varepsilon \int_{\ln(E_{01})}^{\ln(E_{0n})} \int_{\ln(\omega_{01})}^{\ln(\omega_{0n})} \frac{\exp(x_1 - s_1) \exp(\exp(x_2 - s_2))}{\left[1 - \exp[2(x_1 - s_1)]\right]^2 + \exp[2(x_1 - s_1)] \exp(\exp(2(x_2 - s_2)))} F(s_1, s_2) ds_1 ds_2$$

где  $F(s_1, s_2) = -\exp(s_1 - s_2) f(s_1, s_2)$ .

Аналогично преобразуется действительная часть комплексной диэлектрической проницаемости.

Используя метод регуляризации А.Н.Тихонова для решения двумерного уравнения Фредгольма I рода типа свертки, может быть разработано программное обеспечение для расчета функции распределения ДГ по собственным частотам и временам релаксации.

### IV Заключение.

Проведенный сравнительный анализ показывает, что модель (8) можно считать универсальной. Преобразование спектра (10) и решение обратной задачи повысит адекватность анализа спектров проницаемости и точность идентификации параметров ДГ.

С помощью разработанной методики и программного обеспечения при исследовании физических свойств сегнетоэлектриков можно определить вклад упругого и релаксационного движения ДГ в диэлектрическую проницаемость в слабых полях в ИНЧ-НЧ диапазоне, что позволит уточнить влияние амплитуды поля, наличия дефектов на процессы релаксации поляризации сегнетоэлектриков, расширить представления о движении ДГ и характере их взаимодействия с дефектами.

### Список литературы

1. Тиллес В.Ф. Исследование релаксационных процессов в сегнетокерамике. Технология и конструирование в электронной аппаратуре. №2 – Одесса. – 2001.
2. Галиярова Н.М. Эволюция диэлектрических спектров при изменении соотношения определяющих движение доменных стенок упругих вязких и инертных сил // В сб. Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики / ред. Рудяк В.М.. – Тверь: Изд-во Тверс. гос. ун-та, 1993. – С. 85–98.

**INTERNET PROVIDER COMPARISON ALGORITHM, BASED ON THE FAMILY OF ELECTRE METHODS****Efimova O.V., <sup>1</sup>Pirogov S.A., <sup>2</sup>Semenov S.A.**<sup>1</sup>Wellink Technologies Ltd, Novosibirsk,<sup>2</sup>Wellink, Moscow, 141401

Considering several conflicting criteria in making decisions is a relatively common, yet often difficult task. In this work we are concerned with comparing Internet providers to help Internet users choose which provider to use according to their personal needs. We designed a multiple-criteria method based on a family of decision making methods ELECTRE [1, 2]. The following three criteria were chosen for comparison: 1) speed of data transfer; 2) time, the measurement of speed is taken; 3) variety of tariff plans. Method allows to compare any number of providers, taking into account preferences of a decision maker about the importance of different criteria, as well as using a set of available measurements. Criteria weights are calculated according to the Simos' procedure [3]. This method is implemented in wiRating program and can be used by Internet users to compare providers in one or several cities. As a result, this program calculates provider ratings and plots them in the form of histograms.

Keywords.

Method ELECTRE, provider rating, multiple-criteria decision making, Simos' procedure, measurement of Internet connection speed.

Introduction.

For many people access to a computer and high speed Internet become more and more important day by day. We use computers and Internet to do homework at school, to look for a job, to plan a vacation and buy tickets, to watch movies and be in touch with relatives and friends, which undeniably shows the high importance of digital technologies in people's daily lives. The number of Internet providers grows with the improvement of the software and equipment used for Internet access. Access to the Internet using radio technologies, satellite and mobile communications is also rapidly developing. As a result, questions appear about the quality of the services, as well as the possibility of comparing and selecting the most appropriate provider according to user's particular needs and requirements.

In everyday life, as well as in professional settings, we are often faced with the necessity to consider several conflicting criteria in making decisions. We usually weigh multiple criteria implicitly based on only intuition. For example, when buying a car, we are guided by criteria such as price, safety, comfort, fuel consumption and others. The first two of these criteria can be considered as conflicting. In situations like these, we intuitively decide about the importance of various criteria, but with a large number of criteria and when the risks are high it is very useful to explicitly evaluate criteria and their effects. This work is dedicated to this kind of decision making calculations, when it is necessary to make a choice between several alternatives.

One of the methods of multiple-criteria decision analysis, ELECTRE, was developed in Europe in the mid-1960s, with the subsequent development of a family of decision-making methods addressing such problems as choosing, ranking and sorting. The acronym ELECTRE stands for: ELimination Et Choix Traduisant la REalité (ELimination and Choice Expressing REality). The method was first proposed by Bernard Roy and his colleagues at SEMA consultancy company, and is usually classified as an "outranking method" of decision making. It is designed for comparing objects by as many as 12 criteria, provided there are statistical data for at least one criterion.

This work is focused on Internet providers. In general, the main characteristics of providers include such factors as data transfer speed, connection stability, cost, coverage area, variety of tariff plans, the quality of user assistance, etc. Unfortunately, not all of these characteristics are available and, therefore, cannot be used for provider rating calculations.

The goal of this work is the development of a method to compare Internet providers, using a variable set of criteria. The following criteria were chosen: 1) the speed of data transfer; 2) the time, when the measurement of speed is taken; 3) the variety of tariff plans.

Theoretical foundations of the algorithm

ELECTRE methods aim at solving problems with given multiple-criteria alternatives (i.e. Internet providers in this work). Evaluation of alternatives is relative, that is, it only establishes superiority of one alternative over another. Pairwise comparison of alternatives, taking into account the numerical value of the weight of each criterion, allows to construct

matrices of concordance and discordance. The elements of these matrices are then used to calculate numerical values of the ratings for each alternative. As a result, the calculation of the provider ratings, described in more detail later in this chapter, is done in three steps: determination of criteria weights, calculation of concordance and discordance matrices and calculation of provider ratings.

#### Data

To obtain a sample of data we take multiple measurements of data transfer speed for each provider from point A to point B (hereinafter, route AB) at different times using different devices that have access to the Internet. As a result, we obtain a set of pairs of values: the data transfer speed and time, when the measurement was taken.

#### Criteria

The following criteria were chosen to compare Internet service providers in this work. 1) Speed of data transfer, denoted as  $cs$  (criterion of speed). The higher the speed, the higher the score which is given to the provider. 2) Variety of tariff plans,  $cp$  (criterion of tariff plans). The greater the variation of speed, the more diverse tariff plans are and, consequently, the higher score is given to the provider. 3) Time when the speed measurement is taken,  $ct$  (criterion of time). Three periods are considered: night (from 12 am to 8 am), day (from 8 am to 8 pm) and evening (from 8 pm to 12 am). A higher score is given to the provider that has evening tariff plans with high data transfer speeds.

One of the main assumptions made in this work is the fact that the measurements of the connection speed for each route are assumed to be equally distributed, even if they are made using different devices. Data are also assumed to be homogeneous. The value of the speed criteria is calculated as the sample mean of all the values of speed obtained for one

route:  $cs = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$ , where  $N$  is the total number of measurements.

The value of the criterion of tariff plans is calculated as the sample variance of speed measurements taken using devices with unique identifier, i.e. no two values correspond to the same device. This will ensure that tariff plan of a device with several speed measurements will not be taken into account more than once. If there are several values of speed corresponding to the same device, the maximum value is taken for the calculation of sample variance. The

following formula is used for the calculations  $s^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$ , where  $N$  is the total number of measurements.

Vector  $[0.5 \ 1.0 \ 1.5]$  is introduced for the calculation of time criterion. Its elements correspond to the three time periods mentioned above: night (from 12 am to 8 am), day (from 8 am to 8 pm) and evening (from 8 pm to 12 am). Since in the evenings the number of Internet users is increased significantly, the maximum coefficient of 1.5 is attributed to this period. In the case of night period, minimal coefficient of 0.5 is chosen. These coefficients are meant to show different relative importance of the time periods, and therefore, the absolute values have no real significance. The value of

the time criterion is calculated according to the formula  $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i$ , where  $t_i$  is one of the three elements of the vector  $[0.5 \ 1.0 \ 1.5]$ , depending on the time when the measurement is taken,  $i$  is the index of summation,  $N$  is the total number of measurements.

#### Criteria scale.

Maximum values of the criteria are chosen as follows: 100,000 kb/s for the criterion of speed; 2,500,000,000 (which is the maximum value of the sample variance, taking into account that the maximum value of speed is 100,000 kb/s and the minimum is 0 kb/s) for the criterion of tariff plans; 1.5 for the criterion of time (which is the maximum element of the time criterion vector). It is important to note, that these values can vary and do not affect the algorithm and conclusions made in this work.

#### Determination of criteria weights.

Weights of the criteria can be determined by several ways. Firstly, based on the opinions of users that assign a numerical value within a predetermined range to each criterion. The closer the value to the maximum, the greater is the contribution of this criterion in the calculations of the concordance/discordance matrices and provider ratings.

The second method, also based on the personal opinion of users, is to associate a «playing card» with each criterion. This method was proposed in France by Simos J. in 1990 [3]. Suppose there are  $N$  criteria, and a user is given a set of  $N$  playing cards. The name of each criterion is written on each card. The user is also given a set of white cards of the same size as the cards for each criterion. The number of white cards depends on the user's needs as explained below.

The next step is to ask the user to rank these cards in ascending order of importance of the criteria according to his/her personal choice: the first card corresponds to the least important criteria, the last card corresponds to the most important criteria. If several criteria are ascribed equal importance, these cards are joined together in one set. Also, it is

important that the difference of the importance between each two consecutive criteria may vary. This smaller or bigger difference in the importance of successive criteria should be taken into account in the determination of the criteria weights. To achieve this, the user is asked to insert a number of white cards between two successive cards (or subsets of cards, if equal importance was assigned to them). The greater the difference between the weights of the criteria (i.e. between the importance of the criteria), the greater the number of white cards. The absence of white cards between two neighboring criteria means that the difference of the importance between them is minimum, we denote it by  $u$ . If there is one card between two neighboring criteria, then the difference in the importance is two times  $u$ . The same procedure is applied to bigger numbers of white cards. A detailed example of the calculation of the weights of criteria, using a set of playing cards is described in [3]. Because the whole procedure is cumbersome and is used in this work exactly as intended by the authors, it is not presented here.

Thirdly, the number of white cards can also be calculated using a sample of speed measurements. For each provider Internet speed is measured at different times, and therefore the data sets are inhomogeneous. In this work, to assess different providers we have to neglect this heterogeneity and assume that the samples of measurements are normally distributed when the number of measurements is big enough. The number of white cards,  $n$ , for the criterion of speed is determined according to the formula:  $n = 3\left(1 - \frac{am}{N}\right)$ , where  $am$  is the amplitude that corresponds to the most

common speed in the histogram of the normal distribution, normalized to the total number of measurements. Coefficient 3 is assigned to the greatest number of white cards and is set independently of the measurements. Formula was derived according to the following reasoning: the greater the variation in speed values (and, therefore, the lower the maximum amplitude of the histogram), the greater importance is attributed to the criterion. In this case, the number of white cards approaches maximum. And vice versa, the lower the speed sample variance, the lower the importance of that criterion, with the number of white cards approaching zero. The above formula can also be written as  $n = 3(1 - f(\bar{x}))$ , where  $f(\bar{x})$  is the value of the probability density function at the sample mean. The normal distribution is given by a Gaussian

function:  $f(\bar{x}) = \frac{1}{(\sqrt{s^2} 2\pi)} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}}$ . When  $x = \bar{x}$ , we have  $f(\bar{x}) = \frac{1}{\sqrt{s^2} 2\pi}$ .

The value of the criterion of tariff plans is calculated in a similar manner. The difference is that the speed sample variance is calculated taking into account only the measurements, taken from devices with unique identifiers. If there are several measurements that correspond to the same device, the maximum result is taken for the calculations. This is done in order not to take into account tariff plan of the same device (user) more than once.

The following three intervals were chosen to calculate the criterion of time: from 12 am to 8 am (night), from 8 am to 8 pm (day) and from 8 pm to 12 am (evening), with the number of measurements  $N_1$ ,  $N_2$  and  $N_3$ , respectively. The number of white cards is calculated using the formula similar to the formulas for the previous criteria:

$n = 3\left(1 - \frac{\max\{N_1, N_2, N_3\}}{N}\right)$ . Numerator in the ratio is equal to the maximum number among the three values:  $N_1$ ,  $N_2$  or  $N_3$ .

Having done the calculations of the white cards, we return to the Simos' procedure to calculate the weights for each criterion [3].

Calculation of concordance and discordance matrices.

According to [1], for any pair of alternatives (i.e. providers)  $A_u$  and  $A_v$  there is a vector of elements, that correspond to each of  $N$  criteria:  $z_u = (z_{u1}, \dots, z_{uN})$ . In our case,  $A_u$  and  $A_v$  are two providers being compared, and  $z_u$  is a set of values of criteria of a particular Internet provider. The way how the values of all the criteria are calculated was described above. The concordance coefficient,  $\alpha_{uv}$ , for the comparison of two operators,  $A_u$  and  $A_v$ , is calculated as

$\alpha_{uv} = \frac{1}{N} \sum_{j \in X(u,v)} k_j$ . The sum of all criteria weights,  $k_i$ , is equal to 100,  $\sum_{i=1}^N k_i = 100$ . In the numerator we only

summarize over those weights, for which the criterion value of provider  $A_u$  is greater or equal to the criterion value of provider  $A_v$ . In other words,  $X(u, v) = \{j \mid z_{uj} \geq z_{vj}\}$  is the set of criteria, for which provider  $A_u$  is better than  $A_v$ .

The discordance coefficient,  $\beta_{uv}$ , introduced for the comparison of providers  $A_u$  and  $A_v$ , is calculated as

$$\beta_{uv} = \begin{cases} 0, & \text{if } |Y(u, v)| = 0 \\ \max_{j \in Y(u, v)} \frac{k_j |z_{uj} - z_{vj}|}{s_j \sum_j k_j}, & \text{where } s_j \text{ is the maximum value of the corresponding criteria, the sum of all weights } k_j \text{ is} \end{cases}$$

equal to 100. The maximum number is chosen among those criteria, where  $A_u$  is worse than  $A_v$ . In other words,  $Y(u, v) = \{j | z_{uj} < z_{vj}\}$  is the set of criteria, for which  $A_u$  is worse than  $A_v$ . If there are no such criteria, i.e.  $|Y(u, v)| = 0$ , then the value of the discordance coefficient is zero. In the case of two providers, the resulting concordance (discordance) matrices have the following general form

$$\begin{pmatrix} - & \alpha_{u,v}(\beta_{u,v}) & \alpha_{u,abs}(\beta_{u,abs}) \\ \alpha_{v,u}(\beta_{v,u}) & - & \alpha_{v,abs}(\beta_{v,abs}) \\ \alpha_{abs,u}(\beta_{abs,u}) & \alpha_{abs,v}(\beta_{abs,v}) & - \end{pmatrix}. \text{ Taking into account an absolute provider } (A_{abs}) \text{ is also necessary}$$

for the calculations. Parameters for the absolute provider are chosen equal to the criteria scales, given above.

Calculation of provider ratings.

The following formula is used to obtain a numerical value of the rating for a particular provider  $j$ :

$$r(j) = \frac{1}{n-1} \left( \sum_{i=1, i \neq j}^n \alpha_{j,i} - \sum_{i=1, i \neq j}^n \beta_{j,i} \right), \text{ where } (n-1) \text{ is the number of providers excluding the absolute provider. The}$$

formula shows the normalized difference between the sums of the concordance and discordance coefficients for each provider. To make sure that the numerical values of the ratings are always positive, the whole spectrum of values is

shifted and normalized according to the final formula of ratings  $R(j)$ :  $R(j) = \frac{r(j) + 1}{2} \cdot 100$ .

Discussion.

Up until now we were discussing the measurements taken for one route, i.e. when the data are transferred from city A to city B, using different devices that have Internet access. But the algorithm also allows to take into account several routes and calculate the resulting rating. In this case each of the ratings is included in the result with a weight coefficient proportional to the number of users of a particular provider in the city, from which the measurement is made. As a result, route ratings with a small number of users is included in the overall rating with a smaller weight coefficient, increasing the priority of routes with a large number of users.

The most time consuming step is the calculation of the values of the criteria, i.e. sample means and sample variances. Over time, the number of measurements can grow to hundreds of millions, and therefore, it is important to be able to add new samples of data without recalculating the previous ones. To discuss the possibility of adding new data, consider the following steps, schematically describing the approach of the whole algorithm:

Step 1: Obtaining a set of data

Step 2: Determination of the criteria weights

Step 3: Calculation of the values of all criteria (this includes the calculation of sums of sample elements and sums of squares of the elements for each criterion and for each provider)

Step 4: Calculation of concordance and discordance matrices

Step 5: Calculation of the ratings for each route, as well as the resulting rating, which includes all the routes

Even for a few hundred providers steps 4 and 5 take the time several orders of magnitude less than Step 3, which includes the calculation of the sums of the elements. Therefore, it is important not to recalculate the data obtained on this step. To achieve this, it is necessary to return to Step 3, when a new set of data (obtained during the next time period, for example) is to be included in the calculations, and calculate the sums and sums of squares of the elements for this set. It is also important to keep the resulting sums obtained for the previous sets of data, as they are needed for the calculation of the criteria of a new combined sample. So, when two samples of data are combined, the new values of the sample mean

and sample variance are calculated using the following formulas:  $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_{1i} + \sum_{i=1}^K x_{2i}}{N + K}$  and

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^N x_{1i}^2 + \sum_{i=1}^K x_{2i}^2}{N + K} - \bar{x}^2.$$

The sample sizes are assumed to be different,  $N$  and  $K$  correspond to the current and new sample, respectively. As can be seen from the formulas, it does not take much time to calculate the criteria for the combined sample, provided the sums and the sums of squares of the elements are known in advance. Sample variance is a biased estimator of the theoretical variance, but the difference between biased and unbiased estimates can be neglected for large sample sizes. The next step, as before, is the calculation of concordance and discordance matrices and new ratings, which takes relatively short time. This cycle is repeated each time when a new sample of measurements is added.

Conclusion.

We developed an algorithm of multiple-criteria comparison of Internet providers. It is implemented in the program wiRating and can be used by Internet users in order to compare different providers in one or several cities. As a result, this program calculates ratings as numerical values and presents them graphically in the form of histograms.

#### List of references

1. B. Roy, *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996.
2. Б. Руа, Классификация и выбор при наличии многих критериев (метод ЭЛЕКТРА). В кн.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений. - М.: Мир, 1976, С. 80-107.
3. Jose Figueira, Bernard Roy Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure. // *European Journal of Operational Research*. 2002. V. 139. P. 317–326.

### АЛГОРИТМ ШИФРОВАНИЯ С ПЕРЕМЕННОЙ ФРАГМЕНТАЦИЕЙ БЛОКА

<sup>1</sup>Жданов О.Н., <sup>2</sup>Соколов А.В.

<sup>1</sup>Канд. ф.-м. наук, Сибирский Государственный Аэрокосмический университет, г.Красноярск, Россия

<sup>2</sup>Канд. тех. наук, Одесский Национальный Политехнический университет, г.Одесса, Украина

Аннотация.

В работе предложен алгоритм шифрования с динамическим изменением размеров криптографических примитивов в различных раундах шифрования. Показано, что разработанный алгоритм обладает хорошими стохастическими и криптографическими свойствами.

Abstract.

This paper proposes an encryption algorithm with dynamic resizing of cryptographic primitives in various rounds of encryption. It is shown that developed algorithm has good cryptographic and stochastic properties.

Ключевые слова: алгоритм шифрования, S-блок, фрагментация.

Keywords: encryption algorithm, S-box, fragmentation.

Введение.

Как известно, многие современные алгоритмы шифрования используют замены по таблице и операцию сложения с раундовым ключом [9]. При этом важным является как размер заменяемого блока, так и качество таблицы замен, влияющих на показатели диффузии и конфузии.

Блок является объектом, над которым выполняется преобразование. Однако блок текста обладает своей структурой, в большей или меньшей степени наследует особенности текстов на естественном языке. Поэтому работа с блоками неизменного, одного и того же размера во всех раундах может не гарантировать рассеяния таковых особенностей по шифртексту, и для повышения качества итогового криптопреобразования приходится либо усложнять раундовые операции с блоками либо увеличивать количество раундов.

В настоящей работе представлен алгоритм шифрования с динамическим изменением размеров криптографических примитивов в различных раундах.

Иными словами, мы предлагаем проводить зашифрование текста, применяя замены по таблицам разных размеров в различных раундах.

Генерация высококачественных  $S$ -блоков часто выполняется в поле Галуа  $GF(2^k)$ ,  $k \in \mathbb{N}$ , где  $k$  — размер входного слова  $S$ -блока.

Для наиболее эффективной организации алгоритма шифрования с динамическим изменением размеров криптографических примитивов выбор длины входного блока алгоритма должен быть составным числом. Например, рассмотрим блок открытого текста длины  $L = 120 = 2^3 \cdot 3 \cdot 5$  бит. Разбиение данного блока открытого текста в алгоритме шифрования может быть произведено различными способами, например, на сегменты удобной с вычислительной точки зрения длины  $\sigma = 6, 8, 10, 12, 15, 20, 30$  бит, при этом в пределах одного раунда размер сегмента не меняется.

Описание алгоритма. Для каждого сегмента блока длины  $p$  производится подстановка в соответствии с правилом, определенным  $S$ -блоком. Выбор  $S$ -блоков для каждого раунда происходит в соответствии с критериями криптографического качества [10], их синтез может быть произведен в соответствии с ранее разработанными методами [2,4,6,7,8,11,12]. После выполнения операции подстановки производится конкатенация  $120/p$  полученных сегментов, мы снова имеем блок 120 бит.

Следующее преобразование—циклический сдвиг вправо на 13 бит. Далее производится еще одна сегментация полученных 120 бит на сегменты длины  $q$  бит, раундовый ключ также фрагментируется на сегменты длины  $q$  бит, выполняется сложение сегментов текста и сегментов ключа по модулю  $2^q$ . Результирующие сегменты снова объединяются в блок длины 120 бит, который и является результатом первого раунда шифрования. Перед началом второго раунда ключ (длины 120 бит) сдвигается вправо циклически на 11 бит.

Второй раунд выполняется по такой же схеме с (вообще говоря) другими значениями  $p$  и  $q$ .

Представим раунд зашифрования в общем виде с помощью Рисунка 1.

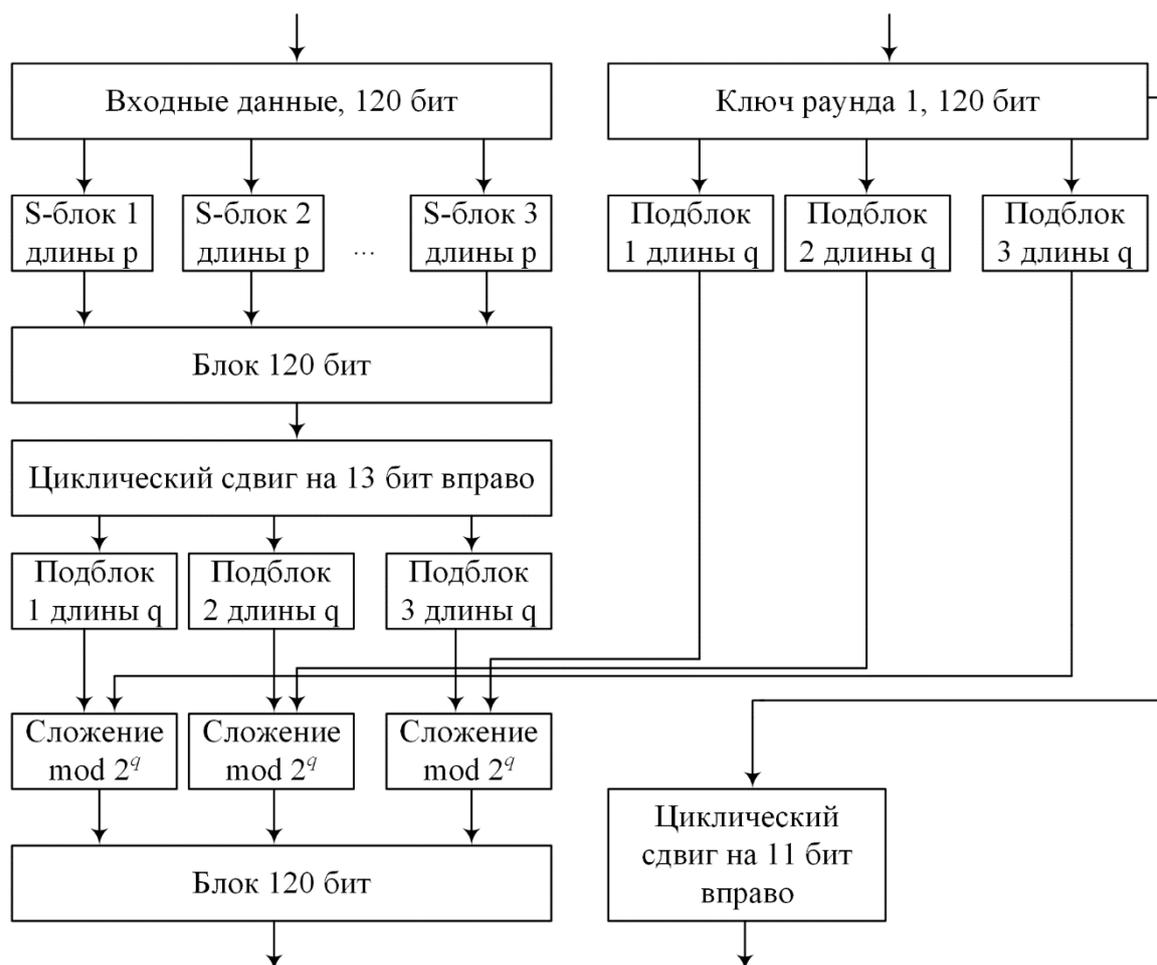


Рис.1. Раунд зашифрования

О таблицах замен. Возможны два подхода к их формированию. Первый: генерация оптимальных таблиц, например, по методике, изложенной в [7]. Полученные применением методики таблицы обладают идеальными

матрицами коэффициентов корреляции  $R = \|\|0\|\|$ , а также соответствуют строгому лавинному критерию. Заметим, что эти таблицы не обладают высокими значениями нелинейности.

Второй подход состоит в выборе многочлена, неприводимого над соответствующим полем Галуа [2,6]. Сегмент блока длиной  $p$  бит мы трактуем как набор коэффициентов многочлена над полем Галуа  $GF(2^p)$  и тем самым ставим в соответствие данному сегменту многочлен, после чего находим обратный мультипликативно обратный к данному многочлену элемент по модулю заданного неприводимого многочлена  $f_i(x)$ . Результат представляется в виде двоичного эквивалента, то есть выполняется преобразование, аналогичное первому этапу операции SubBytes алгоритма Rijndael. Однако при таких заменах мы не получаем таблицы с нулевой корреляционной матрицей.

Мы предлагаем совмещение двух указанных подходов: в нескольких раундах использовать оптимальные  $S$ -блоки подстановки, в последующих раундах используются  $S$ -блоки на основе мультипликативно обратных элементов.

Раунд расшифрования состоит в выполнении тех же операций, то есть замены и сложения сегментов. При расшифровании их порядок обратен порядку при зашифровании: сначала выполняется сложение соответствующего сегмента с аддитивно обратным по  $\text{mod } 2^q$  сегментом ключа, а потом подстановка с параметром сегментации  $p$ . При расшифровании выполняются циклические сдвиги влево. Раунд расшифрования схематически изображен на Рисунке 2.

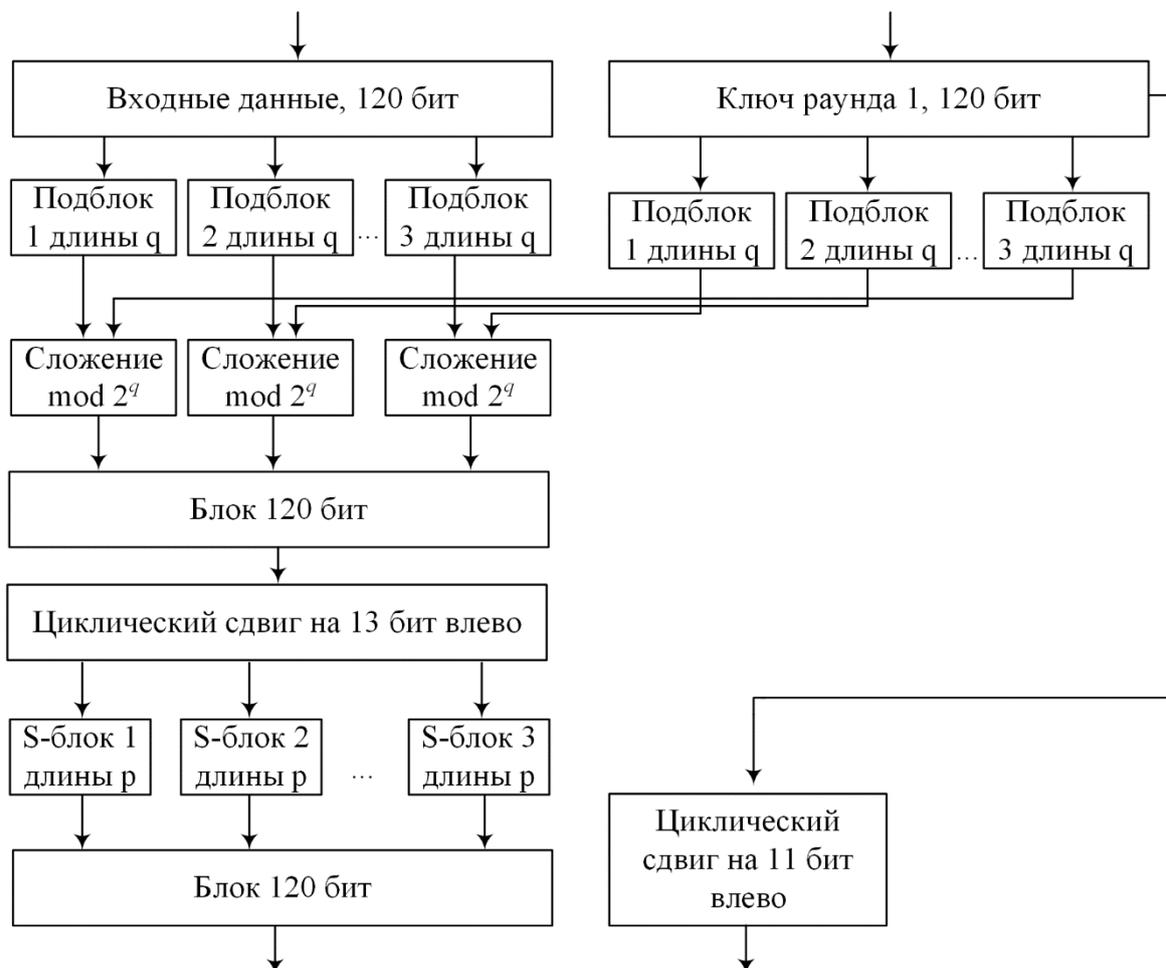


Рис.2. Раунд расшифрования

Конечно, все раундовые значения  $\{p, q\}_i, i = 1, 2, \dots$ , применяются в обратном порядке следования для расшифрования.

Оценим число уровней защиты разработанного алгоритма. Очевидно, сам ключ может быть выбран  $2^{120}$  различными способами. В случае, если выбраны параметры сегментации  $\sigma = 6, 8, 10, 12, 15, 20, 30$  и 7 раундов шифрования, то выбор параметров  $\{p, q\}$  можно произвести  $(7 \cdot 16)^7 = 221068140740608$  способами. Таким образом, число уровней защиты при несекретных таблицах замены составляет  $\Psi = 221068140740608 \cdot 2^{120} \approx 2.93 \cdot 10^{50}$ . Число уровней защиты может быть легко увеличено путем засекречивая используемых таблиц замен. В этом случае, учитывая объемы  $S$  - блоков [7] несложно добиться его значений многократно превышающих число Шеннона [3]. Кроме того, количество раундов легко может быть увеличено. Более того, ценой совсем небольшого усложнения конструкции можно и количество раундов сделать псевдослучайным и неизвестным противнику.

Варианты реализации. Вариант первый. У пользователей есть набор значений фрагментации и набор таблиц замен. Эти наборы фиксированы для каждой пары пользователей и секретны.

Вариант второй. Отправитель выбирает псевдослучайным образом параметры фрагментации и набор многочленов над соответствующими полями Галуа и передает эту информацию отправителю пользователю одновременно с зашифрованным текстом. Это можно сделать, например, используя схему вероятностного шифрования с применением BBS-генератора [1]. Поскольку в данном случае схема вероятностного шифрования будет использоваться не для передачи больших текстов, а лишь для передачи параметров, то минусы такой схемы не окажут существенного влияния на время и стоимость передачи сообщений.

Третий вариант. Отправитель и получатель выбирают параметры генератора псевдослучайной последовательности (например, BBS-генератора) и каждый получает такую последовательность, после чего на ее основе выбирают параметры фрагментации. В этом случае параметры фрагментации неизвестны противнику и нет необходимости в их передаче, а это упрощает обмен сообщениями.

Пример. Приведем пример работы предложенного алгоритма шифрования.

Раунд 1. Разбиваем блок на сегменты по 6 бит, заменяем каждый сегмент в соответствии с оптимальной таблицей [7]

$$S_6 = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline S & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ \hline 0 & 34 & 30 & 04 & 62 & 02 & 71 & 41 & 56 \\ \hline 1 & 66 & 05 & 53 & 52 & 27 & 35 & 61 & 17 \\ \hline 2 & 51 & 43 & 15 & 65 & 06 & 63 & 37 & 36 \\ \hline 3 & 72 & 07 & 33 & 24 & 54 & 50 & 60 & 00 \\ \hline 4 & 70 & 74 & 22 & 44 & 31 & 42 & 16 & 01 \\ \hline 5 & 45 & 26 & 12 & 13 & 75 & 67 & 57 & 21 \\ \hline 6 & 03 & 11 & 25 & 55 & 23 & 46 & 76 & 77 \\ \hline 7 & 47 & 32 & 64 & 73 & 10 & 14 & 40 & 20 \\ \hline \end{array} \quad (1)$$

Выполняем конкатенацию, снова имеем 120 битовый блок. Сдвигаем на 13 позиций вправо, складываем побитово с ключом. Ключ сдвигаем на 11 бит.

Раунд 2. Фрагментируем на сегменты по 10 бит, выполняем замену по оптимальной таблице, сгенерированной на основе (1) по алгоритму [7]. Выполняем конкатенацию. Сдвигаем на 13 бит вправо. И фрагментируем на сегменты по 8 бит. Складываем с 8 битовыми сегментами ключа по модулю  $2^8$ . Снова выполняется конкатенация.

Сдвиг ключа на 11 бит.

Для следующих 5 раундов выбраны наборы сегментации преобразования замены и сложения с ключом:  $\{(p, q)\} = \{(8, 15), (6, 10), (4, 20), (12, 20), (8, 30)\}$ , выбраны многочлены

$$\begin{cases} f_6(x) = x^6 + x + 1; \\ f_8(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1; \\ f_{10}(x) = x^{10} + x^3 + 1; \\ f_{12}(x) = x^{12} + x^6 + x^4 + x + 1, \end{cases} \quad (2)$$

для соответствующих размеров входных данных. В нашем примере для простоты выбран один и тот же полином в третьем и седьмом раундах.

Пусть задан ключ

$$K = [11000001010000111100000111001111110100001010010110011100 \\ 1111101001011000100000000101100100101111010111000111101101001011].$$

Отметим, что для демонстрации хороших качеств нашего алгоритма мы специально выбрали заведомо слабый ключ. Покажем, что даже при таком ключе мы получим шифртекст, мало отличающийся от случайной последовательности.

Пусть задана псевдослучайная последовательность длины  $N = 14400$ , обладающая значительной избыточностью. Так, количество нулевых символов  $K^0 = 11965$ , и, соответственно, единичных  $K^1 = 2435$ , что соответствует многим информационным двоичным последовательностям, обладающим природной избыточностью, таким как: цифровые изображения, цифровое видео, текст и т.д. Начало последовательности имеет вид

$$P = [10000010000100000010100000000000010000100100100000000 \\ 00000101010000010100100000010001000001000000000000100100 \\ 000001000001001000100000100000000000000000000001100...]$$

Применим к данной последовательности разработанный нами алгоритм шифрования и исследуем его влияние на структуру данных после каждого выполненного раунда. Для анализа изменения свойств шифруемой последовательностями воспользуемся некоторыми, наиболее показательными тестами из [5]. Так, графический тест распределения на плоскости после выполнения первых трех раундов зашифрования изображен на Рисунке 3.

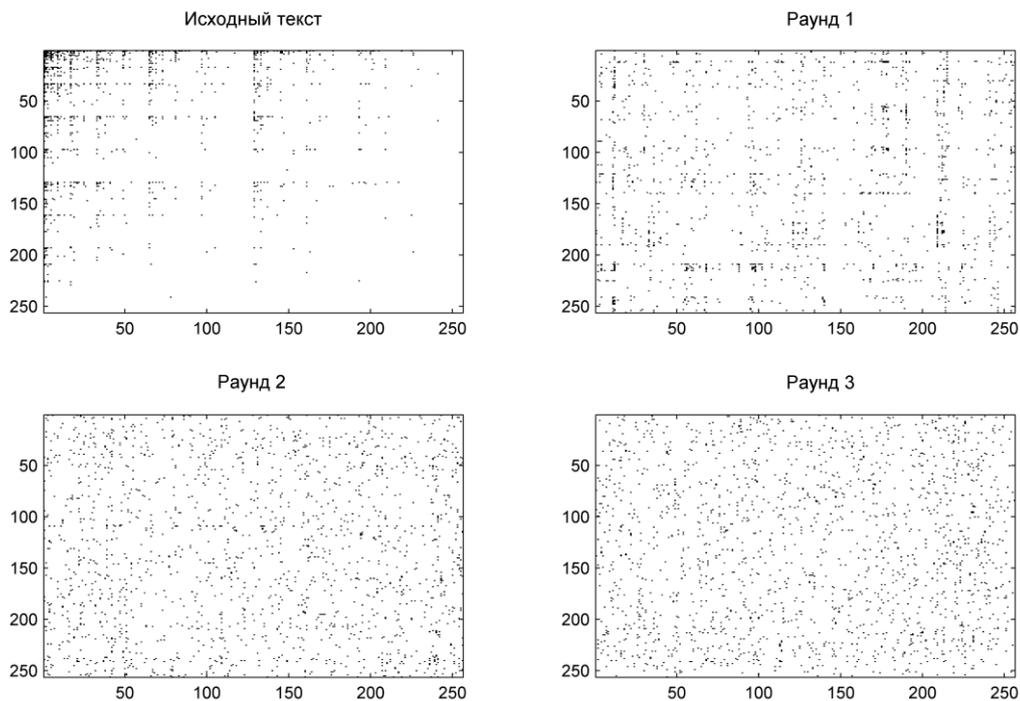


Рис.3. Распределение на плоскости для трех раундов

Как видно из анализа Рисунка 3, уже результат третьего раунда близок к случайной последовательности, несмотря на детерминированную природу исходного текста и ключа. Очевидно, что при выполнении последующих раундов криптопреобразования данное свойство будет только усиливаться.

Важным тестом эффективности работы криптографического преобразования является выполнение для криптограммы свойства  $k$ -граммного распределения с большой точностью. На Рисунке 4 приведены графики 3-граммного распределения [5, 8] для первых трех раундов шифрования по нашему алгоритму.

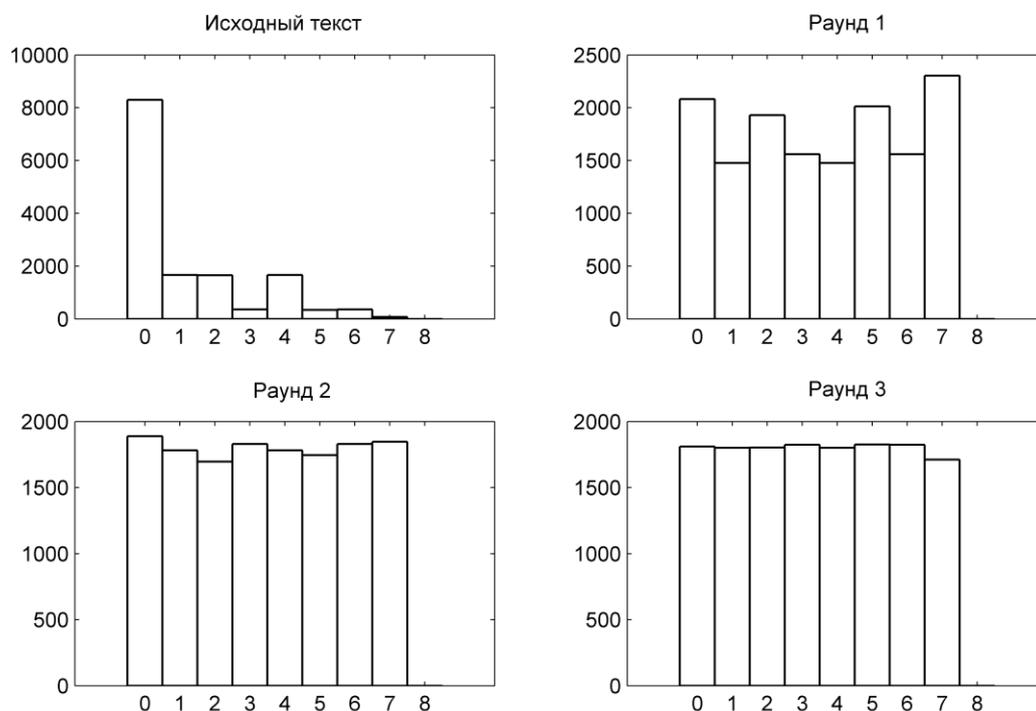


Рис.4. 3-граммное распределение для трех раундов

Легко видеть, уже после второго раунда шифрования статистика исходного текста практически полностью разрушается.

Другим примером стохастического теста может являться построение битовой автокорреляционной функции (АКФ) исходной последовательности и последовательностей на каждом раунде шифрования. Представим динамику изменения бокового максимума битовой АКФ по семи раундам шифрования

$$0.4539 \xrightarrow{1} 0.1567 \xrightarrow{2} 0.0439 \xrightarrow{3} 0.0331 \xrightarrow{4} 0.0342 \xrightarrow{5} 0.0297 \xrightarrow{6} 0.0314 \xrightarrow{7} 0.0356$$

Заключение. Проведенные статистические тесты для этого и других выбранных исходных текстов подтверждают высокие показатели диффузии, конфузии и лавинного эффекта. При этом число уровней защиты легко может быть увеличено до нужного пользователю.

Таким образом, разработанный алгоритм может представлять интерес для практического применения.

#### Список литературы

1. Blum, L. A Simple Unpredictable Pseudo-Random Number Generator / Lenore Blum, Manuel Blum, and Michael Shub. — SIAM Journal on Computing, 1986. — volume 15. — P. 364—383.
2. Nyberg, K. Differentially uniform mappings for cryptography. In Advances in cryptology / K. Nyberg // Proc. of EUROCRYPT'93. — Berlin, Heidelberg, New York. — 1994. — vol.765, Lecture Notes in Computer Springer-Verlag. — P.55 — 65.
3. Shannon C. Programming a Computer for Playing Chess / C. Shannon. — Philosophical Magazine. — 1950. — Т. 7/41. — № 314. — С. 256—275.
4. Жданов, О.Н. Методика выбора ключевой информации для алгоритма блочного шифрования / О.Н. Жданов. — М.: ИНФРА-М, 2013 г.. — 90 с.

5. Иванов, М.А. Теория, применение и оценка качества генераторов псевдослучайных последовательностей / М.А. Иванов, И.В. Чугунков. — М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2003. — 240 с.
6. Мазурков М.И. Криптографические свойства нелинейного преобразования шифра Rijndael на базе полных классов неприводимых полиномов / М.И. Мазурков, А.В. Соколов. — Праці Одеського політехнічного університету, 2012. — Вип. 2(39). — С.183—189.
7. Мазурков, М.И. Метод синтеза S-блоков по критерию нулевой корреляции между выходными и входными векторами данных и строгому лавинному критерию / М.И. Мазурков, А.В. Соколов // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. — 2014. — Т. 57, N 8. — С. 54—60.
8. Мазурков, М.И. Методы синтеза двоичных псевдослучайных последовательностей со свойством k-граммного распределения / М.И. Мазурков, А.В. Соколов // Пр. Одес. політехн.ун-ту. — Одесса, 2012. — Вып. 1 (38). — С. 188 — 198.
9. Рябко, Б.Я. Основы современной криптографии и стеганографии / Б.Я. Рябко, А.Н. Фионов. — М: Горячая линия — Телеком, 2010. — 232 с.
10. Соколов, А.В. Новые методы синтеза нелинейных преобразований современных шифров / А.В. Соколов. — Lap Lambert Academic Publishing, 2015. — 100 с.
11. Чалкин, Т.А. Разработка методики выбора параметров для алгоритма построения узлов замен блочного шифра ГОСТ 28147-89 /Т.А. Чалкин // Актуальные проблемы безопасности информационных технологий: материалы III Международной научно-практической конференции / под общей ред. О.Н. Жданова, В. В. Золотарева. — Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. — Красноярск, 2009. — С. 33—38.
12. Чалкин Т.А., Жданов О.Н. Программный комплекс построения и тестирования ключевой информации для шифрования данных по алгоритму ГОСТ 28147-89. // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2011613877.

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ БЕЗРАБОТИЦЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ

**Башанова И.А.**

Финансовый Университет при Правительстве Российской Федерации, г.Москва  
Научный руководитель: к.т.н., профессор В.П. Невежин

Во многих странах, даже в наиболее развитых, серьезной проблемой является безработица. В России в целом она выражается не так остро, однако, в отдельных регионах безработица является одной из наиболее острых социальных проблем.

Безработица – это социально-экономическое явление, когда рабочая сила (экономически активного населения) не занята в производстве товаров и услуг. Потеря человеком работы в большинстве случаев означает снижение жизненного его уровня и наносит серьезную психологическую травму. Поэтому неудивительно, что проблемы безработицы являются предметом не только экономических, но и политических дискуссий.

В России, как и во многих странах, рынок труда рынок труда не сбалансирован. Если рассматривать региональную структуру, то можно заметить, что некоторые из них имеют более значительное число безработных, чем другие.

В данной работе рассмотрено влияние факторов ( $X_i$ ) на уровень безработицы ( $Y$ ).

Существует очень много факторов, которые влияют на безработицу, которые можно подразделить на несколько групп:

1. Демографические факторы – изменение доли экономически активного населения в результате изменения в уровне рождаемости, смертности, половозрастной структуре населения, средней продолжительности жизни, в направлениях и объемах миграционных потоков.

2. Техничко-экономические факторы – темпы и направления научно-технического прогресса (НТП), обуславливающие экономию рабочей силы. Разрушение наукоемких российских производств, проведение конверсии без учета экономических и социальных последствий на всех уровнях создали угрозу массового банкротства предприятий и лавинообразного высвобождения рабочей силы.

3. Экономические факторы — состояние национального производства, инвестиционной активности, финансово-кредитной системы, уровня цен и инфляции. По сформулированному А. Оукеном закону существует

отрицательная связь между уровнем безработицы и объемом внутреннего национального продукта (далее ВВП), каждый «всплеск» безработицы связан со снижением реального объема ВВП.

В рассмотренной модели были взяты следующие релевантные факторы, которые общеприняты с точки зрения общепринятой макроэкономической теории.:

1. Уровень урбанизации в регионе (доля горожан);
2. Среднедушевые доходы, руб.;
3. Среднемесячная заработная плата, руб.;
4. Душевой Валовой Региональный Продукт;
5. Индекс потребительских цен;
6. Индекс цен производителей;
7. Фондовооруженность;
8. Производство полезных ископаемых по отношению к валовому региональному продукту;
9. Оборот промышленности по отношению к валовому региональному продукту;
10. Прибыль по отношению к валовому региональному продукту.

Для оценки модели были выбраны данные по 83 регионам Российской Федерации за 2013 год. Исходная модель представлена в виде множественной линейной вида:

$$Y = a_0 + a_1 * x_1 + a_2 * x_2 + a_3 * x_3 + a_4 * x_4 + a_5 * x_5 + a_6 * x_6 + a_7 * x_7 + a_8 * x_8 + a_9 * x_9 + a_{10} * x_{10} + u$$

Для изучения характера переменной  $Y$  была построена гистограмма распределения  $Y$ . Было выявлено, что среди регионов имеются наблюдения из совокупностей, которые выбиваются из основного массива данных. Данные наблюдения были исключены из последующего рассмотрения. В их число вошли: Республика Ингушетия с уровнем безработицы 43,7%, Чеченская Республика с уровнем безработицы 26,9% и Республика Тыва с безработицей 19,3%.

Построив новое распределение  $Y$  без учета отмеченных данных было получено, что оно является нормальным (см. Рисунок 1).



Рис. 1. Гистограмма нормального распределения уровня безработицы ( $Y$ ) в регионах России в 2013 году.

Среди выбранных факторов был проведен регрессионный анализ с целью выявления существенных факторов оказывающих влияние на безработицу.

В результате были исключены такие факторы как:

1. Фондовооруженность;
2. Добыча полезных ископаемых в расчете на ВРП;
3. Индекс потребительских цен;
4. ВРП на душу населения;
5. Зарплата на душу населения.
6. Индекс цен производителей.

После проведенных преобразований была получена модель следующего вида:

$$Y = a_0 + a_1 * x_1 + a_2 * x_2 + a_9 * x_9 + a_{10} * x_{10} + u$$

Где,

У – уровень безработицы в регионе;

$x_1$  – Уровень урбанизации в регионе (доля горожан);

$x_2$  - Среднедушевые доходы, руб.;

$x_9$  – Оборот промышленности в расчете на валовый региональный продукт;

$x_{10}$  - Прибыль в расчете на валовый региональный продукт.

Таким образом, при анализе исходной модели были оставлены только 4 фактора, из изначальных 10.

В процессе анализа также были выявлены операции по удалению мультиколлинеарности.

В ходе сокращения незначимых факторов было замечено снижение  $R^2$  с 0,601 до 0,554, но оно было незначительным.

Степень влияния изменения  $R^2$  была проведена с помощью теста Фишера. В ходе его проведения было установлено, что значение эмпирической F-статистики меньше F критического. Это снижение свидетельствует о том, что исключение незначимых факторов не сильно повлияло на  $R^2$ .

В результате оценки параметров, была получена следующая множественная регрессия

$$U=13,13-0,05 * x_1-595E-05,* x_2-2,76* x_9-4,82* x_{10}+u$$

На основании полученных коэффициентов регрессии  $a_1, a_2, a_9, a_{10}$ , можно утверждать:

- При росте урбанизации на 1%, уровень безработицы будет уменьшаться на 0,06% в среднем при прочих равных условиях;

- При росте доходов на 10 тыс. руб., безработица снижается на 1%;

- При росте оборота промышленности в расчете на валовый региональный продукт на 0,1%, безработица снижается на 0,2%;

- При росте прибыли в расчете на валовый региональный продукт прослеживается снижение безработицы.

Подводя итоги рассмотренной модели можно сказать, для снижения уровня безработицы, в первую очередь, необходимо поддерживать обрабатывающую промышленность в регионе. Кроме того необходимо создавать лучшие экономические и политические условия для ведения бизнеса, например, с помощью создания налоговых льгот, государственных субсидий или государственных заказов. Это будет способствовать увеличению объемов получаемой прибыли, предприятиями и организациями, которые, в свою очередь, будут создавать дополнительные рабочие места, тем самым снижая безработицу.

#### Список литературы

1. Арбатский, Д.В. Проблемы занятости и безработицы // Журнал «Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского». – 2010. – №20.
2. Богомолов А.И., Невежин В.П. Сетевая эконометрика информационного общества // Современные научные исследования. Выпуск 2. / Под ред. П.М. Горева и В.В. Утемова. – Концепт. -2014. – Приложение № 20.-URL: -<http://e-koncept.ru/ext/61>. –Гос. рег. Эл. № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X
3. Макаренченко, М.Ю. Безработица. Причины безработицы. Последствия безработицы. // Журнал «Потенциал современной науки» - 2014. – №7.
4. Единая межведомственная информационно-статистическая система. – URL: [http:// fedstat.ru](http://fedstat.ru) (дата обращения 15.04.2015).
5. Сайт Федеральной службы государственной статистики. – URL: [http:// www.gks.ru](http://www.gks.ru) (дата обращения 15.04.2015).

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ

**Пискарева Ю.В., д.э.н., профессор Агафонова В.В.**

СГЭУ, РФ, г.Самара

Ключевые слова: информационные технологии, аутсорсинг, дистрибьюторы, смартфоны, интернет-сервис, ИТ-технологии, ИТ-рынок, программное обеспечение.

Keywords: information technology, outsourcing, distributors, internet service, IT technology, IT market, software.

Аннотация: Интенсивное внедрение современных информационных технологий в экономику, государственное управление, а также в разнообразные общественные процессы является важнейшей

составляющей ускоренного развития России, структурных преобразований в экономике и реформы государственного управления.

Россия до сих пор входит в семерку стран, лидирующих в области нанотехнологий, но значительно уступила свои позиции в сравнении с тем местом, которое она занимала до начала 90-х годов. Ученые призывают правительство обратить внимание на то, что в данных технологиях в настоящее время происходят революционные качественные изменения, подобные тем, что произошли после освоения ядерной энергии и выхода в космос.

Annotation: Intensive introduction of modern information technology in the economy, public administration, as well as a variety of social processes is an essential component of the accelerated development of Russia, the structural changes in the economy and public administration reform.

Russia is still among the seven countries leading in the field of nanotechnology, but much ceded its position as compared to the place that it occupied before the start of the 90s. Scientists are urging the government to pay attention to the fact that these technologies are currently taking place revolutionary qualitative changes, such as those that occurred after the development of nuclear energy and access to space.

Информационные технологии с каждым годом оказывают все большее влияние, как на экономику, так и на повседневную жизнь людей. Этапы качественного развития большинства отраслей (энергетики, медицины, образования, торговли, финансового сектора, страхования и др.) и государственного управления, в том числе в военной сфере, связаны с внедрением информационных технологий.

Неотъемлемой частью повседневной жизни уже стали коммуникации и поиск информации с использованием сети «Интернет», а также общение в социальных сетях. С каждым годом информационные технологии открывают все более широкие перспективы для повышения эффективности бизнеса и качества жизни граждан.

Мировой опыт показывает, что конкурентоспособность национальной экономики в целом связана с развитием информационных технологий. По данным Всемирного экономического форума, индекс конкурентоспособности экономики государств имеет высокий уровень корреляции с индексом развития в странах информационно-коммуникационных технологий.

Отрасль информационных технологий является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей, как в мире, так и в России. Объем мирового рынка информационных технологий оценивается в 1,7 трлн. долларов США. По прогнозам, до 2016 года рынок продолжит расти в среднем не менее чем на 5 процентов в год. Таким образом, рынок информационных технологий входит в 25 процентов наиболее быстро растущих крупных рынков в мировой экономике. Средний темп роста российского рынка за последние 10 лет превосходит среднемировой, при этом российская отрасль информационных технологий в ближайшие 5 - 7 лет имеет потенциал значительно более быстрого роста - на 10 процентов и более в год.

Государства, лидирующие в рейтингах уровня развития ИТ-индустрии, занимают высокие позиции в рейтингах конкурентоспособности стран или развития человеческого капитала. Например, в рейтинге индекса глобальной конкуренции США занимают третье место, в рейтинге индекса информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) — пятое и в рейтинге индекса сетевой готовности — седьмое. Россия, по мнению составителей данных рейтингов, пока отстает от развитых стран, занимая 53-е, 40-е и 50-е места соответственно. Однако нельзя не отметить положительные изменения по сравнению с 2008 годом, когда Россия занимала лишь 49-ю позицию в рейтинге ИКТ и 74-ю — в рейтинге сетевой готовности. Несмотря на положительную динамику в мировых рейтингах, в денежном выражении российский рынок информационных технологий находится в состоянии стагнации. На практике это не означает отсутствия динамики — напротив, происходит активное замещение одних сегментов и технологий другими. По данным аналитических агентств IDC и Gartner, падение годовых объемов российского рынка ИТ-услуг в 2013 году составляет 1% и 0,6% соответственно, — согласно любым оценкам говорить о существенном росте рынка в настоящий момент не приходится. Что касается данных Минэкономразвития, то ведомство изменило методику расчетов в 2013 году, поэтому объективно проследить динамику рынка невозможно. Структура российского ИТ-рынка не сильно отличается от структуры мирового. Так, по данным Минэкономразвития, самым крупным является сегмент ИТ-оборудования: его доля составляет 56,1% в России и 50% в мире. На ИТ-услуги приходится 24,4%, на рынок программного обеспечения (ПО) — 19,5%. Несколько иная структура у развитых рынков ИТ в Западной Европе и США, где доля ИТ-оборудования составляет всего 30%.

Отечественная отрасль информационных технологий удовлетворяет потребности российского рынка менее чем на 25 процентов во многом за счет сегмента услуг. Из всей потребляемой в России продукции отрасли информационных технологий внутри страны произведено программных продуктов на сумму около 30 млрд. рублей (около 25 процентов всего программного обеспечения) и услуг на сумму до 120 млрд. рублей (около 80

процентов всех услуг). В сегменте оборудования практически все потребности внутреннего рынка восполняются за счет импорта.

В удовлетворение внутреннего спроса на информационные технологии основной вклад вносят системные интеграторы и дистрибьюторы, деятельность которых связана с поставкой оборудования, разработкой аппаратно-программных комплексов и оказанием услуг по созданию корпоративных информационных систем (в том числе их проектированием, внедрением и тестированием, консультированием по вопросам информатизации). В сегменте системных интеграторов и дистрибьюторов доминируют крупные российские компании. В последние годы некоторые из них диверсифицировали свой бизнес в сторону разработки программного обеспечения и предоставления услуг по его доработке.

В российской отрасли информационных технологий широко представлены сервисные компании, специализирующиеся на разработке, тестировании и сопровождении заказного программного обеспечения. Указанные сервисные компании работают не только на внутреннем рынке, но и на рынках Европы, США и других стран. В рейтинг 100 лучших аутсорсинговых компаний мира входят 7 российских компаний. Доля российских компаний на мировом рынке услуг в области информационных технологий составляет около 1 процента, причем отечественные компании больше сосредоточены в секторе высококвалифицированного аутсорсинга. Сервисный сегмент обеспечивает высокий уровень гибкости при решении задач внедрения информационных систем и необходим для комплексного развития отрасли<sup>2</sup>.

Структура российской отрасли информационных технологий с точки зрения размеров и капитализации компаний сегодня является недостаточно сбалансированной. Среди российских компаний нет мировых лидеров, вокруг которых могла бы быть построена стабильная единая система, интегрированная в глобальную индустрию информационных технологий. В то же время в стране существует ряд средних по мировым меркам продуктовых и сервисных компаний, опираясь на которые можно решить задачу развития единой российской системы в сфере информационных технологий.

В последние годы в отрасли информационных технологий значительно увеличилось количество начинающих российских компаний. Ряд таких организаций, включая региональные, уже получили признание на мировом рынке. В первую очередь, стоит отметить разработчиков программного обеспечения для мобильных устройств и программного обеспечения сегмента «бизнес для бизнеса». Ограничениями развития стартапов являются, в частности, недостаток у начинающих команд навыков в развитии бизнеса, маркетинга, предпринимательства и недостаточное количество внутри страны высокопрофессиональных консультантов по созданию бизнеса в сфере информационных технологий (менторов).

Среди факторов, ограничивающих развитие информационных технологий в России, необходимо отметить следующие:

- обострившийся в последние годы дефицит кадров;
- недостаточный уровень подготовки специалистов;
- недостаточно высокая популярность профессий отрасли информационных технологий;
- недостаточное количество ведущихся в стране исследований мирового уровня в области информационных технологий;
- историческое отставание по отдельным направлениям;
- несовершенство институциональных условий ведения бизнеса по ряду направлений;
- недостаточный спрос на информационные технологии со стороны государства;
- недостаточный уровень координации действий органов государственной власти и институтов развития по вопросам развития информационных технологий;
- слабое использование возможностей государственно-частного партнерства в области обучения и исследований.

Необходимыми условиями увеличения вклада России в мировой рынок и укрепления позиций страны в глобальном разделении труда в области информационных технологий являются реализация предлагаемого системного подхода к улучшению условий для развития отрасли при сохранении возможностей ее свободного рыночного развития, продолжение информатизации всех отраслей экономики, снижение административных барьеров для ведения бизнеса и развитие телекоммуникационной инфраструктуры.

Определяющую роль в развитии мировой индустрии информационных технологий до 2020 года играют крупные международные компании, которые продолжают борьбу за лидерство на локальных рынках, включая

---

<sup>2</sup> Распоряжение Правительства РФ от 30 декабря 2013 г. № 2602-р Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») «Развитие отрасли информационных технологий» (с изменениями и дополнениями).

Россию. Политика организаций масштаба Гугл (Google), Фэйсбук (Facebook) и Майкрософт (Microsoft) будет во многом определять правила использования информационных технологий на глобальном рынке<sup>3</sup>.

Развитие различных сегментов отрасли носит взаимосвязанный характер и должно рассматриваться комплексно. Более того, деление информационных технологий на сегменты может трансформироваться в связи с тесным сближением или слиянием отдельных направлений либо возникновением новых.

Развитие сетей высокоскоростной передачи данных и увеличение уровня проникновения смартфонов облегчает цифровизацию и дает возможность повысить мобильность пользователей. Эта глобальная тенденция актуальна и для России, где рост проникновения услуг сотовой связи в 2013 году составил 170%, число смартфонов выросло до 32%, а к 2019 году, по прогнозам, достигнет 94%.

Сегодня мировой рынок информационных технологий в первую очередь характеризуется высокой скоростью изменений. С одной стороны, спрос на новую продукцию постоянно стимулируется непрерывным появлением более совершенных технологий, а с другой — почти сразу эти технологии морально устаревают. Для того чтобы создать востребованный продукт на технологическом рынке с высоким уровнем конкуренции, российская ИТ-отрасль должна работать на опережение. Для этого необходимо четкое понимание текущих и будущих тенденций в сфере информационных технологий, оказывающих максимальное влияние на мировую экономику.

Согласно обзору ключевых технологических трендов в ИТ-индустрии можно выделить следующие:

- облачные вычисления (+6,2 трлн. долларов ежегодно к 2025 году);
- большие данные (76 млрд. долларов ежегодных инвестиций в сектор к 2020 году);
- «интернет-вещи» (+6,2 трлн. долларов ежегодно к 2025 году);
- автоматизация большого числа задач (+6,7 трлн. долларов ежегодно к 2025 году).

Развитие информационных технологий существенно меняет ландшафт сферы образования. В 2013 году число пользователей самых популярных интернет-сервисов, предоставляющих услуги массового дистанционного обучения, исчислялось миллионами — по 1,6 млн. у edX и Udacity, 6,3 млн. у Coursera. Сайт Академии Хана ежегодно посещают около 80 млн. пользователей. Дистанционное обучение требует сильной мотивации со стороны студента, и доля пользователей, успешно закончивших курс, обычно не превышает 7% от числа зарегистрированных на него. Тем не менее, данное направление является весьма перспективным, так как снимает многие барьеры для получения, как основного, так и дополнительного образования. Эффективность онлайн-обучения будет повышаться путем внедрения геймификации и кроссплатформенных образовательных приложений, расширения ассортимента учебных материалов в цифровом формате, а сами курсы будут развиваться в сторону сокращения продолжительности занятий с увеличением их количества, уверены эксперты<sup>4</sup>.

В школах должны быть созданы условия для проведения учениками досуга с одновременным развитием технологических навыков. Указанная форма дополнительного образования может быть организована в рамках государственно-частного партнерства. Такие программы успешно действуют в Израиле, Сингапуре и других странах.

До 2018 года запланировано проведение в России ряда финалов различных международных олимпиад по информатике и программированию. Российские участники в таких соревнованиях традиционно показывают высокие результаты. Повышенное внимание к этим мероприятиям и подготовке участников, проведение большего количества региональных олимпиад по информатике и программированию будут способствовать популяризации отрасли информационных технологий среди молодежи и увеличению привлекательности профессии.

Помимо олимпиад необходимо способствовать проведению в России проектных конкурсов в области информационных технологий. Именно такие конкурсы позволяют наиболее эффективно выявить тех, кто может в будущем внести наибольший вклад в развитие отрасли, и способствуют увеличению мотивации молодежи к реализации проектов в сфере информационных технологий.

В части фундаментальных и поисковых исследований в области информационных технологий необходимо сфокусироваться на нескольких важнейших прорывных для мировой индустрии направлениях, в которых в перспективе 10 - 15 лет с высокой вероятностью может быть обеспечена глобальная технологическая конкурентоспособность России.

Таковыми направлениями являются:

- обработка больших данных;

<sup>3</sup> Б. Славин Журнал «Информационные ресурсы России», № 6 (88), 2005г. «Информационные технологии в России», с.24-26.

<sup>4</sup> Балдин К.В., Уткин В.Б. Информационные системы в экономике: Учебник, Дашков и К, - 2015 г., 395 с.

- машинное обучение;
- человеко-машинное взаимодействие;
- робототехника;
- квантовые и оптические технологии;
- безопасность в информационном обществе.

Необходимым условием развития отрасли является обеспечение глобальной конкурентоспособности российской юрисдикции для компаний, особенно в сравнении со странами Содружества Независимых Государств и Восточной Европы.

В развитии российской отрасли информационных технологий необходимо учитывать международный опыт. Масштабные локальные инвестиции в исследования и разработки в регионе наряду с приемлемыми условиями для создания бизнеса приводят к концентрации на этой территории интеллектуального потенциала, способного создать новые технологические предприятия.

#### **Список литературы**

1. Распоряжение Правительства РФ от 30 декабря 2013 г. № 2602-р Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») «Развитие отрасли информационных технологий» (с изменениями и дополнениями).
2. Б. Славин Журнал «Информационные ресурсы России», № 6 (88), 2005г. «Информационные технологии в России», с. 24-26.
3. Балдин К.В., Уткин В.Б. Информационные системы в экономике: Учебник, Дашков и К, - 2015 г., 395 с.
4. Универсальная электронная энциклопедия «Викизнание» - <http://www.wikiznanie.ru/>
5. Глобальная дискуссионная площадка - Форум «Открытые инновации» - <http://www.forinnovations.ru/>

### **СЕКЦИЯ №21. МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)**

## ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2015 ГОД

### Январь 2015г.

II Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием «**Актуальные вопросы технических наук в современных условиях**», г.Санкт-Петербург

Прием статей для публикации: до 1 января 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2015г.

### Февраль 2015г.

II Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием «**Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом**», г.Новосибирск

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2015г.

### Март 2015г.

II Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием «**Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения**», г.Екатеринбург

Прием статей для публикации: до 1 марта 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2015г.

### Апрель 2015г.

II Международная межвузовская научно-практическая конференция «**Актуальные вопросы науки и техники**», г.Самара

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2015г.

### Май 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Проблемы и достижения в науке и технике**», г.Омск

Прием статей для публикации: до 1 мая 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2015г.

### Июнь 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем**», г.Казань

Прием статей для публикации: до 1 июня 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2015г.

### Июль 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Перспективы развития технических наук**», г.Челябинск

Прием статей для публикации: до 1 июля 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2015г.

### Август 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Технические науки в мире: от теории к практике**», г.Ростов-на-Дону

Прием статей для публикации: до 1 августа 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2015г.

### Сентябрь 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Современный взгляд на проблемы технических наук**», г.Уфа

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2015г.

### Октябрь 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития**», г.Волгоград

Прием статей для публикации: до 1 октября 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2015г.

**Ноябрь 2015г.**

II Международная научно-практическая конференция «**Новые технологии и проблемы технических наук**»,  
**г.Красноярск**

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2015г.

**Декабрь 2015г.**

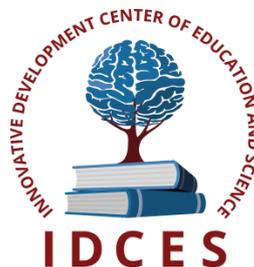
II Международная научно-практическая конференция «**Развитие технических наук в современном мире**»,  
**г.Воронеж**

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2016г.

**С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки [www.izron.ru](http://www.izron.ru) (раздел «Технические науки»).**

**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



**ПРОБЛЕМЫ И ДОСТИЖЕНИЯ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ**

**Выпуск II**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(7 мая 2015г.)**

**г. Омск  
2015 г.**

Печатается в авторской редакции  
Компьютерная верстка авторская

Подписано в печать 08.05.2015.  
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 16,63.  
Тираж 250 экз. Заказ № 186.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»  
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58