

Научное партнерство «Аргумент»

Российская ассоциация содействия науке  
Балтийский гуманитарный институт

Казахский национальный медицинский университет  
им. С.Д. Асфендиярова

Технологический университет Таджикистана  
Липецкое региональное отделение

Общероссийской общественной организации  
«Российский союз молодых ученых»

Научно-исследовательский центр «Аксиома»

Молодежный парламент Липецкой области

Издательский центр «Гравис»



## **«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ»**

Российская Федерация, г. Липецк  
21 апреля 2012 г.

### **СБОРНИК ДОКЛАДОВ**

Издательский центр «Гравис»  
Липецк, 2012



Научное партнерство «Аргумент»  
Российская ассоциация содействия науке  
Балтийский гуманитарный институт  
Казахский национальный медицинский  
университет им. С.Д. Асфендиярова  
Технологический университет Таджикистана  
Липецкое региональное отделение Общероссийской общественной  
организации «Российский союз молодых ученых»  
Научно-исследовательский центр «Аксиома»  
Молодежный парламент Липецкой области  
Издательский центр «Гравис»

VII-я Международная научная конференция  
**«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ  
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ»**

Россия, г. Липецк, 21 апреля 2012 г.

## **СБОРНИК ДОКЛАДОВ**

*Ответственный редактор:*

*А.В. Горбенко*

Издательский центр «Гравис»

Липецк, 2012

УДК 62  
ББК 30  
А43

Актуальные вопросы современной техники и технологии [Текст]:  
Сборник докладов VII-й Международной научной конференции  
(Липецк, 21 апреля 2012 г.). / Отв. ред. А.В. Горбенко. – Липецк:  
Издательский центр «Гравис», 2012. – 200 с.

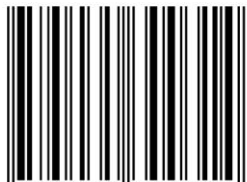
Сборник включает тексты научных докладов участников VII-й  
Международной научной конференции «Актуальные вопросы  
современной техники и технологии», состоявшейся 21 апреля 2012 г.  
в г. Липецке (Российская Федерация). В сборнике представлены  
научные доклады из Азербайджана, Казахстана, России,  
Узбекистана, Украины.

Доклады сгруппированы по секциям в соответствии с принятой  
классификацией направлений в современной науке и технике.

Редакционная коллегия сборника:

Исмаилов Н.Ш., г. Баку, Азербайджан  
Шматко А.Д., г. Санкт-Петербург, Россия  
Горбенко А.В., г. Липецк, Россия  
Черепнин В.В., г. Липецк, Россия  
Бедрицкий И.М., г. Ташкент, Узбекистан  
Егоров А.И., г. Липецк, Россия  
Карлов В.А., г. Днепропетровск, Украина  
Лаубе И.С., г. Рига, Латвия  
Мирзорохимов К.К., г. Душанбе, Таджикистан  
Мосолова Е.М., г. Липецк, Россия  
Нурмаганбетова М.О., г. Алма-Ата, Казахстан

ISBN 978-5-4353-0031-4



9 785435 300314 >

© Коллектив авторов

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

### Секция 1. Информатика, вычислительная техника и управление

<i>М.М. Алаев, Р.Р. Гусейнов.</i> Основные параметры технического оснащения железнодорожных станций, обслуживающих контроллерный терминал .....	8
<i>В.А. Алехин.</i> Термопринтеры для автоматизированных информационных систем .....	10
<i>Б.А. Баллод, Д.Е. Ковалев, И.Б. Ковалева.</i> Применение методов Datamining в функциональной диагностике .....	18
<i>О.А. Буймистрова, И.С. Кущева, М.В. Манькова, Е.С. Хухрянская.</i> Автоматизация паркетных работ .....	19
<i>Е.А. Дорохов.</i> Выбор оптимальной стратегии противоборства в условиях информационной неопределенности .....	22
<i>В.В. Колюжнов.</i> Моделирование транспортных средств для задач распознавания дорожно-транспортных ситуаций .....	26
<i>М.Ф. Кузнецов, А.В. Бутенко.</i> Компьютерная визуализация электростатических полей систем зарядов .....	30
<i>М.Ф. Кузнецов, К.В. Бутенко.</i> Описание движения тел в неинерциальной системе отсчета .....	32
<i>М.О. Нурмаганбетова.</i> Кластерный анализ в медицине .....	34
<i>А.С. Чумак, М.Г. Данилова.</i> Автоматизированный электропривод обжиговой машины на базе синхронного двигателя с адаптивным регулятором скорости .....	37

### Секция 2. Машиностроение и машиноведение, материаловедение

<i>А.А. Горбунов, А.Д. Припадчев.</i> Разработка и проектирование дополнительных аэродинамических поверхностей воздушного судна нового поколения .....	44
<i>Е.М. Желтобрюхов, А.В. Неклюдов, М.С. Кузнецов.</i> Специализированная САПР доляков .....	46
<i>К.С. Иванов, Б.Т. Шингисов, Г.К. Балбаев.</i> Разработка бесступенчато-регулируемой передачи .....	49
<i>К.О. Кобзев, О.О. Баранникова.</i> Проблемы переработки и утилизации РТИ .....	54

<i>А.В. Минеев, Я.А. Дудин, Е.Е. Милосердов.</i> Обзор противовыбросового оборудования, используемого в нефтяной и газовой отрасли России .....	58
<i>А.Л. Миронова, С.В. Киселева.</i> Возможности выбора расходомеров для установок измерения и учета расхода сжиженного газа .....	61
<i>А.Ф. Мкртчян, Р.С. Музафаров.</i> Исследование процесса механической обработки гуммированных валов бумагоделательных машин .....	64
<i>С.М. Морозов, М.С. Морозов.</i> Мелкозернистый плотный графит на основе каменноугольного пека .....	67
<i>П.М. Огар, В.А. Тарасов, А.В. Турченко.</i> Инженерный метод расчета характеристик внедрения сферы в упругопластическое полупространство .....	71
<i>Ю.Ф. Огнев, Ю.П. Денисенко, Е.С. Бронникова, С.В. Голубник.</i> Повышение надёжности авиационных деталей методами поверхностного пластического деформирования .....	80
<i>Ю.Ф. Огнев, О.Ш. Бердиев, Ю.П. Денисенко.</i> Особенности изготовления панелей беспилотных летательных аппаратов .....	84
<i>В.Г. Осипян.</i> Некоторые свойства наноструктур .....	93
<i>В.К. Перешивайлов, Я.В. Перевозникова.</i> Современная модернизация вакуумного технологического оборудования .....	96
<i>А.Н. Поляков, А.Н. Гончаров, К.В. Марусич, К.С. Романенко.</i> Экспериментальные исследования термомодеформационного состояния многоцелевого станка 400V .....	98
<i>К.Д. Релмасира, С.А. Пегешева.</i> Повышение прочности тяжело нагруженных шестерен .....	101
<i>В.А. Фрилинг, А.В. Морозов, Н.Н. Горев.</i> Исследование качества нанесения антифрикционного покрытия на поверхность отверстия деталей гладких цилиндрических сопряжений .....	103

### **Секция 3. Электротехника, энергетика, электроника, радиотехника и связь, транспорт**

<i>М.Н. Айкумбеков, А.Д. Камзина.</i> Совершенствование системы организации грузовых перевозок на железнодорожном транспорте .....	109
<i>В.В. Артюхин, С.А. Тергеусизова.</i> Сдерживающие факторы внедрения технологии Powerline Communications .....	112

<i>Р.В. Беляевский.</i> Комплексная оптимизация электрических сетей на основе концепции Smart Grid .....	114
<i>А.А. Ержан, З.К. Куралбаев.</i> Активные фильтры с преобразователями сопротивления и их анализ .....	116
<i>И.А. Зимовец, Д.О. Филатов.</i> О механизме электролюминесценции диодов на базе Si:Er при обратном смещении .....	118
<i>М.Н. Илюшечкин, И.Ф. Будагян.</i> Влияние многослойной среды на распространение наносекундных импульсов .....	121
<i>В.А. Карлов, К.К. Тарасов.</i> Автоматизированный измеритель комплексного коэффициента отражения миллиметрового диапазона длин волн.....	128
<i>К.О. Кобзев, О.О. Баранникова.</i> Развитие мировой энергетики .....	133
<i>Л.А. Мигачева, А.В. Стариков, А.Р. Титов.</i> Принципы построения и характеристики двухконтурной системы управления аппаратом воздушного охлаждения масла.....	137
<i>М.Е. Назаренко, Е.Б. Дроботун.</i> О совершенствовании средств имитации воздушной обстановки .....	143
<i>А.И. Нефедьев.</i> Составной емкостной делитель высокого напряжения .....	144
<i>С.В. Шапиро, Т.А. Калева.</i> Электротехнический комплекс постадийной озонно-ультразвуковой дезинфекции оборотной воды в полиграфии.....	147

#### **Секция 4. Металлургия и химическая технология**

<i>Е.А. Хадзарагова.</i> Разработка метода косвенного контроля концентрации цинка в отработанном электролите .....	155
<i>Т.Н. Хусаинова, А.В. Полова, Ю.В. Титова.</i> Получение нитрида алюминия и композиции на его основе в режиме СВС-Аз .....	156

#### **Секция 5. Техника и технология в строительстве**

<i>Д.Ю. Воронова, Г.Н. Черкасов.</i> Автомобили при квартире в многоэтажном жилом доме .....	159
<i>А.А. Исламов, А.А. Муратова, З.М. Муратова.</i> Техника и технологии в строительстве .....	161
<i>М.А. Салахутдинов, И.Л. Кузнецов.</i> Оптимизация параметров стального каркаса многопролетного здания.....	164

<i>А.Э. Фахрутдинов, И.Л. Кузнецов.</i> К вопросу повышения эффективности конструкций облегченного арочного здания с ограждением из профилированного стального настила.....	166
---	-----

**Секция 6. Техника и технология легкой промышленности, лесного и сельского хозяйства, продуктов питания**

<i>А.А. Абдурахимов, Г.Э. Пардаев, С. Юсупханов, К.П. Серкаев.</i> Исследование интенсификации процесса непрерывной рафинации хлопкового масла.....	171
<i>Р.Р. Акрамова, К.Т. Муминова, К.П. Серкаев.</i> Технология получения обесгоссиποленной хлопковой муки на основе хлопкового шрота .....	173
<i>В.Н. Власова.</i> Формирование качественной сновальной паковки ...	175
<i>А.Б. Йулчиев, А.Дж. Еркариев, Б. Аманов, К.П. Серкаев.</i> Изменение пористости и размера пор хлопковой мятки до и после её СВЧ-обработки.....	178
<i>А.Б. Йулчиев, М.О. Хамидова, Б. Аманов, К.П. Серкаев.</i> Влияние СВЧ-излучения на физико-химические показатели масла в хлопковой мезге.....	180
<i>А.С. Мустафина, К.С. Федяев, А.Ф. Сорокопуд.</i> Влияние условий переработки замороженных плодов рябины в виброэкстракторе на выход и сохранность витамина С.....	183
<i>А.В. Усов, Н.Н. Воробьева.</i> Исследование влияния газирования мороженого на микрофлору при холодильном хранении.....	186

**Секция 7. Организация производства, метрология, стандартизация и управление качеством, безопасность и охрана труда, смежные вопросы**

<i>Г.А. Аллаxярова.</i> Особенности управления качеством высшего образования в Азербайджане.....	190
<i>Е.К. Бойкова.</i> Концептуальные положения системного персонал-контроллинга в промышленных организациях .....	193

**Секция 1**

**ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

*М.М. Алаев, Р.Р. Гусейнов*

## **ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ, ОБСЛУЖИВАЮЩИХ КОНТРЕЙЛЕРНЫЙ ТЕРМИНАЛ**

Московский государственный университет  
путей сообщения (МИИТ)  
г. Москва, Россия

Перевозки по железной дороге автомобильных полуприцепов и автопоездов (далее – контейнерные перевозки) получили в мировой практике достаточно широкое распространение, являясь второй по значимости технологией интермодальных перевозок (после перевозок грузов в крупнотоннажных контейнерах).

Внедрение контейнерных перевозок на сети дорог ОАО «РЖД» дает следующие преимущества:

- сочетание преимуществ железнодорожного транспорта (низкая стоимость перевозки, надежность) с преимуществами автомобильного (мобильность, оперативность);
- развитая существующая сеть железнодорожных путей и терминалов;
- возможность использования мирового опыта при формировании системы «подвижной состав – терминалы»;
- снижение транспортных издержек для грузовладельцев;
- существенное сокращение вредных выбросов в атмосферу;
- простота (с технологической точки зрения) внедрения технологии;
- относительно низкие инвестиции в терминалы;
- контейнерные перевозки подразумевают регулярные маршрутные отправки, которые являются наиболее эффективным видом отправок;

Недостатками контейнерных перевозок является:

- отсутствие необходимого подвижного состава;
- отсутствие контейнерных терминалов;
- отсутствие операторов с практическим опытом
- тарифное регулирование со стороны государства перевозок грузов железнодорожным транспортом.

ОАО «РЖД» планирует построение сети контейнерных терминалов (в дальнейшем-КТ), состоящей из 41 терминала. Из данного количества 25 терминалов планируется построить в составе терминально-логистических центров (ТЛЦ).

Контейнерный терминал представляет собой технологический комплекс, расположенный на местах общего/ необщего пользования и включающий в себя необходимые элементы инженерной, транспортной и административной инфраструктуры для организации и обслуживания контейнерных поездов, позволяющий на основе реа-

лизации современных логистических технологий предоставить владельцам автотранспортных средств и грузов широкий спектр по хранению, подготовке, погрузке, выгрузке автопоездов, автомобилей, автоприцепов, полуприцепов и съемных автомобильных кузовов (в груженом или порожнем состоянии) при организации контрейлерных перевозок.

Строительство КТ планируется на базе существующих а так же вновь строящихся промежуточных, грузовых, участковых и сортировочных станций сети железных дорог ОАО «РЖД».

На заседании Научно-технического совета ОАО «РЖД», которое состоялось 11 октября 2010 года, было принято решение о том что длина состава контрейлерного поезда составит для полигона Российских железных дорог – 71 условный вагон, (48 платформ и 1 пассажирский вагон для сотрудников Федерального государственного предприятия «Ведомственная охрана железнодорожного транспорта Российской Федерации» (ФГП ВО ЖДТ) и водителей тягачей); в сообщении с железными дорогами «пространства 1520» – 57 условных вагонов. На основании этого решения для приема контрейлерного состава на станции должны быть предусмотрены пути длиной 1050 м. для полигона Российских железных дорог и 850 м для железных дорог «пространства 1520».

Расположение приемо-отправочных путей для контрейлерных поездов на станции будет зависеть от расположения станции на местности, типа и схемы станции. Возможны 4 случая расположения приемо-отправочных путей для контрейлерных поездов на станции:

Вариант №1 - расположение приемо-отправочных путей для контрейлерных поездов в парке приема станции.

Вариант №2 - в случае, если число путей в парке приема станции больше необходимого числа путей для приема заданного размера поездопотока, и на них можно принимать поезда с негабаритными грузами, но длина их меньше длины, необходимой для приема контрейлерного поезда, то необходимо произвести реконструктивные работы по увеличению длины этих путей. Реализация этого варианта возможна в том случае, если на станции имеется земельная площадь для проведения вышеуказанных работ.

Вариант №3 - расположение приемо-отправочных путей для контрейлерных поездов параллельно паркам станции: парку приема, парку отправления, сортировочному парку, транзитному парку.

Вариант №4 – контрейлерные поезда могут сразу приниматься с перегона на пути контрейлерного терминала в том случае, если длина маршрута следования поезда с предыдущей станции не превышает 150 км. Использование этого варианта позволит сократить время нахождения контрейлерного поезда на станции, тем самым позволяя увеличить участковую скорость поезда.

Поскольку контрейлерные поезда имеют сверхгабаритность в верхней зоне, то учитывая это условие необходимо:

- предусмотреть прием контрейлерного поезда на пути парков станции, позволяющие принимать вагоны со сверхнегабаритностью (при использовании платформ производства Финляндии) или негабаритными грузами 3 степени негабаритности в верхней зоне (при использовании платформ российского производства), установленные ТРА станции;

- контрейлерные поезда должны приниматься на неэлектрофицированные пути для обеспечения безопасности работников, обслуживающих эти поезда по приему и по отправлению.

Количество путей, необходимых для приема заданного размера контрейлерного поездопотока, будет зависеть от времени занятия пути одним поездом, числа подходов и количества контрейлерных поездов, прибывающих на станцию.

Соединительный железнодорожный путь, по которым будет выполняться подача/уборка контрейлерного состава на КТ должен быть запроектирован и уложен таким образом, чтобы время на выполнение маневровых операций по нему было минимальным и не возникла ситуация враждебности маршрутов.

По решению ОАО «РЖД» подача/уборка состава контрейлерного поезда на терминал осуществляется тепловозной тягой, а поскольку контрейлерный поезд является полносоставным (71 условный вагон), то для выполнения маневровой работы с ним требуется использование 2-х тепловозов, следовательно их наличие должно быть предусмотрено техническим оснащением станции.

Наличие на станции вышеупомянутых технических средств и выполнение перечисленных условий позволит обеспечить рациональную технологию работы станции по обработке контрейлерных поездов.

---

*В.А. Алехин*

## **ТЕРМОПРИНТЕРЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Московский государственный технический университет  
радиотехники, электроники и автоматики (МИРЭА)  
г. Москва, Россия

Термопечать как направление техники безударной регистрации информации появилась в начале 80-х годов. В течение десятилетия в нашей стране разрабатывались и исследовались термопечатающие головки (ТПГ) [1], шаговые двигатели (ШД), термобумаги [2], термопечатающие устройства регистрации, термографические видеопринтеры для медицинских ультразвуковых аппаратов [3-5] и т.д. Термопечать применялась для вывода данных из ЭВМ, регистрации

медицинской информации, в малых принтерах промышленного и специального назначения. Велись разработки факсимильных аппаратов. В середине 90-х годов в России началось производство кассовых аппаратов с термопринтерами. Требования к специальному программному обеспечению с фискальными функциями обеспечило конкурентное преимущество отечественных изделий и стабильный рынок сбыта для этой продукции российской электроники. Расширилось производство отечественных термопечатающих головок и термопринтеров [6].

В то же время за рубежом рынок всевозможных регистрирующих устройств, использующих термопечать, достаточно велик и продолжает расширяться. Кассовые аппараты, торговое оборудование, весы, термопринтеры этикеток, билетов, штриховых кодов, электрокардиографы, измерительные приборы, факсимильные аппараты, широкоформатные принтеры, полутонные и цветные видеопринтеры для медицины и электронной фотографии, полноцветные сублимационные термопринтеры для высококачественной цветной фотопечати - вот далеко не полный перечень современных высокотехнологичных приборов, применяющих различные виды термопечати. Однако в России большинство из перечисленных приборов не производят, и рынок занят импортной продукцией. Важные задачи модернизации производства, развития высокотехнологичных рабочих мест повышают интерес к обсуждению теоретических и практических вопросов проектирования современных конкурентоспособных приборов и, в частности, различных термопечатающих устройств. В предлагаемом читателям журнала цикле статей будут рассмотрены теоретические основы и принципы проектирования основных классов термопечатающих устройств.

В первой статье на примере термопринтеров этикеток и штрих-кодов обсуждается функциональная схема термопринтеров, технологии термопечати, основные компоненты термопринтера и расходные материалы.

В настоящее время повсеместное распространение находят системы автоматизированной идентификации продукции и товаров. Эти системы используют различные виды штрих-кодов и включают в себя аппаратные и программные средства для создания, печати, нанесения этикеток на продукцию, считывания этикеток, ввода информации в контрольные устройства, печати чеков, квитанций, счетов и т.п.. В составе аппаратных печатных средств систем штрихового кодирования наибольшее применение находят термопечатающие принтеры штрих-кодов, этикеток, чеков, счетов. Это обусловлено простотой метода печати, низкой стоимостью расходных материалов, высокой надежностью и широким диапазоном скоростей печати.

Сектор рынка термопринтеров этикеток и штрих-кодов (далее ТП) в России занимают несколько крупных фирм США и Японии: Zebra Technologies (США), Datamax (США), Godex (Тайвань), Seiko Instruments (Япония), Citizen (США), Sato (Япония), Fujitsu (Япония)

Posiflex (Тайвань) и др. Объем продаж термопринтеров в России превышает сотни миллионов долларов и ежегодно увеличивается на 30-35%. Учитывая большой спрос на эту высокотехнологичную продукцию, производство термопринтеров начинают и другие фирмы, в частности Taiwan Semiconductor, Argox. Российские производители пока ограничиваются производством кассовых термопринтеров с отечественными и импортными термоголовками. Кассовые аппараты (АМС-100, Штрих, Меркурий, Касби и другие) позволили поддерживать серийное производство на нескольких предприятиях электронной промышленности в последние 10 лет. В настоящее время актуальным является разработка более высококачественных отечественных термопринтеров штрих-кодов и этикеток. В данной статье на основе анализа функциональной схемы ТП и конструкций импортных изделий рассмотрены основные проблемы проектирования этих устройств и предложены возможные пути решения этих задач.

Современные термопринтеры этикеток и штрих-кодов используют две технологии печати:

1. Прямая термopечать (ПТ) на специальную термочувствительную бумагу (Direct Printing). Термопринтеры с прямой термopечатью называют просто термопринтеры.

2. Термоперенос красителя (ТПК) с красящей ленты на приемную бумагу (Thermal Transfer Printing). Термопринтеры с технологией термопереноса красителя называют термотрансферными принтерами.

Обобщенная функциональная схема ТП показана на рис. 1. ТП включает в себя: термopечатающую головку (ТПГ); механизм печати; прижимной вал; рулон бумаги; подающий и приемный вал с красящей пленкой; контроллер печати с интерфейсом подключения ЭВМ; источник питания. Дополнительно применяются механизмы отделения и отрезания этикеток, сматывания ленты.

В режиме прямой термopечати ТП работает следующим образом. Красящая пленка с валами подачи и приема отсутствует. Этикетки изготавливаются из термочувствительной (как правило, термохимической) (далее ТХБ) бумаги с клеящим слоем. При заправке ТХБ механизм печати обеспечивает подъем ТПГ на 1-2 мм над прижимным валом. Далее ТПГ опускается и прижимается к прижимному валу с заданным усилием. Подъем ТПГ, наличие термобумаги, температура ТПГ контролируется датчиками (датчик подъема, датчик конца бумаги, датчик температуры), сигналы с которых поступают в контроллер принтера. В контроллер поступают информационные сигналы от ЭВМ, определяющие структуру штрих-кода и дизайн этикетки. Источник питания обеспечивает питание ТПГ, контроллера и механизма печати.

По команде от ЭВМ или непосредственно с контроллера ТП начинается печать этикеток со штрих-кодами. При этом на ТПГ от контроллера поступают информационные данные и управляющие сигналы, формирующие программу печати. Нагревательные элементы

(НЭ) ТПГ формируют на ТХБ печатное изображение. Бумага перемещается двигателем механизма печати (как правило, шаговым). Останов печати происходит по команде от контроллера печати, при окончании бумаги, подъеме ТПГ, перегреве ТПГ.

В ТП с термопереносом красителя печать осуществляется термопечатающей головкой через красящую пленку с плавким красителем, который под действием температуры нагревательных элементов ТПГ переходит из твердого состояния в расплавленное и переносится на бумажную или синтетическую этикетку. При этом получается более стойкое к внешним воздействиям изображение.

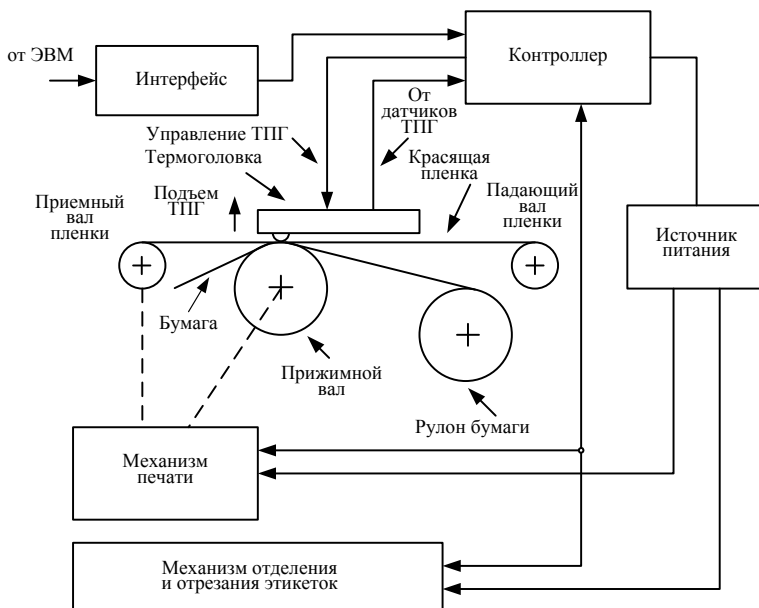


Рис. 1. Обобщенная функциональная схема термопринера этикеток и штрих-кодов

По назначению и техническим характеристикам термопринеры штрих-кодов делятся на три группы:

- малые медленные термопринеры: скорость печати до 100 мм/сек, производительность от сотен до нескольких тысяч этикеток в сутки, ширина печати до 104 мм, разрешение печати 8 точек/мм (ориентировочная стоимость 10000 – 20000 рублей);

- термопринеры среднего класса: скорость печати до 250 мм/сек, производительность до 40000 этикеток в сутки, ширина печа-

ти 104 мм, разрешение 8 точек/мм (ориентировочная стоимость 15000 – 55000 рублей);

- термопринтеры промышленного класса: скоростью печати 250 мм/сек, производительность до 80000 этикеток в сутки, ширина печати 104-106 мм, разрешение 8-12 точек/мм (ориентировочная стоимость 40000 -70000 рублей);

- высокопроизводительные промышленные скоростные термопринтеры и термотрансферные принтеры штрих-кода используются для круглосуточной печати этикеток и имеют скорость печати до 300 мм/сек, ширина печати до 220 мм, разрешение печати 8-12 точек/мм (ориентировочная стоимость 70000-130000 рублей).

Рассмотрим возможные варианты реализации наиболее важных узлов при проектировании термопринтеров.

Термопечатающие головки (ТПГ) являются электронными устройствами, выполненными на основе современных высоких технологий, и выпускаются ограниченным числом зарубежных фирм. Подробная классификация и описание конструкций ТПГ были приведены в [10]. Для термопринтеров штрих-кодов требуются ТПГ с плотностью печати не менее 8 точек/мм. Производство первых российских ТПГ ТД4880А с плотностью печати 8 точек/мм и шириной печати 48 мм осваивает ОАО «Восход-КРЛЗ», г. Калуга. Поэтому при разработке термопринтеров штрих-кодов следует ориентироваться на применение импортных ТПГ. Производители термопринтеров (Zebra, Datamax, Godex, Posiflex и др.), как правило, используют ТПГ фирм ROHM (Япония) (<http://www.rohm.com>), KYOCERA (Япония) (<http://global.kyocera.com>) и некоторых других.

В малых медленных термопринтерах применяют ТПГ, выполненные по толстопленочной или тонкопленочной технологии. Для средней скорости (50-100 мм/сек) при разрешении 8 точек/мм цикл печати  $T_c$  одной строки составляет 1,25 мс, длительность импульса печати  $T_i$  равна 0,4 мс и переходной процесс изменения температуры нагревательного элемента заканчивается за время цикла печати. Однако высокоскоростные ТПГ при разрешении 12 точек/мм и скорости печати 200 мм/сек имеют  $T_c=0,4$  мс. При этом переходной процесс не устанавливается за время цикла, температура нагревательного элемента зависит от предшествующей печати данного элемента и окружающих его соседних НЭ. Появляется необходимость «контролировать историю» печати. В связи с этим для скоростных термопринтеров в конце 90-х годов были разработаны тонкопленочные «интеллектуальные» ТПГ с контролем истории (History control). Они содержат дополнительные интегральные схемы контроля, в которых входные данные текущей строки сортируются в несколько групп (до 6) в зависимости от заложенных в программу печати матриц-шаблонов размером 3 x 3 элементов, учитывающих содержание двух предыдущих строк печати и состояние двух соседних НЭ. Печать выполняется несколькими последовательными импульсами длительностью от 0,2 до 0,4 мс, причем «холодные» НЭ получают наи-

более длительный импульс печати, а «горячие» НЭ – наиболее короткий. В результате обеспечивается качественная печать с постоянной оптической плотностью печатной точки при высокой скорости и высоком разрешении печати.

Скоростные интеллектуальные ТПГ имеют напряжение питания НЭ 24В, цикл печати 0,4 мс, мощность печати на точку 0,8 Вт/т, сопротивление НЭ 400-500 Ом. Допускается одновременное включение всех НЭ. Это приводит к большому импульсу потребляемого тока, достигающему 30 А. Поэтому высокоскоростные ТПГ имеют отдельные мощные разъемы питания, а промышленные скоростные термопринтеры содержат мощные импульсные источники тока.

Производство высококачественных ТПГ в России потребует полной замены технологического оборудования предприятий, что вряд ли произойдет в ближайшие годы. Импортные ТПГ с разрешением 8 точек/мм и шириной печати 48 мм при оптовых закупках не будут превышать 400-500 рублей, что составит не более 5% от стоимости простого принтера этикеток.

Термопечатающий механизм (ТПМ) для малых термопринтеров с прямой термопечатью выпускаются рядом фирм (Citizen, Seiko Instruments, Fujitsu, Citizen, APS (США), BDT (Германия) и др.) и поставляются как комплектующие изделия. Ширина печати составляет от 48мм до 108 мм, разрешение 8 т/мм, скорость печати до 200 мм/с. Цена ТПМ Fujitsu с шириной печати 50 мм у дистрибьютеров в России составляет около 3000 рублей. Разработка и освоение производства ТПМ требует точного механического оборудования, штамповки, пластмассового литья и других современных технологических процессов. На российских предприятиях освоено выпуск ТПМ для кассовых аппаратов и принтеров этикеток и штрих-кодов (Меркурий ТПМ-021 и др.). Эти ТПМ могут использовать импортные ТПГ с разрешением 8 точек/мм и применяться в малых термопринтерах этикеток, штрих-кодов и в кассовых аппаратах. Зарубежные фирмы предлагают ТПМ с шириной печати до 200 мм в комплекте с управляющими контроллерами для печати штрих-кодов. Однако стоимость таких ТПМ превышает 20000 рублей. Использование ТПМ как комплектующего узла упрощает разработку термопринтеров штрих-кодов, но для широкоформатных термопринтеров такое производство будет нерентабельным.

Для термопринтеров среднего класса, промышленных и термотрансферных принтеров ТПМ как комплектующие не выпускаются и разработку механизмов выполняют фирмы - производители термопринтеров. ТПМ являются изделиями точной механики, требуют прецизионной установки ТПГ относительно прижимного вала, высокой точности прижима (как правило, 1,5 кг на 50 мм ширины ТПГ), определенной твердости резинового прижимного вала (40 единиц по Shore). Большое значение имеет правильный выбор резины для прижимного вала. При разработке видеопринтеров нам удалось выбрать

отечественный сорт резины, который затем применялся в механизмах кассовых термопринтеров.

В ТПМ, как правило, применяются шаговые двигатели (ШД). Их производство в России продолжается и по техническим характеристикам отечественные ШД пригодны для применения в ТПМ. ДШР-39 (был использован нами в видеопринтерах), ДШР-46, ДШР-48 предлагает ОАО «Армавирский электротехнический завод». Ассортимент выпускаемых за рубежом ШД достаточно велик. Малогабаритные ШД имеют многополюсные роторы из постоянных сверхвысокоэерцитивных магнитов и статоры с несколькими обмотками. По режиму управления различают униполярные и биполярные ШД. Режим возбуждения может быть простым однофазным, двухфазным, полшаговым, волновым полшаговым. Типичные характеристики малогабаритных ШД с диаметрами корпуса от 15 до 25 мм и длиной от 12 до 26 мм следующие: количество шагов на оборот 20, удерживающий момент 25-140 гсм, максимальная частота запуска 600-1200 Гц, частота вращения 500 Гц, рабочий выходной момент 12-60 гсм, сопротивление обмотки 12-180 Ом, напряжение питания 5-24В, ток обмотки 0,1-0,6 А.

Источники питания Контроллер термопринтера этикеток и штрих-кодов выполняет следующие функции:

- реализует обмен данными с внешней ЭВМ для приема изображения этикетки, сформированного с помощью внешнего программного обеспечения (software), внешних установок и управления печатью, передачу данных о функционировании термопринтера в ЭВМ и т.п.;

- реализует формирование и модификацию этикеток, генерирует штрих-коды, контролирует температуру ТПГ, управляет работой ТПГ и формирует программу печати с учетом температурной коррекции и «истории», управляет двигателями и дополнительными механическими устройствами;

- реализует обмен данными с органами управления термопринтера и индикации;

- выполняет различные интеллектуальные функции контроля и коррекции качества печати.

Собственное программное обеспечение контроллера термопринтера называют *firmware*, по объему составляющее несколько Мбайт. К примеру, термотрансферные принтеры Datamax оснащены одним из самых быстродействующих промышленных процессоров. К примеру, Datamax M4210-MarkII имеет высокоскоростной многозадачный процессор Dragonball 150 МГц, объем памяти 8 Мбайт DRAM, 4 Мбайт Flash, интерфейсы RS232, Centronics и USB, опции Ethernet, Wi-Fi, USB Host, язык управления DPL, язык программирования ZPL. Такой контроллер увеличивает пропускную способность и работает с высокой скоростью, что делает печать этикеток при помощи этого принтера – одной из самых быстрых в данной области.

Как видно, контроллеры термопринтеров являются изделиями высоких информационных технологий, как в аппаратном, так и в программном обеспечении. Изучение зарубежных и разработка отечественных контроллеров отвечает задачам модернизации приборостроения.

Технические требования к источникам питания термопринтеров зависят от применяемой ТПГ, скорости печати, ширины печати, вида изображения (двухградационное, полутоновое, цветное) и т.п. Термопечатающие головки выпускаются с напряжением питания резисторов от 2,7 В (узкие ТПГ для медленных принтеров компаний ROHM и Kyocera), 12 В (отечественные ТПГ для кассовых аппаратов), 24 В (широкие ТПГ, скоростные ТПГ для печати штрих-кодов, полутоновые ТПГ, ТПГ для цветной печати). Для работы отечественной ТПГ ТА4032А с сопротивлением резисторов 120 Ом, напряжением питания резисторов 12В и одновременной печатью 32 точек требуется стабилизированный источник напряжения с выходным током 3,2 А. Для широких ТПГ с количеством точек до 2000-3000 требуются стабилизированные источники напряжения с токами до 10А и более. Причем нестабильность питания резисторов существенно ухудшает качество изображения.

Расходные материалы определяют качество печати и продолжительность безотказной работы термопринтера. Их следует выбирать по рекомендациям изготовителей ТПГ, так как режимы печати и срок службы ТПГ задаются для определенных термочувствительных материалов. В ближайшие годы трудно рассчитывать на производство отечественных материалов для термопечати.

На российском рынке широко представлены термобумаги, термотрансферные ленты, клеящиеся этикетки зарубежных фирм.

Таким образом, на наш взгляд проблемы разработки отечественных термопринтеров этикеток и штрих-кодов в настоящее время могут иметь реальные технические решения. Наиболее рациональный путь - применение импортных ТПГ, разработка механизмов печати, контроллеров, источников питания, программного обеспечения, конструкций корпусов. Это позволит последовательно восстанавливать высокоточное и высокотехнологичное производство современной электронной техники.

## Литература

1. Поликанов Ю.В., Московский Ю.В., Миркин А.И. Термопечатающие головки//Приборы и системы управления. 1985. №3.
2. Алехин В.А., Парамонов В.Д., Поликанов Ю.В. Сенситометрические испытания термографических бумаг// Приборы и системы управления. 1992. №3.
3. Алехин В.А., Парамонов В.Д., Соколов В.Г. Термографический видеопринтер// Приборы и системы управления. 1990. №7.
4. Алехин В.А., Кузнецов В.В., Парамонов В.Д. Полутоновой термографический видеопринтер// Приборы и системы управления. 1992. №8.

5. Алехин В.А. Термопечатающие головки для устройств регистрации информации// Приборы и системы управления. 1999. №6.

6. Поликанов Ю.В., Гурин В.Я. Буробин В.А. Современные отечественные термопечатающие головки и термопринтеры для контрольно-кассового оборудования//Электронные компоненты. 2001. .- №2.

Связь с автором: e-mail: alekhin@mirea.ru

---

*Б.А. Баллод, Д.Е. Ковалев, И.Б. Ковалева*

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ DATAMINING В ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ**

Ивановский государственный энергетический  
университет им. В.И. Ленина  
г. Иваново, Россия

В связи с ростом количества кардиологических заболеваний, а также с необходимостью их быстрого и точного диагностирования была разработана автоматизированная система диагностирования кардиологических заболеваний. Система разрабатывалась для определения наличия, а также вида нарушения ритма сердца, называемого фибрилляцией. Фибрилляция бывает нескольких видов, основное различие состоит в том, что при нарушении первого вида ритм в среднем через 48 часов самопроизвольно восстанавливается, при втором виде нарушений необходимо хирургическое вмешательство. Основная проблема заключается именно в определении вида фибрилций и выбора метода лечения, так как поставить точный диагноз можно лишь учитывая большое количество латентных факторов.

В ходе разработки системы были собрана обучающая выборка из 96 человек входивших в различные группы нарушения ритма. Методом «Главных компонент» были отобраны наиболее значимые факторы вариабельности ритма сердца. На основе очищенных и редуцированных данных было построено «дерево решений», способное не только выявлять наличие фибрилляции, но и определять ее вид. Очистка и фильтрация кардиограмм осуществлялась соответствующими модулями аналитической платформы Deductor. На основе полученного «дерева решений» был создан программный продукт[1], позволяющий использовать созданную модель диагностики не прибегая к помощи сторонних программных средств. Тестирование на обучающей выборке показали 97 % точность постановки диагноза.

## Литература

1. Свидетельство № 2010612460 о государственной регистрации программ для ЭВМ.

---

*О.А. Буймистрова, И.С. Кущева, М.В. Манькова,  
Е.С. Хухрянская*

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПАРКЕТНЫХ РАБОТ**

Воронежская государственная лесотехническая академия  
г. Воронеж, Россия

Паркетные полы являются традиционным способом художественной отделки пола в помещениях, такая отделка подходит к любому интерьеру, и ее можно комбинировать с другими материалами.

В период 2008-2011 гг. наблюдается изменение в структуре потребления паркета по типам продукции: сокращается доля штучного паркета и увеличивается доля паркетной доски (в основном импортного производства). В настоящее время на долю штучного паркета отечественного производства приходится более 37% рынка [1].

Крупнейшими компаниями-дистрибьютерами, занимающимися паркетом на российском рынке являются «Паркет Холл», «Дом Паркета», «Мир паркета» и «Паркет дизайн». Кроме продажи «Паркет Холл» занимается изготовлением художественного паркета, а «Паркет дизайн» имеет собственные производственные мощности.

Все фирмы, так или иначе занимающиеся сознанием паркетного напольного покрытия можно условно разделить на две категории. Первые имеют обширную базу осуществленных проектов, из которых заказчик выбирает типовое решение с небольшими изменениями, и они ориентированы на выпуск и настил дорогого штучного и наборного паркета. Вторые ориентируются на среднего покупателя и применяют так называемую модульную сборку пола, когда паркет выпускается в виде готовых прямоугольных (квадратных) блоков раппортов укладки. Конструкция модульных элементов позволяет «вживлять» их в орнамент штучного паркета, сочетать художественные элементы со стандартными укладками и облегчать проектирование пола изотетичных помещений. В обоих случаях всякое изменение типового варианта влечет к дополнительным затратам.

Укладка штучного паркета является трудоемким процессом, требующим высокой квалификации персонала, поэтому целесообразно использовать автоматизированную систему проектирования (САПР) паркетных работ «Мозаика», которая позволяет объединить и согласовать существующие разрозненные системы российских и зарубежных стандартов на паркетную продукцию [2].

В России сегодня по действующему ГОСТу 862.1-85 «Паркет штучный. Технические условия» паркетные планки подразделяются на две марки: «А» (высшая категория) и «Б». Стандарт Германии (DIN 280, Teil 1) предусматривает три группы качества (от высшего к низшему): Natur (N), Gestreift (G) и Rustical (R). В частности Natur предполагает отсутствие заболони, резких изменений окраски и нерегулярности структуры. Допускаются одиночные здоровые сучки: темные диаметром до 1 мм и светлые – до 8 мм. Стандарт Австрии (D3000, Teil 2) вводит дополнительно более высокую категорию Exwisit (E) – улучшенное качество. Такое многообразие критериев создает проблему согласования качества паркетных ресурсов, поставляемых из разных регионов. Использование динамической базы данных, включающей следующие библиотеки: элементов, материалов и укладок, - дает возможность не только сохранить полученное художественное решение, но и осуществить на этапе проектирования контроль соответствия стандартам.

Подсистема САПР формирования укладки состоит в равномерном заполнении проектируемого объема однородными фрагментами (раппортами) и содержит некоторый набор типовых задач с возможностью модифицирования любого элемента под требующиеся исходные величины:

- генерация окна видимости, соответствующего конфигурации проектируемого помещения [3];
- выбор орнамента напольного покрытия;
- выбор технологии укладки;
- выбор и расчет количества необходимого материала.

Решение данных задач предполагает ресурсные затраты на рассмотрение всех допустимых вариантов, большинство из которых далее не используется. Для упрощения этих этапов в автоматизированной системе проектирования паркетных работ используется подсистема геометрического моделирования, дающая визуализацию общего художественного решения с расчетом оптимального объема расходуемого материала. Входными параметрами являются: тип, конфигурация помещения; размеры паркетной клепки; угол наклона рисунка и наличие/отсутствие фриза.

Система поддержки принятия решений предназначена для оценки возможных вариантов и поиска стратегии оптимального управления, и позволяет рассмотреть возможные способы укладки с визуализацией по каждому предлагаемому методу и произвести выбор наилучшего решения.

Определение количества расходуемого материала особенно важно при нетрадиционном подходе к оформлению интерьера т.к. известные в настоящее время методы укладки (шахматный, «плавающий») целесообразно использовать лишь для типовых укладок на изотетичных площадях. Стандартно данная величина определяется согласно общей методике, учитывающей размер проектируемо-

го помещения и коэффициент запаса материала  $k_z$ , который зависит от типа укладки. Различают укладки:

- без изменения стандартных параметров плашки ( $k_z = 5\%$ );
- требующие нарезки клепок под прямым углом ( $k_z = 20\%$ );
- использующие сочленение паркетных планок под углом, отличным от прямого ( $k_z = 40\%$ ).

Применение САПР для минимизации отходов (количества материала) позволяет расположить паркетный рисунок, чтобы обеспечить минимум обрезки ламелей, а также применить части нецелых планок в дальнейшем комплексе работ по настилу пола.

Наглядность получаемых результатов позволяет оценить все достоинства выбранной укладки, исходя из общего стиля интерьера проектируемого помещения, и дает возможность составить оптимальный план раскладки паркетных планок. При этом учитывается: неизотетичность помещений; сложность мозаичных и орнаментальных рисунков из нескольких типов базовых деталей различной текстуры; расположение оконных и дверных проемов, батарей отопления; треугольные пространства, которые образуются в пристенных и прифризových рядах и т.д.

Критериями оптимизации являются: минимизации отходов, максимизация целых плашек, эргономические показатели. Расчет требуемого материала в этом случае будет получаться наиболее точным.

Для апробации алгоритма были рассмотрены несколько стандартных вариантов простой укладки паркета: палубный, елка, вьетнамка, – при разной величине помещения. При этом рассчитанный объем требуемого материала оказался меньше на  $1,5 \div 7,2\%$  от традиционно рассчитываемого, верхняя граница относится к большей разнице длины и ширины помещения.

## Литература

1. Маркетинговое исследование. Рынок паркета. Февраль 2011 [Электронный ресурс]. / Режим доступа. – URL: [http://www.indexbox.ru/sale\\_reports/?research\\_id=274](http://www.indexbox.ru/sale_reports/?research_id=274)

2. Хухрянская, Е.С. Математическое обеспечение САПР паркетных работ [Текст] / Е.С. Хухрянская, И.С. Кущева // Информационные и управляющие системы в пищевой и химической промышленности: матер. междунар. науч.-практ. конф. / Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж: ВГТА, 2009. – С. 209-212.

3. Хухрянская, Е.С. Унифицированное описание модели входного объекта для САПР паркетных работ [Текст] / Е.С. Хухрянская, В.Н. Харин, И.С. Кущева // Системы управления и информационные технологии. – 2006. – №3 – с.92 – 96.

Связь с автором: [oksana\\_buymistrova@mail.ru](mailto:oksana_buymistrova@mail.ru)

*Е.А. Дорохов*

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ПРОТИВОБОРСТВА В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

Московский институт радиотехники,  
электроники и автоматики (МИРЭА)  
г. Москва, Россия

### **Аннотация**

Рассмотрена проблема принятия оптимального решения в конфликтной ситуации в условиях информационной неопределенности. Предложена модель системы принятия решений на основе нечеткой логики и на основе опытных данных.

Ключевые слова: нечеткая логика, принятие решений, интеллектуальные системы.

### **1. Постановка проблемы**

В настоящее время при подготовке и ведении боевых действий одной из основных проблем, стоящей перед командиром корабельной группы, является выбор оптимального варианта действий своих войск в условиях информационной неполноты и неопределенности относительно состава, характеристик военно-технических средств, стратегий противника. Также для принятия наиболее эффективного решения необходимо максимально использовать возможности современного наукоемкого оружия. В такой ситуации задача поиска оптимальной стратегии противоборства как последовательности решений на заданное число ходов становится практически невыполнимой для человека в условиях быстроменяющейся боевой обстановки и необходимо искать способы автоматизации данной задачи.

Решением проблемы оперативного прогнозирования боевой обстановки и выработки оптимального действия может стать создание программно-аппаратного комплекса системы принятия решения (СПР), облегчающего командиру выбор оптимальной стратегии. Программный комплекс должен оценивать развитие конфликтной ситуации и выработать рекомендации по действиям командира, например, «атаковать», «пойти на сближение», «увеличить скорость».

На данный момент проводятся обширные фундаментальные исследования в области прогнозирования и принятия решения в нечеткой среде и имеются значительные достижения в этой области. Среди наиболее перспективных современных моделей следует выделить подходы, основанные на «мягких» вычислениях: нечеткая логика, нейросети, генетические алгоритмы. Основным преимуществом технологии «мягких» вычислений перед традиционными «жесткими» является возможность построения адекватной модели сложной системы в условиях неточной, неопределенной или неполной информации [5].

2. Модель системы принятия решений и анализа конфликтной ситуации в нечеткой среде

На рис. 1 приведена модель СПР в нечеткой среде. Следует отметить, что прикладная программа СПР, изначально создаваемая в военных целях для анализа конфликтной ситуации, может быть использована с минимальными изменениями и в других областях.

Здесь СПРН – система принятия решений на основе нечеткой логики (нечеткой игровой модели), СПРО – система принятия решений на основе опытных данных. СПРО также построена на основе нечеткой логики, но структура принятия решений кардинально отличается от СПРН, что и позволяет ее выделить в отдельный модуль.

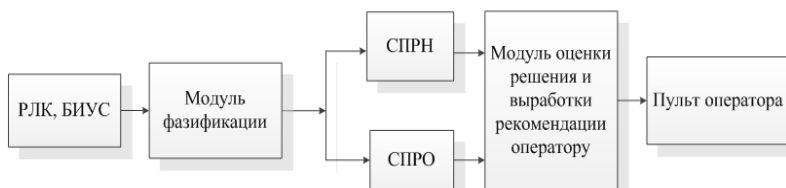


Рис. 1. Модель СПР

Принятие решений осуществляется следующим образом. От бортовой информационной управляющей системы (БИУС) и радиолокационного комплекса (РЛК) поступает информация о противнике, географических и климатических условиях и другие данные, назовем эти данные информацией о ситуации (КС). Входная информация о КС фазифицируется, то есть численному значению некоторого параметра сопоставляется лингвистическая переменная  $L = (v, \varphi)$ , где  $v$  – оттенок значения,  $\varphi$  – степень достоверности этого значения [1]. Например, можно говорить о скорости корабля противника как об очень высокой со средней степенью достоверности. По фазифицированным данным блоки СПРН и СПРО независимо друг от друга находят некоторое решение – действие, которое необходимо принять командиру. Данное решение также представляет собой лингвистическую переменную.

Далее модуль оценки решения и выработки рекомендации выработывает окончательное решение как взвешенное среднее результатов работы модулей СПРН и СПРО в виде набора действие/уверенность в действии, например, “атаковать/очень высокий уровень, сократить дистанцию/высокий уровень, увеличить скорость/средний уровень”.

3. Модель системы принятия решений на основе опыта

СПРО формирует решение на основании опытных данных: сравнивает текущую КС с находящимися в базе данных и выработывает некоторое решение. В базе данных содержится КС, действие, принятое в этой КС, и результат. В [3] предложен общий подход к построению систем принятия решений на основе опытных данных. Выработку решения можно разбить на четыре фазы: выбор похожей

ситуации из базы данных, адаптация использованного решения к текущей ситуации, проверка решения, сохранение КС и решения в базе данных. Таким образом, процесс принятия решения имитирует подход человека к решению подобной задачи. Метод принятия решения на основе опыта имеет следующие преимущества:

- возможность работы с поверхностными знаниями при отсутствии четкой математической модели развития ситуации;
- самообучение в процессе работы системы;
- способность работать в условиях нечеткой, неполной входной информации.

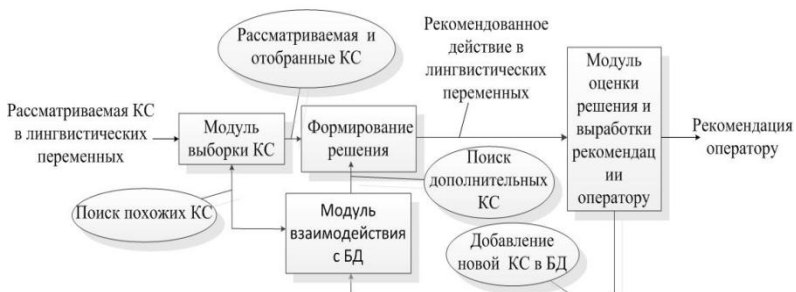


Рис. 2. Модель СПРО

Этот метод отлично подходит для задачи принятия решения в конфликтной ситуации, поскольку есть возможность формального описания КС и хранения КС в базе данных, КС часто повторяются и принятие опробованного ранее решения, если оно привело к хорошему результату, повышает вероятность выигрыша.

При разработке алгоритмов принятия решения в СПРО целесообразно использовать методы нечеткой логики и нейросети. Например, при оценке схожести текущей КС и КС из базы данных можно использовать нечеткие нейросети, а на этапе адаптации решения как нечеткий вывод, так и модель нейросетей.

4. Модель системы принятия решений на основе нечеткой логики

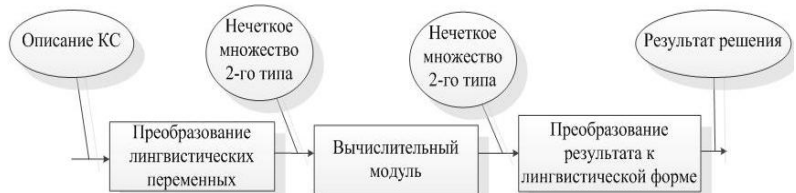


Рис. 3. Модель СПРН

СПРН основана на нечеткой игровой модели: по заложенному алгоритму просчитывается, какое действие принесет наибольший выигрыш. Основой модели является вычислительный модуль, который работает с данными в виде нечетких переменных второго типа. Нечеткие множества второго типа позволяют оперировать с расплывчатой информацией и формировать строгую с научной точки зрения модель сложной системы в отличие от нечетких множества первого типа, в которых функция принадлежности принимает вполне определенные значения [2].

Ядром вычислительного модуля является набор продукционных правил, сопоставляющих входной информации некоторые выходные данные. Продукционные правила состояются из экспертами либо выводятся на основе аналитических данных. Далее выходные нечеткие переменные вычислительного модуля преобразуются к лингвистическим переменным с помощью нечеткого оператора взвешенного среднего [4].

Поскольку просчитать все возможные варианты развития КС даже на незначительное число ходов - невыполнимая в условиях жестких временных ограничений задача, можно использовать известный из теории шахмат альфа-бета алгоритм с амортизацией отказов.

#### Заключение

Задача принятия решения в конфликтной ситуации может быть решена с помощью комплексной системы принятия решений на основе нечеткой логики и опытных данных. Использование мягких вычислений в модели СПР позволяет обрабатывать нечеткие входные данные и повысить надежность работы системы. Вычисление оптимального решения или стратегии как последовательности решений на заданное число ходов осуществляется двумя независимыми модулями. Модуль СПРН находит оптимальное решение по заданным закономерностям, модуль СПРО вырабатывает решение на основании предыдущего опыта. В качестве окончательного результата выбирается некоторое взвешенное решение.

Важной особенностью рассмотренной СПР является возможность построения самообучаемой системы. Анализируемая конфликтная ситуация, после выполнения принятого командиром решения, добавляется оператором к базе данных вместе с принятым решением и эффективностью данного решения. Для реализации принципа самообучаемости необходимо автоматизировать процесс оценки выигрыша своей стороны и противника. Такая задача автоматизации требует проведения дополнительных исследований и работ по модернизации БИУСа и РЛК и, возможно, будет также решена в ближайшее время.

## Литература

1. Barderine A. Linguistic fuzzy-logic game theory // Journal of conflict resolution. 2006. V. 50. P. 28-57.
  2. Mendel J.M. Uncertain rule-based fuzzy logic systems: introduction and new directions // Prentice Hall, Upper-Saddle River, NJ. 2001.
  3. Simon C.K. Shiu, Sankar K. Pal. Case-based reasoning: concepts, features and soft computing // Applied Intelligence. 2004. V. 21. P. 233-238.
  4. Wu D., Mendel J.M. Aggregation using the linguistic weighted average and interval type-2 fuzzy sets // IEEE Trans. on Fuzzy Systems. 2007. V. 15. P. 1145-1161.
  5. Zadeh L. Toward extended fuzzy logic – A first step // Fuzzy sets and systems 160. 2009. P. 3175-3181.
- 

*В.В. Колужнов*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЗАДАЧ РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ СИТУАЦИЙ**

Сибирский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики  
г. Новосибирск, Россия

Ранее [1, 2] мы описывали лабораторный стенд для проведения испытаний по нарушению правил дорожного движения и моделированию различных ситуаций, возникающих на дорогах. В процессе его эксплуатации выяснилось, что возможностей покупных моделей автомобилей недостаточно для качественного моделирования возникающих ситуаций на дорогах. Скорость моделей около 6 км/ч, что превышает необходимую для движения по макету города примерно в 6-7 раз. Кроме того, нет возможности адаптивно изменять скорость движения модели. Угол поворота покупной модели фиксирован, а, значит, нет возможности осуществлять маневрирование на дороге. Соответственно, не было возможности реализовать моделирование возникающей пробки на дороге, обгона транспортного средства, нарушения скоростного режима, а значит и распознавания номерных знаков в соответствующих условиях.

Для того чтобы решить возникшие проблемы, было принято решение о разработке собственных моделей транспортных средств, к которым были предъявлены следующие требования:

1. Модель в масштабе 1:43
2. Управляемый угол поворота передних колес модели транспортного средства

3. Максимальная скорость модели 3 км/ч
4. Изменяемая скорость движения модели
5. Возможность централизованного компьютеризованного управления сразу несколькими моделями
6. Радиоуправление на разрешенных частотах 27 или 433 Мгц  
Кроме указанных требований также хотелось иметь расширяемую платформу с целью переноса на модель автомобиля дополнительных функций, таких как:
  1. поддержание курсовой устойчивости
  2. запись информации о столкновениях и ударах
  3. автоматическое выполнение заданных маневров, например, парковка или разворот
  4. запись информации о движении модели автомобиля для анализа после столкновения
  5. подача звуковых и цветовых сигналов
  6. включение переднего света в условиях недостаточного освещения

7. моделирование проскальзывания колес  
Требование соблюдения масштаба 1:43 заставило использовать миниатюрные компоненты и решения для мобильных устройств. Для изменения угла поворота передних колес было принято решение использовать серво и систему рулевых тяг, а для изменения скорости движения широтно-импульсную модуляцию, драйвер двигателя и понижающий редуктор. Для обеспечения расширяемости функций необходимо было предусмотреть центр для обработки поступающей информации и выработки управляющих решений – микроконтроллер.

Перед тем как приступить непосредственно к сбору модели, был осуществлен подбор всех необходимых компонентов и разработан 3d модель платформы для того чтобы убедиться до их покупки в том, что все компоненты можно будет разместить в модели транспортного средства масштаба 1:43.

На рисунке 1 представлена 3d модель разработанной платформы модели автомобиля.

В качестве устройства управления был использован микроконтроллер ATmega16 в TQFP корпусе. На рисунке 2 представлена 3d модель платы для микроконтроллера и периферийных устройств. Микроконтроллер прошивается прямо на плате по технологии ISP. Для этого на плате предусмотрен соответствующий разъем.

Для того чтобы модель автомобиля получала команды с централизованного устройства управления было необходимо организовать радиопередачу данных. Для этого были использованы радиомодули HM-R433 и HM-T433 с ФЧХ модуляцией. Модуль HM-R433 предназначен для получения данных, а HM-T433 для их передачи. Модули представляют собой платы размером 15x25 мм. Передатчик имеет трехконтактный разъем — GND, DATA и Vcc. У приемника есть еще вход ENABLE, при подаче на который высокого уровня разре-

шается прием данных. В нашем случае на него можно всегда подавать высокий уровень. С помощью этих модулей можно организовать симплексную связь. Передача данных осуществляется по протоколу USART, который аппаратно поддерживается микроконтроллером ATmega16. Передача данных осуществляется на частоте 433 МГц. Эта частота является разрешенной для использования в радиобительских целях. Модуль HM-T433 подключается к одному из разъемов устройства сопряжения, что обеспечивает передачу данных на модели транспортных средств от персонального компьютера. Модуль HM-R433 вставляется в соответствующий слот платы, устанавливаемой на модель транспортного средства.

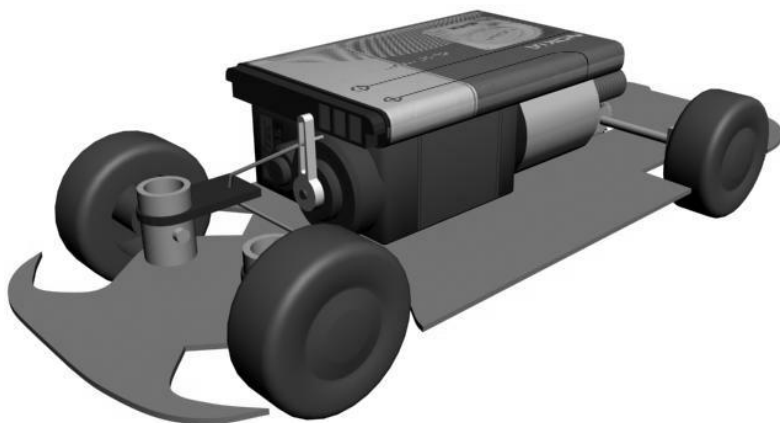


Рис. 1. 3d модель разработанной платформы

В качестве устройства управления поворотом колес была применена серво-машинка HS-55, выпускаемая фирмой Hitec. Ее размеры 22.8 x 11.6 x 24 мм подошли идеально для использования в масштабе стенда 1:43.

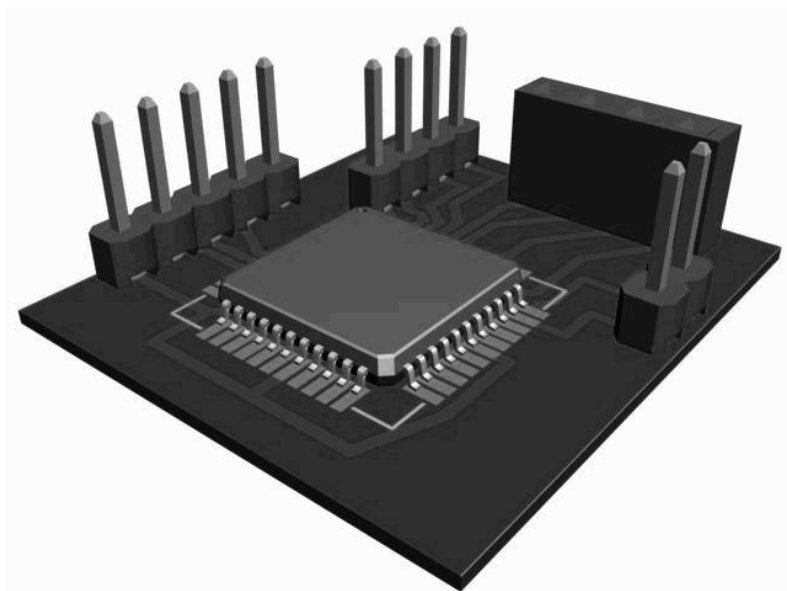


Рис. 2. Плата, устанавливаемая на модель автомобиля

Для модели автомобиля использован электродвигатель серии FF-030PK, приводящий в движение колеса модели через червячную передачу. В этой серии представлены несколько моделей двигателей, одинаковых по размерам, но отличающихся количеством оборотов в секунду и возможным диапазоном питающего напряжения. Подбор двигателя осуществляется в зависимости от того какая модель транспортного средства будет использоваться. Электродвигатель управляется микроконтроллером при помощи драйвера двигателя LB1638.

С целью снижения скорости движения модели двигателя, был подобран понижающий червячный редуктор с передаточным числом 1:2.5. Кроме того, такой редуктор снижает возможность проскальзывания колес за счет эффекта самоторможения.

Питание электродвигателя и платы осуществляется аккумулятором BL-5C емкостью 1050 мАч, который используется в распространенных сотовых телефонах производства фирмы Nokia.

### Литература

1. Колюжнов В.В., Колотов В.В. "Разработка стенда для моделирования дорожно-транспортных ситуаций" – сборник докладов международной научной заочной конференции "Актуальные вопросы современной техники и технологии".

*М.Ф. Кузнецов, А.В. Бутенко*

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ СИСТЕМ ЗАРЯДОВ**

Хакасский государственный  
университет им. Н.Ф. Катанова  
г. Абакан, Россия

Использование компьютеров связано с решением целого ряда задач развития физического образования. Общеизвестным является утверждение о том, что при обучении физике компьютерное моделирование ни в коем случае не должно подменять собой физическую лабораторию и вытеснять физический эксперимент. Наряду с реальным экспериментом в Хакасском государственном университете все более широкое развитие получает и компьютерный эксперимент. В первую очередь это обусловлено желанием сделать более наглядными и понятными результаты тех фундаментальных физических опытов, которые по тем или иным причинам не могут быть выполнены в учебной лаборатории. Однако, даже моделирование физических явлений, в принципе доступных непосредственному наблюдению, имеет определенную педагогическую ценность. Очевидное достоинство компьютерного моделирования заключается в возможности создавать впечатляющие и запоминающиеся зрительные образы, способствующие более глубокому пониманию изучаемого явления. Моделирование позволяет придать наглядность абстрактным законам и уравнениям, привлечь внимание к деталям изучаемого явления. Графическое отображение результатов моделирования на экране компьютера одновременно с анимацией изучаемого явления или процесса позволяет учащимся легко воспринимать большие объемы информации [1].

Важнейшими в электростатике являются понятия напряженности и потенциала электрического поля [2]. Разработанная нами программа позволяет сделать процесс раскрытия этих понятий более простым, наглядным и динамичным. Программа позволяет в интерактивном режиме с помощью мыши задавать положение зарядов в графическом окне, задавать или редактировать их величину и знак. Линии напряженности и эквипотенциальные линии электростатического поля системы трех зарядов иллюстрирует рис. 1.

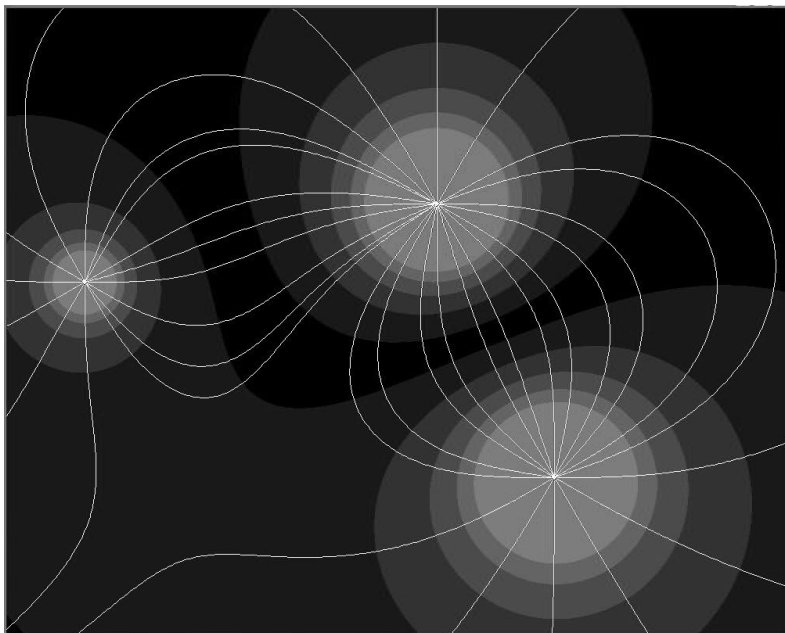


Рис. 1. Визуализация электростатического поля системы трех зарядов

Применение программы в школьном и вузовском курсе физики позволяет сделать более наглядными понятия линий напряженности и эквипотенциальных поверхностей.

### Литература

1. Бутиков, Е.И. Роль моделирования в обучении физике /Компьютерные инструменты в образовании. – 2002. – №5. – С. 3-20.
2. Савельев, И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев. М.: Наука, 1982. 496с. Т.2.

## ОПИСАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ В НЕИНЕРЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ОТСЧЕТА

Хакасский государственный  
университет им. Н.Ф. Катанова  
г. Абакан, Россия

Один из разделов курса физики, из-за недостатка времени обычно исключаемый из обсуждения – описание движения тел в неинерциальных системах отсчета. С физической точки зрения описание движения тела в неинерциальной системе отсчета имеет свои особенности (учет сил инерции), знание которых позволяет существенно расширить теоретический арсенал специалиста. С другой стороны, формулировка подобного рода задач приводит к появлению систем дифференциальных уравнений, зачастую не имеющих аналитического решения. Это обуславливает необходимость овладения специалистом численных методов решения подобных задач, их компьютерной реализации.

Рассмотрим описание движения математического маятника во вращающейся системе отсчета (см. рис. 1). Второй закон Ньютона для этого тела запишется в следующем виде:

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F}_y + \vec{F}_ц + \vec{F}_к, \quad (1)$$

где  $\vec{F}_y$  – квазиупругая возвращающая сила,  $\vec{F}_ц = m \cdot \omega^2 \cdot \vec{r}$  – центробежная сила инерции,  $\vec{F}_к = 2m \cdot [\vec{V} \times \vec{\omega}]$  – сила Кориолиса [1],  $\omega$  – угловая скорость вращения системы отсчета. Уравнения движения в скалярной форме будут иметь вид:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 x}{dt^2} &= -\frac{g}{L} \cdot x + 2 \cdot \omega \cdot \frac{dy}{dt} + \omega^2 \cdot x, \\ \frac{d^2 y}{dt^2} &= -\frac{g}{L} \cdot y + 2 \cdot \omega \cdot \frac{dx}{dt} + \omega^2 \cdot y, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $L$  – длина маятника. Решение системы дифференциальных уравнений (2) осуществлялось со следующими наборами начальных условий:

$$X(0)=1, \quad X'(0)=0, \quad Y(0)=0, \quad Y'(0)=0, \quad (3)$$

$$X(0)=0, \quad X'(0)=1, \quad Y(0)=0, \quad Y'(0)=0. \quad (4)$$

Результаты расчетов траектории движения маятника при различных начальных условиях приведены на рис. 2.

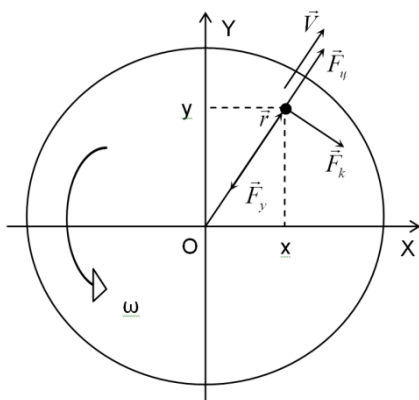


Рис. 1. Силы, действующие на маятник во вращающейся неинерциальной системе отсчёта

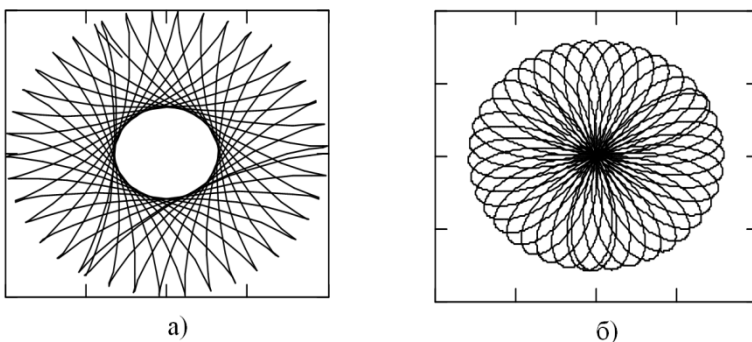


Рис. 2. Траектория движения маятника при различных начальных условиях:  
а) – начальные условия (3), б) – начальные условия (4)

Разработанная компьютерная модель маятника Фуко, наряду с реальным физическим экспериментом, с успехом используется в лекционном курсе физики.

### Литература

1. Савельев, И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев. М.: Наука, 1982. 432 с. Т.1.

## **КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ В МЕДИЦИНЕ**

Казахский национальный медицинский  
университет им. С.Д. Асфендиярова  
Алматы, Казахстан

Разработка математических моделей в медицине является перспективным направлением применения математических методов. Другим направлением применения математических методов в медицине связано с моделями систем, в которых используются сведения о структуре изучаемых систем, механизмы взаимодействия их отдельных элементов. Математические методы в медицине представляют собой совокупность методов количественного изучения и анализа состояния и поведения биологических объектов и медицинских систем [1-2]. Физические, химические, технические и другие явления достаточно полно описываются математическими методами и обладают высокой степенью теоретического обобщения. Биологические объекты и медицинские системы являются более сложными. Кластерный анализ в медицине применяют в основном для сжатия информации за счет построения системы обобщенных показателей. В здравоохранении исходные показатели, такие как рождаемость, заболеваемость, смертность и т.д. заменяются соответствующим набором обобщенных показателей (материальные ресурсы, качество обслуживания, оснащенность клиники и т.д.).

Применяя данный метод анализа, можно добиться наилучшего качества разбиения совокупности объектов (заболеваний). Например, заболевания внутренних органов представляют собой совокупность объектов определенного типа. Кластерный анализ схож с математическим методом распознавания образов, позволяющих работать с плохо структурированными системами. Моделирование вообще в той или другой форме использует и распознавание образов, так как на объект предполагается наложение некоторой микроструктуры. Методы распознавания образов отличаются универсальностью их применения и связаны с необходимостью использования больших массивов информации на базе современной электронно-вычислительной техники. Основные функции системы распознавания образов заключается в выделении общих признаков, узнавания этого образа в любой другой обстановке и отнесении его к одному из заданных классов. Кластерный анализ применяется во многих областях исследования, таких как психология, экономика, социология и т.д. Объекты, характеризующиеся общим свойством, объединяют в кластеры. Основная цель кластерного анализа нахождения концептуальных схем группирования объектов, определение тем или другим способом типов, к которым относятся имеющиеся данные, затем проверка достоверности результатов кластерного решения. Для это-

го определяется множество переменных, по которым оценивается мера сходства или различия между объектами. Нами взяты заболевания внутренних органов, имеющие определенные сходства в показателях. Последние должны быть определенными (устойчивыми), исключается влияние случайных факторов и не должны быть противоречивыми. Медицинские данные (характеристики объектов), представляют, чаще всего, в виде матрицы наблюдений.

Применим иерархическую кластеризацию, когда крупные кластеры (заболевания внутренних органов) дробятся на более мелкие, например, болезни органов пищеварения: болезни пищевода, болезни желудка и 12-перстной кишки, болезни печени и желчевыводящих путей и т.д. Кластер <болезни печени> дробятся еще на более мелкие кластеры: хронический гепатит, цирроз печени, печеночная энцефалопатия и т.д. Получаем древообразную иерархическую структуру, характеризующуюся перечислением всех кластеров от крупного к мелкому. Применение методов кластеризации, одним из важных моментов, предполагает определение информативных признаков.

Рассмотрен влияние степени выраженности симптома: жировая дистрофия на результат диагностирования заболевания острый алкогольный гепатит (ОАГ), используя диагностические таблицы, содержащие данные об этиологии и патогенезе болезней внутренних органов. Исследования, произведенные автором, показали, что для дифференциальной диагностики применима математическая модель, ранее разработанная автором, на основании метода по принятию решения при качественной и вероятностной неопределенности [3].

Нечеткие полезности и состояние системы заданы множеством:

$$U_i^* = \bigcup_k \mu \sim (U_k) / U_k, X = \bigcup_k \mu \sim (X_k) / X_k, x_k \in X$$

где  $\mu \sim (x_k)$  - степень выраженности симптома.

Установлено, что симптом <жировая дистрофия> обладает большей информативностью и характерен для заболевания ОАГ, как видно из графика. Вероятность заболевания ОАГ увеличивается с увеличением степени выраженности данного симптома. Значение вероятности для заболевания гепатит В остается неизменным.

Следует вывод, что симптом жировая дистрофия более информативна для заболевания ОАГ, чем для заболевания гепатит В. Для осуществления кластеризации заболеваний очень важным шагом является определение информативности признаков. Предлагаемый метод наиболее перспективен. Он позволяет найти совокупность признаков, отражающие понятие сходства, так необходимые для осуществления кластеризации заболеваний.

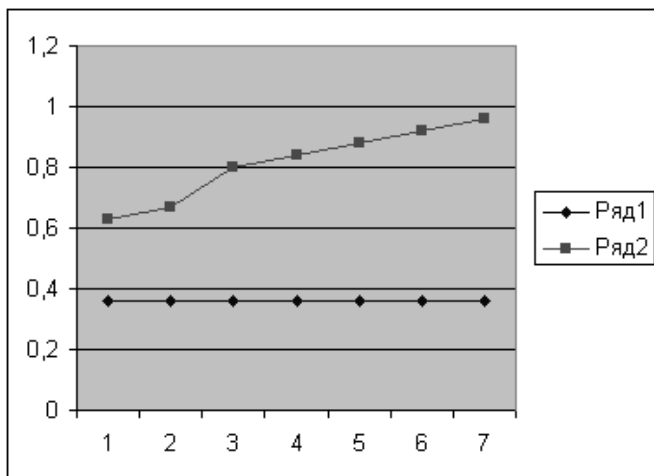


Рис. 1. Зависимость результатов диагностирования: ОАГ (1 -ряд) и гепатит В (2-ряд) от степени выраженности симптома жировая дистрофия.

Диагностирование заболеваний требует разработки новых математических подходов, повышающих объективность и позволяющих получать информативные данные. Разработка новых медицинских информационных систем с применением кластерного анализа способствует дальнейшему развитию, совершенствованию методов диагностики различных заболеваний и продолжает оставаться актуальным и требует своего дальнейшего развития.

### Литература

1. Генкин А.А. Новая информационная технология анализа медицинских данных.-Политехника, Спб.-1999.-с.192.
2. Вятчинин Д.А. Нечеткие методы автоматической классификации.-Минск: Технопринт, 2004.-с.219.
3. Нурмаганбетова М.О. Медицинадағы математикалық модельдеу (каз.яз.) .-Алматы, Казахстан, 2010.- с.107.

Связь с автором: mug2009@mail.ru

А.С. Чумак, М.Г. Данилова

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ОБЖИГОВОЙ МАШИНЫ НА БАЗЕ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С АДАПТИВНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ СКОРОСТИ

Староскольский технологический институт филиал  
Национального исследовательского технологического  
университета «МИСиС»  
г. Старый Оскол, Белгородская обл., Россия

Наиболее важным технологическим процессом при производстве железорудных окатышей является обжиг. При этом, постоянство температуры обжига гарантирует высокое качество выходной продукции. Непосредственное воздействие на качество обжига оказывает равномерность укладки сырых окатышей на обжиговую машину.

В данном металлургическом агрегате возникает множество неконтролируемых возмущений, приводящих к скачкам момента нагрузки механизма и неравномерному движению конвейерной ленты. Следовательно, для улучшения качества обжига требуется более точное поддержание скорости.

Одним из способов решения этой проблемы является проектирование электропривода по схеме ПЧ-СДПМ (преобразователь частоты - синхронный двигатель с постоянными магнитами). Основными достоинствами данной системы являются: высокий диапазон регулирования и перегрузочная способность, жесткие механические характеристики, малое время реакции на скачки нагрузки и высокая динамика, точность регулирования (точность поддержания скорости до 0.05%). Сравнимое по качеству регулирование можно обеспечить посредством асинхронного электропривода с DTC (Direct Torque Control – прямое управление моментом), который также имеет быструю реакцию на скачки нагрузки и задания [1].

Для математического описания используется вращающаяся система координат d-q, при этом ось d совмещается с направлением магнитного поля ротора [2]. Дифференциальные уравнения, описывающие электрические и механические процессы имеют вид:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} i_d &= \frac{1}{L_d} u_d - \frac{R}{L_d} i_d + p \cdot \omega_r \cdot i_q, \\ \frac{d}{dt} i_q &= \frac{1}{L_q} u_q - \frac{R}{L_q} i_q - p \cdot \omega_r \cdot i_d - \frac{\Phi_0 \cdot p \cdot \omega_r}{L_q}, \\ M &= 1.5 \cdot p \cdot \Phi_0 \cdot i_q, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $u_d, u_q, i_d, i_q$  – напряжения и токи статора по осям d и q, R – активное сопротивление статора;  $L_d, L_q$  – индуктивности статора по осям d и q;  $\omega_r$  – угловая скорость ротора;  $\Phi_0$  – амплитуда магнитного потока постоянных магнитов; p – число пар полюсов; M – электромагнитный момент.

При синтезе регуляторов тока статора по осям d и q используется метод описания линейных динамических систем с постоянными параметрами в виде уравнений первого порядка в фазовом пространстве [3]:

$$\frac{dX}{dt} = A \cdot X + B \cdot U, \quad (2)$$

где  $X^T = |i_d, i_q|$  – вектор состояний системы,  $U^T = |u_d, u_q|$  – вектор управляющих воздействий, A и B – переходная матрица системы и матрица управления.

Матрица регуляторов Z(s) получается из матричного равенства:

$$Z(s) = P^{-1}(s) \cdot B^{-1} \cdot sE - A \cdot M(s) \cdot E - k_{oc} \cdot M(s)^{-1}, \quad (3)$$

где E – единичная матрица, M(s) – модельная матрица, P(s) – матрица преобразователя частоты,  $k_{oc}$  – коэффициент обратной связи по скорости.

$$Z(s) = \begin{vmatrix} \frac{L_d \cdot s + R}{2 \cdot k_{ч.н.} \cdot T_\mu \cdot s} & 0 \\ 0 & \frac{L_q \cdot s + R}{2 \cdot k_{ч.н.} \cdot T_\mu \cdot s} \end{vmatrix}, \quad (4)$$

где  $k_{ч.н.}$  – коэффициент усиления преобразователя частоты,  $T_\mu$  – малая некомпенсируемая постоянная времени.

В главной диагонали матрицы Z(s) получены передаточные функции регуляторов тока в каналах d и q. Управляющее воздействие по оси d, совпадающей с направлением магнитного поля ротора, равно 0. Исходя из системы (1), канал q является моментобразующим и должен быть подчинен контуру скорости.

Для регулируемых электроприводов в большинстве случаев применяется настройка на технический оптимум (Betragsoptimum). При данном виде оптимизации стремятся получить передаточные функции контуров управления определенного вида, применяя П- и ПИ- регуляторы. Однако, очень часто, электропривод оказывается

подвержен действию множества возмущений (скачки нагрузки, электромагнитные помехи и т.д.), из-за чего система, настроенная на определенный критерий управления, может не отвечать предъявленным требованиям. Следовательно, целесообразно применение адаптивных систем управления, которые автоматически приспосабливаются к изменениям внешних условий и свойств объекта, обеспечивая необходимое качество управления [4].

Применительно к электроприводу по схеме ПЧ-СДПМ предложена система адаптивной настройки коэффициентов пропорционально-интегрального регулятора скорости на основе нечеткой логики (рис.1).

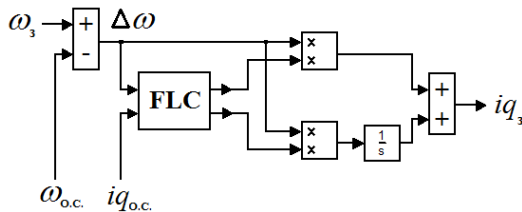


Рис. 1. Структурная схема адаптивного регулятора скорости

На рисунке 1 представлена структурная схема адаптивного регулятора. Задание по скорости  $\omega_3$  на входе сравнивается с сигналом обратной связи  $\omega_{o.c.}$ . Ошибка по скорости и сигнал обратной связи по току  $i_{q.o.c.}$ , пропорциональный приложенной к приводу нагрузке, поступают в блок адаптивной настройки коэффициентов на основе нечеткой логики (FLC – Fuzzy Logic Controller). Работа блока заключается в подборе коэффициентов пропорциональной и интегральной составляющих, обеспечивающих наилучшее качество управления электроприводом при изменениях его нагрузки. На выходе регулятора получается управляющее воздействие для контура регулирования тока  $i_{q3}$ .

Блок адаптации коэффициентов регулятора построен на основе алгоритма Мамдани [5]. Имеется две входных и две выходных лингвистических переменные. Для их описания используются термы треугольной и трапециoidalной формы, ввиду легкости их математического описания и построения.

Входная лингвистическая переменная «ошибка по скорости» описывается пятью термами: NB – отрицательная большая, NS – отрицательная маленькая, Z – нулевая, PS – положительная маленькая, PB – положительная большая (рис. 2).

Входная лингвистическая переменная «ток по оси q» описывается тремя термами: S – маленький, M – средний, B – большой (рис. 3).

Выходная лингвистическая переменная «пропорциональный коэффициент» описывается пятью термами: VS – очень маленький, S – маленький, M – средний, B – большой, VB – очень большой (рис. 4).

Выходная лингвистическая переменная «интегральный коэффициент» описывается пятью термами: VS – очень маленький, S – маленький, M – средний, B – большой, VB – очень большой (рис. 5).

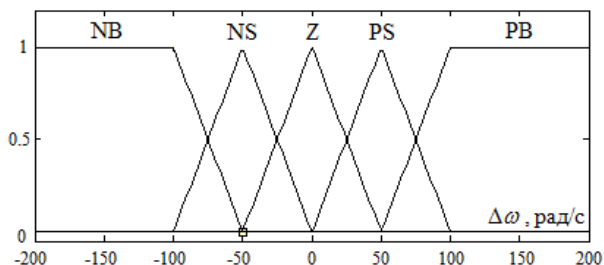


Рис. 2. Функции принадлежности входной лингвистической переменной «Ошибка по скорости»

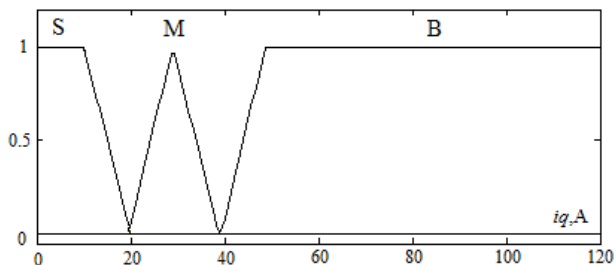


Рис. 3. Функции принадлежности входной лингвистической переменной «Ток по оси q»

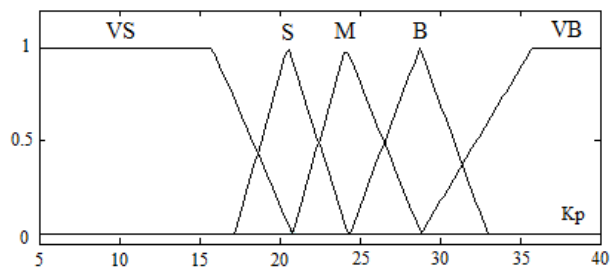


Рис. 4. Функции принадлежности выходной лингвистической переменной «Пропорциональный коэффициент»

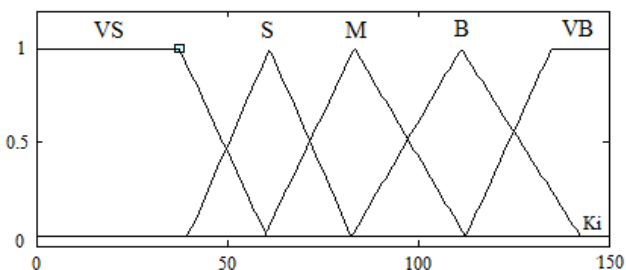


Рис. 5. Функции принадлежности выходной лингвистической переменной «Интегральный коэффициент»

Стратегия управления нечетким блоком записывается таблицей правил в приложении Rule Editor пакета Matlab R2010a (рис.6).

1. If (dW is NB) and (iq is S) then (Kp is VS)(Ki is VS) (1)
2. If (dW is NS) and (iq is S) then (Kp is VS)(Ki is VS) (1)
3. If (dW is Z) and (iq is S) then (Kp is M)(Ki is S) (1)
4. If (dW is PS) and (iq is S) then (Kp is M)(Ki is S) (1)
5. If (dW is PB) and (iq is S) then (Kp is M)(Ki is M) (1)
6. If (dW is NB) and (iq is M) then (Kp is VS)(Ki is S) (1)
7. If (dW is NS) and (iq is M) then (Kp is VS)(Ki is S) (1)
8. If (dW is Z) and (iq is M) then (Kp is M)(Ki is S) (1)
9. If (dW is PS) and (iq is M) then (Kp is M)(Ki is M) (1)
10. If (dW is PB) and (iq is M) then (Kp is B)(Ki is B) (1)
11. If (dW is NB) and (iq is B) then (Kp is S)(Ki is S) (1)
12. If (dW is NS) and (iq is B) then (Kp is S)(Ki is S) (1)
13. If (dW is Z) and (iq is B) then (Kp is M)(Ki is S) (1)
14. If (dW is PS) and (iq is B) then (Kp is B)(Ki is B) (1)
15. If (dW is PB) and (iq is B) then (Kp is VB)(Ki is VB) (1)

Рис. 6. Таблица правил в Rule Editor

На рисунке 7 представлены результаты моделирования электропривода с контуром управления скоростью, настроенным на технический оптимум при помощи П-регулятора и адаптивным ПИ-регулятором. При запуске без нагрузки, в обоих случаях, скорость быстро устанавливается на заданном значении. При этом перерегулирование в приводе с адаптивным регулятором составляет 2%. В момент приложения нагрузки ( $t=0.05c$ ) в системе с П-регулятором происходит просадка скорости 8%. В случае с адаптивным регулятором, скорость устанавливается на прежнем значении.

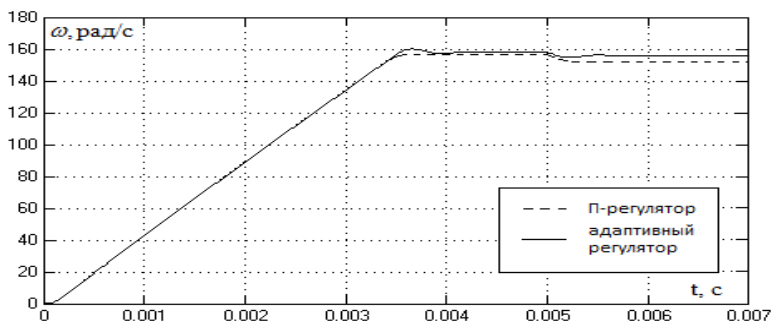


Рис. 7. График скорости электропривода

### Литература

1. Козярук А.Е., Рудаков В.В. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов. – СПб.: СПЭК, 2004. – 127 с
2. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.
3. Рудаков В.В., Столяров И.М., Дартау В.А. Асинхронные двигатели с векторным управлением. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. – 136 с.: ил.
4. Юревич Е.И. Теория автоматического управления. – 3-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 560 с.: ил.
5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

Связь с автором: ststar2006@rambler.ru

**Секция 2**

**МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ,  
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

*А.А. Горбунов, А.Д. Припадчев*

## **РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВОЗДУШНОГО СУДНА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Оренбургский государственный университет  
г. Оренбург, Россия

Воздушное судно как сложный технический объект состоит из системы взаимосвязанных компонентов. Эти компоненты находятся в постоянном взаимодействии между собой, выполняя определённые функции присущие каждому из них, но в совокупности образуют целостный технический объект с определённым набором характеристик выражаемых как единое целое. При проектировании современной авиационной техники (АТ) необходимо использовать системный подход, содержащий различные методики проектирования сложных систем. Общий принцип такого подхода заключается в сложной системе с учетом её взаимодействия. Процесс проектирования дополнительных аэродинамических поверхностей для ВС нового поколения невозможен без использования современных компьютерных технологий САПР, позволяющих в виртуальной среде создавать синтезированные электронные документы, содержащие результаты комплексных расчётов.

На концевой части каждого крыла в зависимости от таких факторов как: скорости движения крыла в воздушной среде, количества генерируемой крылом подъёмной силы, происходят вредные эффекты, принимающие вихревую форму. Вихревое вращательное движение воздушной среды вызвано перетеканием воздуха вокруг концевой части крыла из области высокого давления в область низкого, причём внизу движение направлено к концам крыла, а на верхней стороне к центру, образуя по всему размаху крыла присоединённые вихри. Вследствие законов, которыми управляются вихри, эти вихревые нити не остаются изолированными, а соединяются друг с другом вихрями, локализованными на крыле, которые поэтому называются присоединёнными вихрями. Вихревое течение за крылом, создающееся на концевой части, намного сильнее из-за трехмерного эффекта от конечного размаха. Такое явление создаёт значительные проблемы для аэродинамической эффективности ВС в целом и для ВС, летящего следом. В целях предотвращения, а также решения, создающихся проблем, а также улучшения топливной экономичности за счёт увеличения аэродинамической эффективности ВС, эту проблему призваны решить дополнительные аэродинамические поверхности.

В рамках исследования на данный момент разработаны два варианта дополнительных аэродинамических поверхностей ВС и

поданы заявки на изобретения № 2011456, 2011458, рассмотрим один из разработанных вариантов, (см. рис. 1).

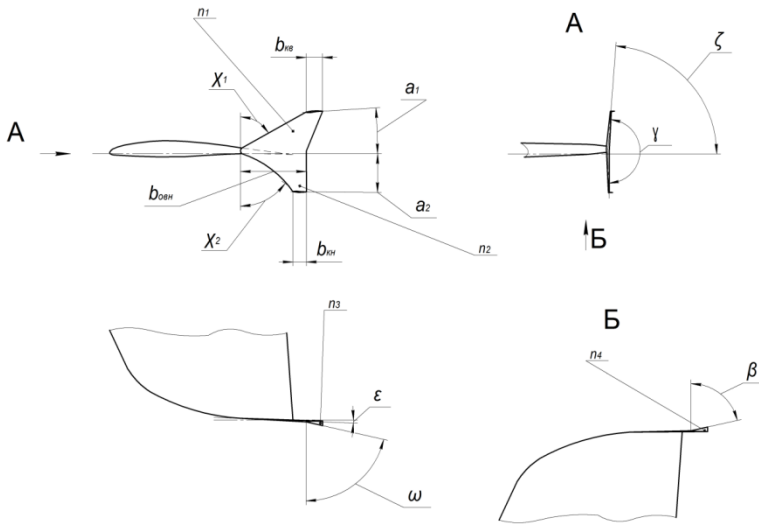


Рис. 1. Дополнительная аэродинамическая поверхность «заявка на изобретение № 2011458»

Дополнительные аэродинамические поверхности – небольшие аэродинамические элементы на концах крыльев воздушного судна (ВС). Установка дополнительных аэродинамических поверхностей позволяет улучшить аэродинамическую эффективность ВС, что в свою очередь повышает техническую и топливную эффективности ВС, так как снижение аэродинамического сопротивления и увеличения аэродинамического качества способствует снижению потребной мощности силовой установки, что приводит к уменьшению расхода топлива, уменьшению длины разбега и пробега.

В процессе проведенных исследований сделано следующее заключение: при проектировании комплекса дополнительных аэродинамических поверхностей необходимо применение технологий САПР, делающих процесс проектирования максимально гибким и эффективным, установка дополнительных аэродинамических поверхностей позволяет улучшить энергетические характеристики ВС, а именно сократить расход топлива примерно на 7%, увеличить дальность полета и способствуют сокращению индуктивного сопротивления на 20% при приросте подъемной силы примерно на 9%.

Связь с автором: Gorbynovaleks@mail.ru

## **СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ САПР ДОЛБЯКОВ**

Хакасский технический институт – филиал  
Сибирского федерального университета  
г. Абакан, Россия

Одной из важнейших функций технологической подготовки производства является инструментальное обеспечение технологических процессов изготовления деталей машин. Проектирование инструмента, особенно сложнопрофильного, представляет собой достаточно трудоемкую, сложную и многовариантную задачу, решить которую без использования современных вычислительных средств и методов расчета весьма затруднительно. Построение сложного профиля режущих кромок инструмента производится с помощью различных переходных кривых - плоских и пространственных (эвольвенты, трохоиды и др.), но в современных графических САПР нет предустановленных кривых, поэтому они строятся приближённо по точкам при помощи кривых Безье или NURBS. Точность в 4 – 5 точек на одну кривую даёт хороший результат, Однако формулы для вычисления координат точек и граничных углов переходных кривых достаточно сложны и громоздки, поэтому их ручное вычисление весьма трудоемко. Еще более сложным и трудоемким является построение пространственной модели сложнопрофильного инструмента. Например, долбяк – инструмент для изготовления зубчатых колес, - представляет собой совокупность бесконечного числа зубчатых колёс с переменным коэффициентом смещения. Поэтому зубчатый венец модели долбяка представляет собой криволинейную поверхность, огибающую несколько сечений. Для создания качественной модели требуется построение не менее 3 – 4 сечений. Следовательно, координаты точек переходных кривых требуется вычислять отдельно для каждого сечения, что в несколько раз увеличивает объём вычислений. Эту проблему лучше всего решать с помощью специализированной САПР долбяков, автоматически создающей переходные кривые сразу для нескольких сечений и требуемую криволинейную поверхность.

Программы автоматизированного проектирования долбяков реализованы с помощью языка C++. Для автоматизации построения модели и чертежа инструмента был выбран программный комплекс КОМПАС, широко распространенный на отечественных предприятиях и вузах и предоставляющий гибкие возможности для построения чертежей из приложений за счет внутренних средств автоматизации - (прикладных библиотек и приложений), предназначенных для организации вызова функций КОМПАС из внешних программ.

Работа программы начинается с ввода исходных данных для проектирования, которые должны быть введены в соответствующие

поля (рис. 1) путем выбора из предложенных значений или непосредственным вводом.

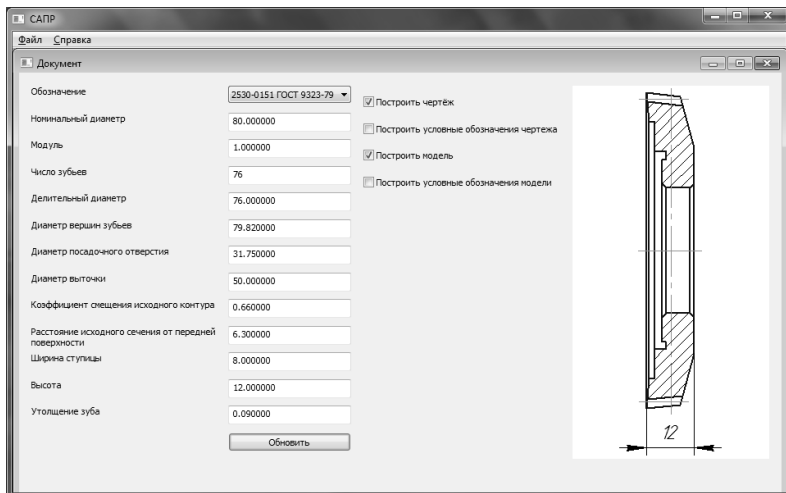


Рис. 1. Главное окно программы. Ввод исходных данных для проектирования и рассчитанные значения параметров долбяка

После прохождения ряда этапов, на которых обеспечивается контроль и уточнение необходимых данных, программой будет предложено произвести расчет, провести анализ результатов (с возможностью корректировки введенных исходных данных и проведения нового расчета), сохранить полученные результаты в текстовом формате и перейти к построению модели и рабочего чертежа.

Применение большинства известных методик расчета долбяков основано на выборе большого количества параметров с использованием обширных справочных данных, не поддающихся корреляции и возможности установления точных функциональных связей параметров инструмента и детали. Это вызвало необходимость введения режима диалога при выборе определенных параметров и в ходе расчета, а также создания баз данных по справочным материалам. Вместе с тем, использование режима диалога, как правило, повышает качество принимаемых решений, а также является полезным при использовании этой программы в учебных целях. Итогом работы программы является построение 3D-модели (рис. 2) и рабочего чертежа инструмента.

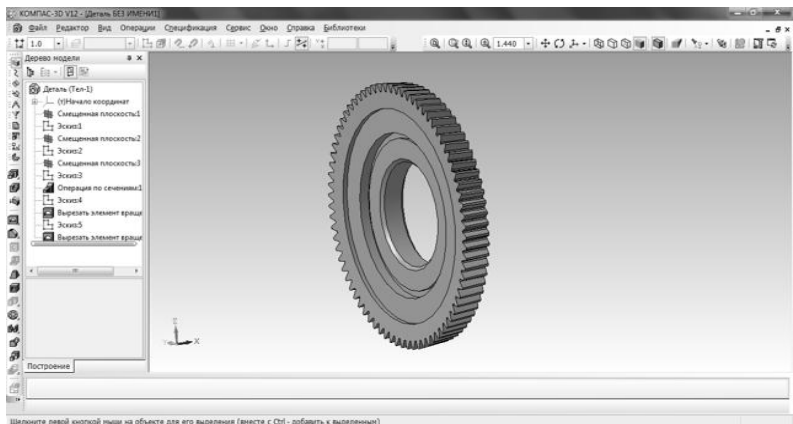


Рис. 2. 3D-модель спроектированного долбяка

Пример созданного в редакторе КОМПАС-3D с помощью разработанной программы чертежа долбяка типа 1 по ГОСТ 9323-79 представлен на рисунке 3.

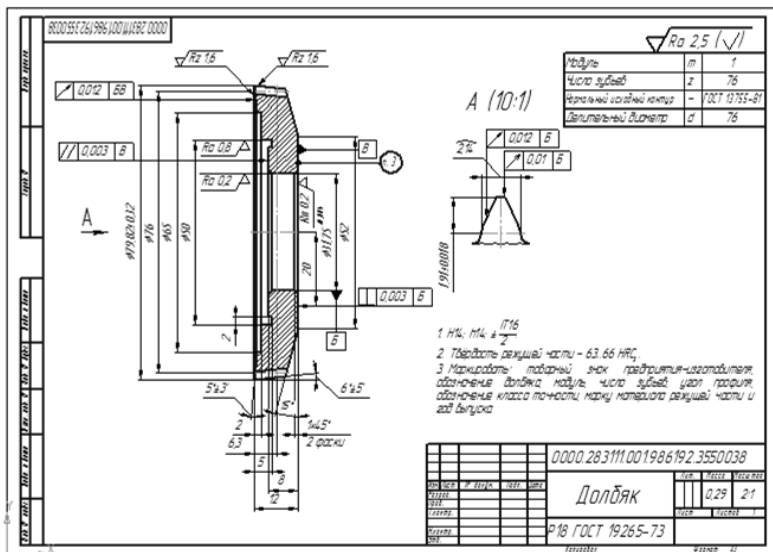


Рис. 3. Чертеж долбяка

По результатам работы можно утверждать, что созданное программное обеспечение для автоматизированного проектирования долбяков позволяет проводить расчеты геометрических и конструктивных параметров инструментов, а также автоматическое построение 3D-моделей и рабочего чертежа по рассчитанным данным.

Разработанные компьютерные программы предназначены для повышения качества проектных решений и сокращения затрат времени на этапе инструментальной технологической подготовки производства, а также могут быть использованы как обучающие программы в учебном процессе студентов машиностроительных специальностей вследствие наличия удобного и наглядного интерфейса и развитой справочной системы.

Связь с автором: tms\_hti@list.ru

---

*К.С. Иванов, Б.Т. Шингисов, Г.К. Балбаев*

## **РАЗРАБОТКА БЕССТУПЕНЧАТО-РЕГУЛИРУЕМОЙ ПЕРЕДАЧИ**

Алматинский университет энергетики и связи  
г. Алматы, Казахстан

Законы механики позволяют создать механическую передачу, способную приводить передаточное отношение в соответствие нагрузке только за счет свойств механизма без использования какого-либо управления. Для самостоятельного регулирования передаточного отношения в зависимости от нагрузки передача должна содержать замкнутый контур, который накладывает дополнительную дифференциальную связь на движение звеньев и превращает кинематическую цепь в механизм. При этом механизм приобретает свойство адаптации к переменной внешней нагрузке.

Для самостоятельного регулирования передаточного отношения в зависимости от нагрузки передача должна иметь дополнительную степень свободы. Но определимость кинематической цепи имеет место, если число входных звеньев равно числу степеней свободы [1].

Ранее [2, 3, 4] на основе принципа возможных работ было показано, что в частном случае кинематическая цепь с двумя степенями свободы, имеющая только один вход, может быть определимой. Такая передача должна содержать замкнутый контур, который накладывает дополнительную дифференциальную связь на движение звеньев и превращает кинематическую цепь в механизм. При этом механизм приобретает свойство адаптации к переменной внешней нагрузке. Наличие эффекта силовой адаптации было подтверждено

числовыми примерами, анимационной моделью, опытными образцами.

Теорема. Подвижный четырехзвенный замкнутый контур находится в равновесии, если активные силы приложены к несмежным звеньям контура

Четырехзвенный замкнутый контур  $C, E, G, D$ , на который действуют активные силы, находится в структуре кинематической цепи с двумя степенями свободы (рис. 1). Кинематическая цепь содержит стойку  $0$ , одно входное звено  $1$ , замкнутый четырехзвенный контур  $2-3-4-5$  и выходное звено  $6$ . Внешние произвольные силы действуют на контур: входная движущая сила  $F_1$ , передаваемая со стороны входного звена  $1$  в точке  $B$ , и выходная сила сопротивления  $R_6$ , передаваемая со стороны выходного звена  $6$  в точке  $K$ . Внешние перемещения контура  $s_B, s_K$  точек  $B$  и  $K$  соответствуют внешним силам контура. Пассивным (внутренним) силам в точках  $C, E, D, G$ , реакциям  $R_{32}, R_{35}, R_{42}, R_{45}$ , соответствуют внутренние перемещения контура, перемещения  $s_C, s_E, s_D, s_G$  точек  $C, E, D, G$ .

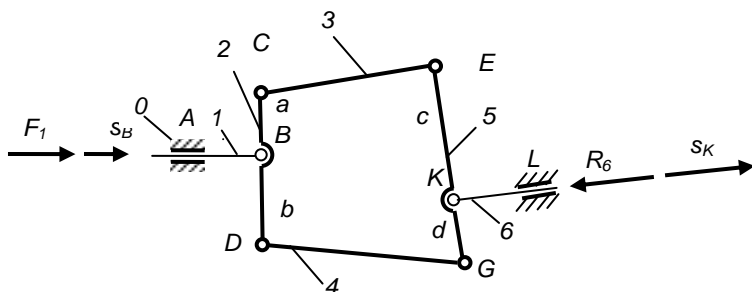


Рис. 1. Подвижный четырехзвенный замкнутый контур в структуре кинематической цепи

Отметим предварительно, что подвижный четырехзвенный замкнутый контур может находиться в структуре кинематической цепи с двумя степенями свободы только при наличии в ней одного входа. - На входном звене  $1$  движущая сила совпадает по направлению с входным перемещением. Следовательно, звено  $6$  цепи должно иметь силу, направленную противоположно перемещению, то есть быть выходным звеном. Иначе для замкнутого контура  $2-3-4-5$  не будет выполняться равенство нулю работ внешних сил.

Для доказательства теоремы выразим внутренние силы контура через внешние силы.

Так как звенья 2 и 5 контура, к которым приложены активные силы, не являются смежными, то для каждого из этих звеньев внутренние силы  $R_{32}, R_{35}, R_{42}, R_{45}$  выражаются через активные силы  $F_1$  и  $R_6$  с помощью условий статики.

Чтобы замкнутый контур находился в равновесии, необходимо, чтобы условия равновесия соблюдались и для внешних сил и для внутренних сил.

При произвольных внешних силах внутренние силы отдельно на звене 3 и на звене 4 не будут соответствовать условиям статики. Однако в замкнутом контуре при движении его звеньев происходит взаимодействие работ сил.

Составим для несмежных звеньев 2 и 5 условия равновесия по принципу возможных работ.

Для звена 2

$$F_1 s_B = R_{32} s_C + R_{42} s_D. \quad (1)$$

Для звена 5

$$R_6 s_K = R_{35} s_E + R_{45} s_G. \quad (2)$$

Сложим уравнения (1) и (2), получим

$$F_1 s_B + R_6 s_K = R_{32} s_C + R_{42} s_D + R_{35} s_E + R_{45} s_G. \quad (3)$$

Здесь внутренние силы, действующие во всех точках контура, выражены через активные силы. Внутренние перемещения могут быть определены через внешние перемещения.

Левая часть уравнения (3) представляет собой сумму работ внешних сил контура. При наличии равновесия для внешних сил согласно принципу возможных работ для контура (или для всей цепи)

$$F_1 s_B + R_6 s_K = 0. \quad (4)$$

Для выполнения равновесия уравнение (4) должно содержать один неизвестный параметр. Если принять, что заданными параметрами являются сила сопротивления  $R_6$  и входная обобщенная координата  $s_B$ , то в уравнении (4) логично принять в качестве неизвестного параметра не входную активную силу  $F_1$ , а внешнее перемещение  $s_K$ .

Правая часть уравнения (3) представляет собой сумму работ внутренних сил контура. Поскольку в правой части уравнения внутренние силы определены через известные внешние силы, внутренние перемещения определены через внешние перемещения, то со-

блюдение условия (4) приведет также к соблюдению равенства нулю работ внутренних сил на возможных внутренних перемещениях

$$R_{32}s_C + R_{42}s_D + R_{35}s_E + R_{45}s_G = 0. \quad (5)$$

Это означает, что условие равновесия (4) для внешних параметров контура обеспечивает также выполнение условия равновесия (5) для внутренних параметров контура.

Так как имеет место равновесие внешних и внутренних сил действующих на контур, то подвижный четырехзвенный замкнутый контур находится в равновесии, если активные силы приложены к несмежным звеньям контура, что и требовалось доказать.

Автоматическая коробка передач в виде бесступенчатой зубчатой передачи

Бесступенчатая адаптивная зубчатая передача (рис. 3) содержит входное водило  $H_1$ , выходное водило  $H_2$  и четырехзвенный замкнутый контур, содержащий блок солнечных колес 1 – 4, сателлит 2, блок кольцевых колес 3 – 6 и сателлит 5.

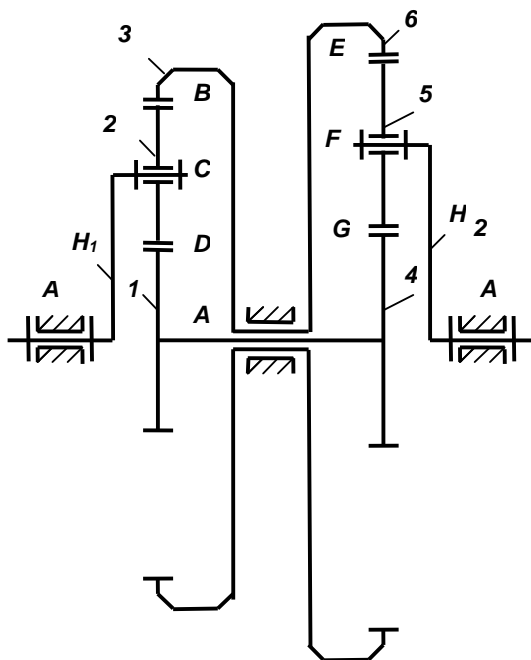


Рис. 3. Зубчатая адаптивная передача

Взаимосвязь параметров передачи по аналогии с ранее приведенными выражениями имеет вид

$$\omega_{H2} = M_{H1} \omega_{H1} / M_{H2} . \quad (5)$$

Формула (5) отражает эффект силовой адаптации: при заданной постоянной входной мощности с параметрами  $M_{H1}$ ,  $\omega_{H1}$  выходная угловая скорость обратно пропорциональна заданному переменному моменту сопротивления  $M_{H2}$ .

Эта передача может быть использована как зубчатая бесступенчатая автоматическая коробка передач автомобиля, не требующая никакого управления. Наличие зубчатых колес с постоянным зацеплением существенно упрощает конструкцию.

#### Заключение

Кинематическая цепь с двумя степенями свободы и подвижным замкнутым контуром принятой конфигурации при наличии одной обобщенной координаты является статически определимой и имеет принципиально новые свойства: равновесие работ внешних и внутренних сил контура, силовая адаптация. Силовая адаптация имеет огромное практическое значение. Она позволяет создавать адаптивные приводы машин с переменным передаточным отношением, зависящим от технологического сопротивления. Автоматическая коробка передач в виде бесступенчатой зубчатой передачи обеспечивает идеальную тяговую характеристику автомобиля и отличается чрезвычайной простотой.

#### Литература

1. Маркеев А.П. Теоретическая механика. М., Наука. 1990. 414 с.
2. K.S.Ivanov. The Question of the Synthesis of Mechanical Automatic Variable Speed Drives.// Proceedings of the Ninth World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms, Vol.1, Politecnico di Milano, Italy, August 29/Sept 2, 1995. P. 580 – 584.
3. Ivanov K.S. Discovery of the Force Adaptation Effect. // Proceedings of the 11th World Congress in Mechanism and Machine Science. V. 2. April 1 - 4, 2004, Tianjin, China. P. 581 - 585.
4. Ivanov K.S. Gear Automatic Adaptive Variator with Constant Engagement of Gears. //Proceedings of the 12th World Congress in Mechanism and Machine Science. Besancon. France. 2007, Vol. 2. P. 182 - 188.

Связь с автором: beibit\_tumen@mail.ru

## **ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ РТИ**

Донской государственный технический университет  
г. Ростов-на-Дону, Россия

Во время стремительного роста производства и научно-технического прогресса, развития энергетики и транспорта, не стоит забывать о сохранности экологии нашей планеты. Глобальное потепление климата, увеличение выбросов парниковых газов в атмосферу, загрязнение водных ресурсов и земли, приводит к тому, что жизнь наша становится все менее комфортной и все более небезопасной с экологической точки зрения.

Одна из важнейших проблем XXI века - проблема утилизации отходов. Растут города, развивается промышленность, с каждым годом потребляется все больше товаров и услуг, а, следовательно, свалки и полигоны бытовых и промышленных отходов увеличиваются пугающими темпами. Сегодня серьезную угрозу экологической безопасности планеты представляют токсичные, тяжело утилизируемые промышленные отходы. Особую проблему вызывают вышедшие из эксплуатации автопокрышки и шины, так как являются одними из самых объемных полимерных отходов в мире. В настоящее время автомобильные шины являются также и самым распространенным резиновым мусором. А, учитывая то, что шины и покрышки применяются широко во всем мире, то и объемы их использования растут вместе с увеличением автомобильного и грузового транспорта на Земле. Сегодня автомобильные покрышки и шины, отслужившие свой срок, все больше и больше загрязняют нашу планету.

По подсчетам экологов, сегодня в мире уже накоплено около 80 млн. тонн не утилизированных шинных отходов. Кроме того, ежегодно выходит из эксплуатации еще около 8 млн. тонн покрышек и шин. И лишь четверть из них находит вторичное применение. А остальные зимние и летние шины продолжают складироваться на свалках, полигонах, промышленных территориях, а то и вовсе оказываются прямо на обочинах автомобильных дорог. Проблема утилизации и переработки изношенных шин имеет очень важное экологическое значение. Отслужившие свой срок и выброшенные автомобильные шины длительное время загрязняют нашу окружающую среду, так как они крайне стойки к воздействиям различных внешних факторов. Так, например, старая зимняя резина разлагается в земле порядка 150 лет. Подвергаясь воздействию тепла и воды, старые шины выделяют крайне токсичные вещества, загрязняющее атмосферу и грунтовые воды. Особенно опасно возгорание отслуживших автомобильных шин и покрышек. Обладая повышенной пожароопасностью, шины при горении оказывают крайне вредное влияние на окружающую

щую среду. Кроме того, из-за высокой температуры горения, потушить горящие зимние шины крайне трудно. А ведь вместо банально-го складирования, захоронения или сжигания современные технологии утилизации автомобильных шин и покрышек позволяют наладить производство множества новых полезных изделий из отслуживших свой век шин. Например, зимние шины можно использовать как сырье для производства мазута или водоотталкивающих строительных материалов; резиновых покрытий для теннисных кортов или обувных подошв и напольных ковриков; резиновой крошки для асфальта или жгутов и канатов, а также многого другого.

Согласно Applied Market Information, общее потребление термопластов и РТИ в Западной Европе составило в 2001 году 32,28 миллиона тонн – что на 2,1% больше, чем в 2000 году (31,61 миллиона тонн)[1]. Все они будут переработаны в изделия. А со временем потребляемые пластики неизбежно перейдут в отходы. Ежегодный прирост численности населения земного шара составляет 1,5-2%, а объём мусорных свалок растет в три раза быстрее. Каждый член человеческого сообщества в настоящее время в год генерирует примерно 200 кг отходов (в США - 700 кг), из них 10 - 15% - полимерных, доля которых непрерывно возрастает. И хотя пластмассы являются достаточно инертными компонентами мусора, они также постепенно разрушаются, выделяя опасные для живых организмов вещества, в том числе сверхтоксичные соединения диоксинового и фуранового ряда. Ещё большие проблемы связаны с нарушением воздухо- и влагообмена в почвах. Эксперты высказывают предположения, что недавние наводнения в Западной Европе могли быть менее разрушительными, если бы не обширный по своей площади искусственный слой литосферы – образовавшийся за счет ранее захороненного на полигонах мусора. На многих подобных захоронениях успели вырасти целые города, но почва утратила способность к естественному влагообмену [1].

Складирование и утилизация и захоронение отходов экономически неэффективно и экологически небезопасно, так как при длительном хранении они могут выделять в окружающую среду вещества, способные привести к нарушению экологического равновесия. К тому же, на момент утраты резиновыми изделиями их эксплуатационных свойств и качеств собственно полимерный материал претерпевает весьма незначительные структурные изменения, что порождает возможность и даже необходимость их вторичной переработки. Наиболее перспективным представляются способы переработки отходов резиновых изделий, связанные с их измельчением, так как химические методы, такие как пиролиз и сжигание приводят к уничтожению полимерной основы материала.

В настоящее время на заводе «Моссантехпром» действует опытно-промышленная установка по переработке резиновых отходов и изношенных автомобильных шин, производительностью 300 кг исходного сырья в час. Главным направлением использования продук-

тов переработки резиновых отходов является возможность использования их в качестве исходного сырья для резиновой промышленности (маслосмягчители, теуглерод и т.д.), промышленности нефтеорганосинтеза, в дорожном строительстве для производства битумных эмульсий и мастик. В ряде стран изношенные шины используются в качестве топлива для получения энергии, а также в цементной промышленности, однако такие направления использования являются низкоэффективными, поскольку не позволяют в полной мере реализовать те ценные материалы, которые содержатся в шинах. Резиновые отходы целесообразно перерабатывать таким образом, чтобы одновременно с решением проблемы их уничтожения, получать ценные сырьевые и энергетические ресурсы.

Различные методы измельчения можно в зависимости от условий проведения процесса подразделить на криогенное измельчение и измельчение при положительных температурах. Несмотря на возможность получения тонкодисперсных порошков резин и малые энергозатраты на собственно процесс измельчения застеклованной резины, криогенная технология обладает весьма существенным недостатком, связанным с высокой стоимостью хладагентов. Технологические процессы и оборудование для переработки изношенных шин и других видов промышленных и твердых бытовых полимерных отходов (отработанных изделий из резины, текстиля, кожи, древесины и других природных и синтетических полимеров) осуществляются при положительных температурах[2].

Результаты исследования различных полимеров и композиций показали возможность получения из них порошков, коротких волокон и крошки различной степени дисперсности и применения их в качестве добавок (или основы) при изготовлении новых изделий. Известно, что в области положительных температур при определенных скоростях деформации и сложном характере нагружения эластомеры разрушаются с небольшими затратами энергии, что связано с существенным снижением ориентационных эффектов. Это дало основание провести широкие исследования с целью определения соотношения энергии разрушения каучуков и резин в единичном акте и энергии, затрачиваемой на измельчение. Проведенные исследования дали возможность обосновать выбор высокотемпературного скоростного режима деформации, при котором работа разрушения имеет минимальное значение. На основании полученных результатов определены оптимальные конструктивные и технологические параметры процессов измельчения. Помимо технологических факторов значительное влияние на характеристики процесса оказывает тип измельчителя и его конструктивные параметры.

Результаты исследования кинетики измельчения эластомеров в различных аппаратах позволили разработать математические модели процессов измельчения в аппаратах периодического и непрерывного действия и инженерные методы расчета производительности соответствующих аппаратов, выбрать эффективные области

применения измельчителей для получения из различных эластомеров и композиционных материалов на их основе продуктов различной степени дисперсности, создать научные основы процессов механического измельчения эластомеров различной природы и определить пути применения данного процесса в резиновой промышленности.

В настоящее время все большее значение приобретает направление использования отходов в виде дисперсных материалов. Наиболее полно первоначальная структура и свойства каучука и других полимеров, содержащихся в отходах, сохраняются при механическом измельчении. Установление взаимосвязи между размерами частиц материала, их физико-химическими и механическими характеристиками и затратами энергии на измельчение и параметрами измельчающего оборудования необходимо для расчета измельчителей и определения оптимальных условий их эксплуатации. Процесс измельчения, несмотря на кажущуюся простоту, очень сложный не только по определению характера, величины и направления нагрузок, но и по трудности количественного учета результатов разрушения. При низкотемпературной обработке изношенных шин дробление производится при температурах  $-60^{\circ}\text{C}$  ...  $-90^{\circ}\text{C}$ , когда резина находится в псевдохрупком состоянии.

Результаты экспериментов показали, что дробление при низких температурах значительно уменьшает энергозатраты на дробление, улучшает отделение металла и текстиля от резины, повышает выход резины. Во всех известных установках для охлаждения резины используется жидкий азот. Но сложность его доставки, хранения, высокая стоимость и высокие энергозатраты на его производство являются основными причинами, сдерживающими в настоящее время внедрение низкотемпературной технологии[3].

Существует также новая методика переработки РТИ, которая завоевала золотую медаль 26-го Международного салона изобретений, прошедшего весной 2000 года в Женеве, присуждена способу озонной переработки изношенных шин, предложенному группой российских ученых и инженеров. Суть технологии - в "продувании" озонном автомобильных покрышек, что приводит к полному их рассыпанию в мелкую крошку с отделением от металлического и текстильного корда. При этом новая технология значительно экономнее всех существующих и, кроме того, абсолютно экологически безвредна - озон окисляет все вредные газообразные выбросы. В России созданы две опытные озонные установки, их суммарная производительность - около 4 тыс. тонн резиновой крошки в год[3].

В результате следует сделать выводы: вышедшие из эксплуатации изношенные шины являются источником длительного загрязнения окружающей среды: шины не подвергаются биологическому разложению; шины огнеопасны и, в случае возгорания, погасить их достаточно сложно; при складировании они являются идеальным местом размножения грызунов, кровососущих насекомых и служат

источником инфекционных заболеваний. Вместе с тем, амортизированные автомобильные шины содержат в себе ценное сырье: каучук, металл, текстильный корд. Проблема переработки изношенных автомобильных шин и вышедших из эксплуатации резинотехнических изделий имеет большое экологическое и экономическое значение для всех развитых стран мира. Невосполнимость природного нефтяного сырья диктует необходимость использования вторичных ресурсов с максимальной эффективностью, т.е. вместо гор мусора мы могли бы получить новую для нашего региона отрасль промышленности - коммерческую переработку отходов.

### Литература

1. Applied market information Ltd. [электронный ресурс] – Режим доступа. - URL: [http:// www.amiplastics.com](http://www.amiplastics.com)
2. Научно-техническая интернет конференция 2010 года, «Промышленная экология» [электронный ресурс] – Режим доступа. - URL: <http://ecology.osu.ru/index.php>.
3. Утилизация шин и РТИ. [электронный ресурс] – Режим доступа. - URL: <http://www.utilrti.ru/index.php>.

Связь с автором: [kobzevkirill1990@mail.ru](mailto:kobzevkirill1990@mail.ru)

---

*А.В. Минеев, Я.А. Дудин, Е.Е. Милосердов*

## **ОБЗОР ПРОТИВОВЫБРОСОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ**

Сибирский федеральный университет  
г. Красноярск, Россия

Эффективность разработки нефтяных и газовых месторождений во многом определяется состоянием призабойной зоны скважин в период заканчивания. Увеличение добывающей способности скважин – один из путей увеличения эффективности нефтегазодобывающей промышленности, альтернатива экстенсивному пути развития. Если исходить из условий сохранения природного состояния коллектора, продуктивный пласт необходимо вскрывать при условии депрессии или равновесия между пластовым и забойным давлениями.

Противовыбросовое оборудование предназначено для герметизации устья скважины с целью предотвращения открытых выбросов жидкости или газожидкостной смеси и фонтанов при бурении, испытании, опробовании и освоении скважины. Основная причина

этих явлений — превышение давления в продуктивном пласте залежи над давлением промывочной жидкости, заполняющей скважину.

Пластовое давление возрастает примерно на 0,1 МПа на каждые 10 метров глубины залегающего пласта. Однако встречаются изолированные участки с аномально низким или высоким пластовым давлением, не подчиняющимся этому правилу. Интенсивность фонтанирования и выбросов возрастает с увеличением перепада давлений.

Открытые фонтаны и выбросы представляют опасность для обслуживающего персонала, приводят к загрязнению окружающей среды и пожарам, тушение которых требует больших трудовых и материальных затрат. Противовыбросовое оборудование должно обладать абсолютной надежностью и высокой степенью готовности. Только тогда можно обеспечить своевременное перекрытие устья скважины при наличии или отсутствии в ней буровой колонны.

В состав противовыбросового оборудования входят: превенторы, устьевая крестовина, надпревенторная катушка и разъемный желоб, составляющие стволовую часть превенторного оборудования, манифольды для обвязки стволовой части противовыбросового оборудования, обеспечивающие возможность управления скважиной при газонефтепроявлениях, станции управления превенторами и манифольдом.

Противовыбросовое оборудование устанавливают между устьем скважины и полом буровой установки. В связи с этим для уменьшения высоты и облегчения основания вышечного блока, масса и размеры которого возрастают с увеличением высоты пола буровой установки, необходимой для монтажа противовыбросового оборудования, превенторы и другие элементы его стволовой части должны быть компактными.

По правилам безопасности в нефтегазодобывающей промышленности установка противовыбросового оборудования обязательна при бурении на разведочных площадях, газоконденсатных и газовых месторождениях и на месторождениях с аномально высокими пластовыми давлениями. Устье скважины оборудуется превенторами после спуска и цементирования кондуктора и промежуточной колонны. Противовыбросовое оборудование испытывается на прочность и герметичность.

С целью повышения надежности противовыбросовое оборудование комплектуется резервными элементами, предназначенными для выполнения функций основных элементов в случае их отказов. При этом увеличиваются масса, габариты и стоимость этого оборудования. Однако надежность противовыбросового оборудования возрастает на несколько порядков. В целях безопасности пульт управления противовыбросовым оборудованием устанавливают на расстоянии не менее 10 м от устья скважины, а дублер — у поста буровщика.

Основные параметры противовыбросового оборудования — диаметры проходных отверстий и рабочее давление превенторов и манифольда. Диаметры и присоединительные размеры превенторов согласуются с диаметрами долот, бурильных и обсадных труб, а также колонных головок, предназначенных для обвязки наружных концов обсадных колонн, зацементированных в скважине. Превенторы и задвижки должны иметь устройства для четкого дистанционного контроля их положения (открытые, закрытые) [1].

Для герметизации устья скважины используют плашечные, универсальные и вращающиеся превенторы. Плашечный превентор предназначен для герметизации устья скважины при наличии и отсутствии труб в скважине.

В структурно-поисковом бурении используются плашечные превенторы ППБ-307×320 с электрическим приводом. Разработан и испытан плашечный превентор с односторонним приводом ПГО-230×320 Бр, плашки которого посредством рычагов перемещаются от одного силового цилиндра. Благодаря этому в превенторах ПГО плашки сходятся в центре проходного отверстия независимо от соосности превентора и подвешенной колонны труб.

Плашечные превенторы не обеспечивают герметизации устья скважины, если на уровне плашек располагаются ведущая труба, бурильный замок, муфта и другие части колонны труб, диаметр и геометрические формы которых не соответствуют установленным в превенторе плашкам.

Универсальные превенторы обладают более широкими возможностями. Они герметизируют устье скважины при наличии и отсутствии в ней подвешенной колонны труб и вместе с тем позволяют, сохраняя герметичность устья скважины, проворачивать бурильную колонну и протаскивать трубы вместе с муфтами и бурильными замками. Универсальный превентор способен герметизировать устье скважины независимо от диаметра и геометрической формы уплотняемого предмета. Универсальные превенторы, как и плашечные, различаются по диаметру проходного отверстия и рабочему давлению.

Вращающиеся превенторы предназначены для герметизации кольцевого зазора между устьем скважины и бурильной колонкой и обеспечения возможности вращения, подъема и спуска бурильной колонны при герметизированном устье. В составе противовыбросового оборудования вращающийся превентор используется при роторном бурении с очисткой забоя от выбуренной породы газом, воздухом или аэрированным промывочным раствором, а также при обратной промывке скважины и вскрытии пластов, с высоким пластовым давлением.

Вращающийся превентор в отличие от плашечного и универсального превенторов, имеющих гидравлический привод, во вращающемся превенторе используется самоуплотняющаяся манжета, которая обжимает обхватываемую часть бурильной колонны под

действием собственной упругости и давления на устье скважины. Литой корпус из легированной стали снабжен опорным фланцем для соединения с плашечным или универсальным превентором и боковым отводом для присоединения к циркуляционной системе буровой установки.

Диаметр отверстия опорного фланца зависит от типоразмера превентора и должен быть достаточным для прохода долота. Ствол, имеющий форму полого цилиндра с наружным опорным фланцем, вращается на опорном и радиальных подшипниках [2].

### Литература

1. Гульянц Г. М. Противовибросовое оборудование скважин / Г. М. Гульянц. - М.: Недра, 1991. – 293 с.

2. Ильский А. Л. Расчет и конструирование бурового оборудования: Учебник для вузов / А. Л. Ильский, Ю. В. Миронов, А. Г. Черныбыльский. – М.: Недра, 1985. – 452 с.

---

*А.Л. Миронова, С.В. Киселева*

### **ВОЗМОЖНОСТИ ВЫБОРА РАСХОДОМЕРОВ ДЛЯ УСТАНОВОК ИЗМЕРЕНИЯ И УЧЕТА РАСХОДА СЖИЖЕННОГО ГАЗА**

Ливенский филиал Государственного университета –  
учебно-научно-производственного комплекса  
г. Ливны, Орловская обл., Россия

Промышленное измерение сжиженного газа стало важной необходимостью на современном рынке углеводородов.

Наша страна имеет огромные природные запасы углеводородов. Ежегодно из недр земли в России извлекается около 500 млн. тонн нефти. Добыча, которой всегда сопровождается извлечением попутного газа. В советское время основное количество попутного газа сжигалось. С 2010 года вступил в силу закон ограничивающий процент сжигания попутного газа. Эти меры позволяют наиболее рационально использовать природные ресурсы страны и снизить негативное влияние на экологию. При этом продукты переработки попутного газа вошли в нашу жизнь как один из важнейших компонентов нефтегазовой промышленности. Сжиженный газ нашел широкое применение в коммунальном хозяйстве, нефтехимии, промышленности, в качестве моторного топлива.

Проектирование установок учета сжиженного газа является сложным и ответственным процессом. Свойства сжиженного газа требуют специального оборудования, отвечающего высоким требо-

ваниям по безопасности и точности. Измерение расхода и массы веществ (жидких, газообразных, сыпучих, твердых, паров и т. п.) в химических производствах широко применяется как в товароучетных и отчетных операциях, так и при контроле, регулировании и управлении технологическими процессами.

Свойства сжиженных газов влияют на меры безопасности, а также конструктивные и технические особенности оборудования, в котором они хранятся, используются, перевозятся.

Одним из основных вопросов при проектировании установок учета являются приборы измерения. Современный рынок представлен большим многообразием типов расходомеров и фирм их выпускающих. Порой цены на оборудование использующие одинаковый принцип измерения могут различаться в десятки раз.

Расходомеры (счётчики) количества вещества являются важными элементами систем учёта потребления энергоресурсов и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве.

При выборе конструкции расходомера необходимо учитывать следующие требования: возможность проводить измерение расхода сжиженного газа, диаметр условного прохода, погрешность измерения – 1-2%; отсутствие требований по монтажу на прямолинейных участках трубопровода, возможность измерения паровой составляющей возвратившейся обратно в резервуар.

На современном рынке широко представлены расходомеры шести основных типов использующие различный принцип измерения. Каждый тип характеризуется своим рядом преимуществ и недостатков.

Средства для измерения расхода сжиженных газов при различных условиях всё время модернизируются с целью повышения метрологических и технических характеристик.

На основании паспортных данных и нормативных документов проведен комплексный анализ условий применимости каждого из типов расходомеров, что позволяет сделать правильный выбор расходомера для каждого конкретного случая с учетом условий эксплуатации и свойств перекачиваемых сред.

В процессе изучения данных была составлена таблица 1, показывающая возможности применения расходомеров основных типов в зависимости от свойств измеряемых сред.

Проведенный анализ дает возможность на стадии проектирования избежать системных ошибок, связанных с неверным подбором измерительного оборудования, что влечет за собой изменение компоновок измерительных комплексов, и замены присоединительного оборудования.

Таблица 1

Возможности применения расходомеров основных типов в зависимости от свойств измеряемых сред

	Типы расходомеров					
	Кориоли- совые	Электро- магнитные	Ультра- звуковые	Вихре- вые	Термально- массовые	По перепаду давления
Применение на жидких средах						
Жидкости вообще, например вода	+	+	+	+	*	+
Очень маленькие расходы (<2л/ч)	+	+	-	-	-	-
Очень большие расходы (>100000м <sup>3</sup> /ч)	-	+	+	-	-	+
Непроводящие жидкости	+	-	+	+	*	+
Вязкие жидкости(>50 сП)	+	+	*	*	-	*
Криогенные жидкости (например жидкий О <sub>2</sub> )	+	-	*	+	-	+
Пища и напитки (например молоко, пиво)	+	+	+	-	-	-
Применения для газов и пара						
Поток газа вообще (например поток воздуха )	+	-	-	+	+	+
Маленькие расходы (<20л/мин)	+	-	-	-	+	*
Большие расходы	-	-	-	*	+	+
Пар	*	-	-	+	-	+
Специальные применения						
Суспензии, взвеси	*	+	-	*	-	*
Смеси жидкость/жидкость (нефть/вода)	+	*	*	+	-	*
Смеси жидкость/газ (вода/воздух)	*	*	-	*	-	-
Коррозионные жидкости (кислоты, щелочи)	+	+	*	*	-	*
Коррозионные газы (например, пары НС)	*	-	-	*	*	*
Применение в добывающей промышленности (взвеси руды)	-	+	-	-	-	-
Двунаправленные измерения (прямой/обратный поток)	+	+	+	-	+	*
Измерение снаружи без остановки процесса	-	-	+	-	-	-
Примечание: + - применяется; * -возможно применение при некоторых ограничениях; - - не применяется						

Связь с автором: mironova2001@yandex.ru

*А.Ф. Мкртчян, Р.С. Музафаров*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГУММИРОВАННЫХ ВАЛОВ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН**

Ижевский государственный технический  
университет им. М.Т. Калашникова  
г. Ижевск, Россия

Обработка обрезиненных валов при точении связана с известными трудностями, обусловленными упругими свойствами материала. Неправильный выбор геометрии режущего инструмента и режимов резания влечет за собой образование на обработанной поверхности трещин, бахромы и вследствие этого наличие рваного рельефа.

Характерной особенностью обработки резины является то, что с увеличением переднего угла  $\gamma$  уменьшаются затраты энергии на отделение стружки из-за уменьшения трения деформации впереди лежащего материала.

Для получения качественной поверхности при точении резины геометрические параметры режущей части инструмента должны быть в пределах  $\gamma=50\dots55^\circ$ ,  $\alpha=20^\circ$ .

За счет большого переднего угла улучшаются условия стружкообразования, т.е. наблюдается минимальная деформация материала в зоне резания, процесс резания протекает стабильно, и как следствие, образуется однородная поверхность без вырывов и расслоения, определяемая режимами обработки.

Несколько другая зависимость наблюдается при изменении заднего угла. С увеличением заднего угла с  $25^\circ$  до  $30^\circ$  на обработанной поверхности наблюдаются вырывы, образуемые автоколебаниями в зоне резания из-за переменной глубины резания.

Одной из важнейших проблем теории и практики обработки материалов резанием является проблема повышения стойкости инструмента, поскольку она определяет производительность труда и технико-экономические показатели производства. Особенно остро это наблюдается при обработке обрезиненных валов диаметром до 500 мм и длиной до 6000 мм.

Однако традиционные методы повышения стойкости режущего инструмента уже исчерпали себя, и назрела необходимость их коренного изменения, а также разработки методов резания, основанных на новых принципах взаимодействия режущих элементов инструмента с материалом обрабатываемого изделия.

К числу таких прогрессивных методов обработки относится метод ротационного резания материалов. Он основан на замене традиционного трения скольжения между рабочими поверхностями режущего элемента и обрабатываемым материалом трением качения.

Это достигается оснащением ротационного инструмента вращающейся чашкой, у которой режущая кромка имеет форму окружности, что позволяет осуществить ее непрерывное дополнительное вращение вокруг собственной оси. Оно может совершаться принудительно от специального привода.

В точении чашечным резцом возможны два способа обработки (см. рис. 1): попутное точение и встречное точение [1, стр. 153]

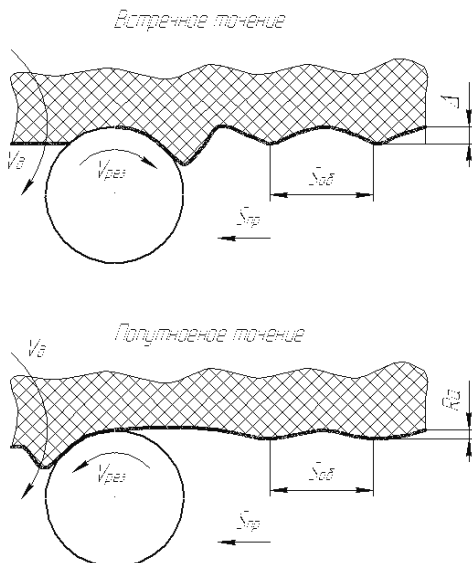


Рис. 1. Схема образования рельефа обработанной поверхности в зависимости от направления вращения инструмента

Установлено, что при попутном точении силами трения по задней поверхности, резина перемещается на уже обработанную поверхность, и вырывается. Расположение вырывов и их частота и глубина хаотичны, и не поддаются систематизации. При встречном способе точения резина вырывается на необработанной поверхности, а глубина вырывов перекрывается припуском на обработку.

Для обоснования назначения режимов обработки резины с помощью чашечного резца проведено моделирование поведения резины, отражающее процесс резания с учетом упругих и вязких свойств. В результате теоретических исследований, выбора скорости подрезания упругих нитей получена зависимость, позволяющая определять нижнюю границу скорости вращения инструмента:

$$V > \frac{PE_1}{\eta E \delta},$$

где  $E_1$  – неравновесная часть модуля упругости резины;  $E$  – модуль упругости материала;  $\eta$  – коэффициент вязкости вязкоупругого материала;  $P$  – силы резания;  $\delta$  – толщина режущего лезвия реза.

Для определения условия качественной обработки и значения величины скорости резания в зоне упругого поведения резины, использовано условие:

$$V_{\text{резания}} \geq a_0 = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

где  $a_0$  – скорость движения упругой волны в упругом теле;  $E=E_0+E_1$  – модуль упругости резины;  $\rho$  – плотность резины.

Расчеты показывают, что для резины  $a_0=1500\dots 2100$  м/мин, что соответствует частоте вращающегося реза 3000...6000 об/мин.

Данное условие подтверждено экспериментом при реальных скоростях резания 1260 м/мин и 2940 м/мин с фиксацией результатов скоростью видеокамерой.

В результате, на основании расчетов весь интервал скорости резания разделяется на отрезки с точки зрения возможного резания резины (см. табл. 1).

Таблица 1

Зависимость процесса резания от диапазона скоростей резания

Диапазон скоростей резания, м/мин	Процесс резания		
	резание невозможно	резание возможно, качество низкое	резание возможно, качество высокое
0 – 300	+	-	-
300 – 1500	-	+	-
1500 – 2700	-	-	+
более 2700	+	-	-

Установлено, что наибольшее влияние на стойкость оказывает скорость резания, а на производительность – глубина резания и подача. С увеличением скорости детали стойкость уменьшается более интенсивно, чем увеличивается производительность. Поэтому с точки зрения повышения производительности целесообразно увеличивать глубину резания и подачу.

Было установлено, что обработку резины целесообразно осуществлять со скоростью 2100–2700 м/мин. Такая скорость обеспечивает обработку материала без прижогов.

При значительных скоростях резания, разрушение слоя происходит вне зависимости от слабых сечений в слое, только по поверхности разреза. Такой скоростью резания является скорость, равная 50 ... 60 м/с.

### Литература

1. Музафаров Р.С., Мкртчян А.Ф. Выбор схемы резания при черновой механической обработке// Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Проблемы и перспективы автомобилестроения в России». – Ижевск, ГОУ ВПО «ИжГТУ», 2008 – С. 151-154.

Связь с автором: maf.81@mail.ru

---

*С.М. Морозов, М.С. Морозов*

### **МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ ПЛОТНЫЙ ГРАФИТ НА ОСНОВЕ КАМЕННОУГОЛЬНОГО ПЕКА**

Филиал Московского индустриального  
университета в г. Вязьма  
г. Вязьма, Смоленская обл., Россия

Технология производства мелкозернистого прочного графита включает следующие основные технологические операции:

- получение тонкодисперсного пресспорошка путем совместно-го измельчения нефтяного кокса и высокотемпературного каменноугольного пека;
- прессование заготовок различного типоразмера;
- обжиг и графитация заготовок при температуре 2400 – 2800 °С.

В качестве сырья использовались специальный пиролизный кокс марки КНПС-СМ и высокотемпературный пек. Объемная усадка заготовок, сформованных из тонкодисперсного порошка на основе «непрокаленного кокса» при термообработке достигает 50% при потере массы не более 15%. Это давало возможность за счет эффекта «самоуплотнения» получить графит однородной мелкозернистой структуры с высоким уровнем физико-механических характеристик.

Благодаря этому, графит нашел широкое применение в различных отраслях техники для изготовления ответственной технологической оснастки, а также в качестве электрод-инструмента при финишной электроэрозионной обработке металлов.

Мелкозернистый плотный графит, имеющий высокую эрозионную стойкость в продуктах сгорания твердого топлива и после проведения испытаний, был заложен в конструкторскую документацию на ряд серийных изделий специального назначения.

С целью удовлетворения растущих потребностей в качественном графите был создан специализированный участок в г. Вязьма.

Кокс, отвечающий требованиям технологии указанного графита, должен иметь:

- низкую температуру получения (менее 600 °С) для обеспечения высокой объемной усадки заготовок;
- микроструктуру, аналогичную таковой для кокса марки КНПС-СМ;
- истинную плотность после прокалки при 1300 °С  $2,04 \pm 2.06$  г/см<sup>3</sup>;
- содержание серы ниже 0,4% массы.

Анализ сырьевой базы показал, что отечественные нефтяные и пековые коксы не отвечают перечисленным выше требованиям [1,2,3]. Создание на действующих предприятиях нефте- и коксохимической промышленности мощностей по производству специального кокса в условиях сложившихся производственных отношений оказалось нерентабельным из-за относительно малой потребности в данных марках графита; но это было реализовано на специализированном участке в г.Вязьма.

С этой целью были проведены предварительные исследования, которые показали возможность использования высокотемпературного каменноугольного пека коксохимического производства ОАО «Северсталь» (г.Череповец). В требуемых объемах он не является дефицитным сырьем. Структура и свойства пекового кокса зависят от [4,5]:

- состава каменноугольного пека;
- условий его термообработки (скорости нагрева, продолжительности выдержки в различных температурных интервалах, конечной температуры, состава газовой фазы, давления и других факторов). В реальных условиях производства на это накладывается массо- и теплообмен в рабочем пространстве печного агрегата.

Состав пека определяет температуру его размягчения ( $t_p^0$ , °С) и выход «летучих» веществ.

С учетом выше изложенного нами были использованы:

- пек ( $t_p^0=135 - 150$  °С);
- пек с  $t_p^0=180$  °С.

Для получения пекового кокса на первом этапе использовалась специальная электропечь с выкатным подом. Дробленый пек загружался в контейнеры; 6 контейнеров помещались в один общий контейнер. Температура контролировалась в 6-ти точках рабочего пространства печи. Автоматическая система регулирования позволяла вести заданный режим по контрольной термопаре, установленной в центре рабочего пространства.

Отработка технологии проводилась по следующей методике:

- в контейнер загружался пек в количестве, необходимом для проведения одного цикла работы вибропомольной установки и проводилось его коксование по заданному режиму;

- от каждого контейнера с коксом отбиралась представительная проба для определения истинной плотности, содержания «летучих веществ», и с учетом результатов контроля задавалось количество пека при дозировке;

- полученный после вибропомола пресспорошок контролировался по дисперсности, содержанию «летучих веществ»; его технологическая пригодность определялась по специальной методике. Сущность методики – ускоренная термообработка малогабаритных лабораторных образцов с анализом полученных результатов по ряду показателей, установленных опытным путем;

- один цикл работы вибропомольной установки обеспечивал формирование, как правило 4 ÷ 5-ти заготовок стандартного размера (т.н. «технологическая партия»). Заготовки «технологической партии» проходили обжиг в одной камере и графитацию также в одной кампании (по возможности в идентичных условиях).

Как минимум от одной заготовки отбиралась проба для определения физико-механических характеристик материала .

Заготовки «технологической партии» были идентичны по грансоставу пресспорошка, соотношению наполнитель - связующее, истинной плотности кокса, свойствам пека и др. Следовательно, дисперсия определяемых физико-механических характеристик внутри «технологической партии» обусловлена в основном обжигом и конечной температурой нагрева при графитации. Такая методика отвечала решению поставленной задачи – отработке технологии на новом виде сырья в производственных условиях.

Отработка технологии проводилась на заготовках стандартных размеров. Объем отработки - 50 «технологических партий». Обжиг и графитация обеспечили практически 100% выход заготовок без термических трещин. Был получен и отработан большой объем технологической информации в соответствии с принятой схемой контроля. Сопоставление данных, показывает, что плотность, измеренная по техническим условиям на образцах в среднем на 0,07 г/см<sup>3</sup> выше плотности заготовок. Это связано как с технологическими факторами, так и с ошибкой при определении плотности по геометрическим размерам и массе заготовки.

Повышение конечной температуры при графитации с менее 2500 °С до 2800 °С приводит к снижению удельного электрического сопротивления до ~ 12 мкОм·м, зольности до ~ 0,1 % масс и содержания серы до ~ 0,005 % масс. Истинная плотность возрастает с 2,18 ÷ 2,19 до не менее 2,20 г/см<sup>3</sup> .

Анализ полученных результатов проводился на основе метода, разработанного применительно к высокоугадочным коксо-пековым композициям. Его сущность сводится к установлению связи между

изменениями ряда параметров на микро- и макроуровнях рассматриваемой системы при обжиге и графитации.

На основании полученных экспериментальных данных сопоставлено изменение истинной и кажущееся плотности (контролируемая заготовка определенной «технологической партии»)

По своим физико-механическим характеристикам графит, на основе высокотемпературного пекового кокса, соответствует требованиям ТУ как на высший, так и 1-й сорта. Графит, отвечающий требованиям ТУ по физико-механическим характеристикам прошел успешные испытания на ряде предприятий для изготовления изделий специального назначения.

На специальный пековый кокс на основе высокотемпературный пековый кокс разработаны новые технические условия. Они в узких пределах регламентируют истинную плотность исходного кокса  $1,44 \div 1,48 \text{ г/см}^3$  и после его прокалки при  $130^\circ\text{C}$   $2,04 \div 2,08 \text{ г/см}^3$ .

Таким образом, в результате проведенных работ на производственной базе специализированного участка в г. Вязьма разработана технология и освоен выпуск мелкозернистого плотного графита на основе использования недефицитного отечественного сырья (взамен использовавшегося ранее специального нефтяного кокса марки КНПС).

### Литература

1. Селезнев А.Н. Углеродистое сырье для электродной промышленности. М. Профиздат.: 2000, -256 с.
2. Степаненко М.А., Брон Я.А., Кулаков Н.К. Производство пекового кокса. Харьков, Metallurgizdat, 1961, - 311 с.
3. Привалов В.Е., Степаненко М.А. Каменноугольный пек. – М.: Metallurgiya, 1986, 272 с.
4. Фиалков А.С. Углерод. Межслоевые соединения и композиты на его основе. М.: Аспект Пресс, 1997. – 717.
5. Производство углеродной продукции. Выпуск IV. Сборник трудов под ред. Селезнева А.Н.. ЗАО «Энергопром. Менеджмент», М..2006.

П.М. Огар, В.А. Тарасов, А.В. Турченко

## ИНЖЕНЕРНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ВНЕДРЕНИЯ СФЕРЫ В УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОЕ ПОЛУПРОСТРАНСТВО

Братский государственный университет  
г. Братск, Россия

Вопросы упругопластического внедрения сферического индентора постоянно находятся в центре внимания исследователей, в частности в областях трибомеханики [1-2 и др.], поверхностно-пластического деформирования [3, 13 и др.], определения механических свойств материалов [4-6 и др.]. Закономерности упругопластического контакта недостаточно изучены, а некоторые предлагаемые решения требуют уточнений и усовершенствований. При внедрении сферического индентора в деформируемое полупространство различают упругую область, область ограниченной упругопластичности и область развитой упругопластичности [1, 5], однако единого взгляда на границы областей не существует [1, 3, 5, 7].

Для определения характера деформирования необходимо обладать достоверным критериям пластичности. Этот вопрос подробно рассмотрен в работе [8], когда взаимным влиянием неровностей можно пренебречь, в работе [9], где учтено взаимное влияние неровностей, а также в работе [10], когда упругопластическое полупространство на площадке радиусом  $a$  нагружено осесимметричной нагрузкой вида

$$p(r) = p_0 \left(1 - \frac{r^2}{a^2}\right)^\beta, \quad (1)$$

где  $\beta = 0 \dots 0,5$ ;  $p_0$  – давление в центре площадки контакта,  $p_0 = 1 + \beta p_m$ ;  $p_m$  – среднее давление;  $r$  – текущий радиус.

По данным [8] эквивалентные напряжения на площадке контакта, определенные по разным теориям прочности имеют разные значения, тогда как эквивалентные напряжения на оси  $Z$ , определенные по разным теориям прочности, совпадают. Согласно критерию максимального касательного напряжения Треска, пластическая деформация на оси  $Z$  соответствует эквивалентному напряжению

$$\sigma_{\text{эkv}} = |\sigma_3 - \sigma_1| = 2\tau_{1\text{max}} = 0,62p_0 = \sigma_y,$$

и при  $\mu = 0,3$  находится на расстоянии  $Z = 0,481a$ . Здесь  $\sigma_1, \sigma_3$  – главные напряжения;  $\tau_{\max}$  – максимальное касательное напряжение,  $\sigma_y$  – предел текучести. При этом максимальное контактное давление

$$p_0 = 1,613\sigma_y. \quad (2)$$

Часто упругопластические задачи пытаются решать в “упругой” постановке, рассматривая повторный контакт как упругий. При этом используется радиус кривизны лунки, определенный исходя из глубины лунки и диаметра отпечатка. При таком подходе распределение контактного давления на площадке радиусом  $a$  является “герцевским”, т.е. описывается выражением (1) при  $\beta = 0,5$ . На самом деле при упругопластическом деформировании распределение давления на площадке контакта выравняется [6]. Подробно этот вопрос рассмотрен в работе [11], однако при этом не учитывались эффекты «pile-up/sink-in» (рис. 1), связанные с пластическим выдавливанием материала полупространства вокруг сферы (образование навала) и упругим продавливанием полупространства [12].

Пользуясь методикой [11], допустим, что диаграмма вдавливания определена экспериментально и задана степенной функцией

$$P = Ah_0^\alpha,$$

где  $A, \alpha$  – константы;  $h_0$  – величина внедрения сферы от исходной поверхности.

Тогда для распределения контактного давления на площадке контакта получим выражение (1), в котором

$$p_0 = A\alpha h_0^\beta / 2\pi c^2 R, \quad c^2 = h_c/h, \quad \beta = 1 - \alpha.$$

Таким образом, если упругопластическую задачу рассматривать как повторный упругий контакт, то распределение контактного давления должно описываться выражением (1). Это должно вносить существенные изменения при расчетах эквивалентных напряжений или интенсивности напряжений при упругопластическом контакте, а также при расчетах упругих перемещений [10].

В ряде работ [3, 13] для задач поверхностного пластического деформирования задача внедрения сферы в полупространство решалась с использованием переменных параметров упругости, однако, как указано автором [14], это возможно только при простом нагружении, т.е. когда форма тензора напряжений и его главные направления все время сохраняются, что для многих видов поверхностного пластического деформирования не выполняются.

Определенный интерес при описании процесса внедрения сферического индентора в деформируемое полупространство вызывает подобие деформационных характеристик, что позволяет выразить все уравнения деформации в безразмерном виде [15]. Результаты такого подхода приведены в [1], где представлена диаграмма вдавливания сферического индентора в области упругости, областях ограниченной и развитой упругопластичности, а также приведены соответствующие выражения, подтвержденные экспериментально.

Аналогичный подход использован в работе [7], где области ограниченной и развитой упругопластичности описаны одним выражением. С целью совершенствования метода подобия деформационных характеристик в работе [16] приведены выражения позволяющие использовать разные критерии пластичности, например критерий Треска, когда пластические деформации зарождаются в приповерхностной области (уравнение (2)), или критерий предложенный в работе [1]. Поэтому, максимальное контактное давление, при котором начинается пластическая деформация представим в виде:  $p_0 = K_y \sigma_y$ , где  $K_y$  – константа.

Используя соотношения теории Герца, получены выражения для критической нагрузки  $P_y$  и соответствующей ее деформации  $h_y$ :

$$\frac{P_y}{E^* R^2} = \frac{\pi^3 K_y^3 \varepsilon_y^3}{6}, \quad \frac{h_y}{R} = \frac{\pi^2 K_y^2 \varepsilon_y^2}{4}, \quad (3)$$

где  $\varepsilon_y = \sigma_y / E^*$ ;  $E^* = E / (1 - \mu^2)$ .

Общая деформация в упругопластической области [3]

$$h_i = h_e + h_p, \quad (4)$$

где  $h_e = \frac{h_0}{\sqrt[3]{1 + 2h_p/h_c}}$ , (5)

$$h_0 = \left( \frac{9P_i}{16E^* R^2} \right)^{\frac{1}{3}}, \quad h_p = \frac{P_i - P_y}{2\pi RHD}, \quad (6)$$

где  $HD = K_n \sigma_y$  – пластическая твердость;  $K_n$  – коэффициент.

Заменим абсолютную нагрузку ее относительной величиной  $K = P_i / P_y$ . Выражения (6) представим в виде

$$h_p = h_y \frac{K - 1}{3}, \quad h_0 = h_y K^{\frac{2}{3}} \quad (7)$$

С учетом полученных выражений (7) из (5) имеем

$$\left(\frac{h_y}{h_e}\right)^3 - \frac{2K_y}{3K_h} \cdot \frac{K-1}{K^2} \left(\frac{h_y}{h_e}\right) - \frac{1}{K^2} = 0. (8)$$

В выражениях (33) – (35) величины деформаций определяются только степенью нагружения  $K$  и величиной  $h_y$ . Решая кубическое уравнение (35) определяем  $h_e$ , а затем  $h_i$ .

Приведем второй пример использования подобия деформационных характеристик. Согласно данным [16, 17], процесс упругопластического взаимодействия (рис. 2) описывается выражением

$$\sqrt{h_c^*} h - h_f = \frac{mP}{2\sqrt{2RE}}, (9)$$

где  $m = w_0/w \approx 1,5$  – показатель степени кривой разгрузки  $P = B h - h_f^m$ .

Согласно [6],

$$h_c^* = h - \frac{\varepsilon}{m} h - h_f = h_f \left( \frac{h}{h_f} \left( 1 - \frac{\varepsilon}{m} \right) + \frac{\varepsilon}{m} \right), (10)$$

где  $\varepsilon = 0,75$  для сферического индентора.

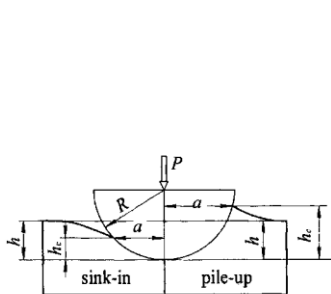


Рис. 1. Схема эффектов «pile-up/sink-in»

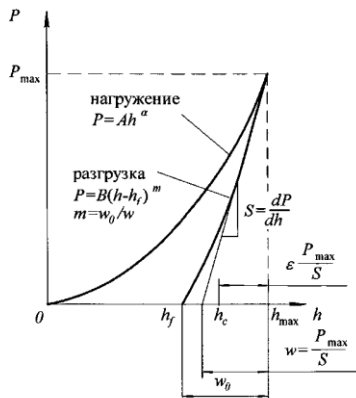


Рис. 2. Схема кинетического индентирования материала

Подставляя выражение (9) в (10) и обозначая:

$$h \frac{1 - \varepsilon/m}{h_f + \varepsilon/m} = y^2, \quad (11)$$

$$\text{получим } y^3 - y - \frac{P \cdot m - \varepsilon}{2E^* \sqrt{2Rh_f^{1.5}}} = 0. \quad (12)$$

Используя подобие деформационных характеристик [7, 16], имеем

$$P = KP_y; \quad h_f = \frac{P_y \cdot K - 1}{2\pi RK_h \cdot \sigma_y}; \quad (13)$$

критическая нагрузка  $P_y$ , при которой начинается пластическая деформация, определяется из выражения (3).

Подставляя выражения (3) и (13) в (12) получим уравнение

$$y^3 - y - \frac{6^{0.5} K \cdot m - \varepsilon}{K - 1} \cdot \frac{1}{K_y} \left( \frac{K_h}{K_y} \right) = 0, \quad (14)$$

свободный член, которого характеризуется безразмерными величинами: степенью нагружения  $K$  и параметрами  $m$ ,  $\varepsilon$ ,  $K_y$  и  $K_h$ .

Имея решение  $y_k$  уравнения (14), находим из (11) глубину внедрения сферы

$$h = h_f \frac{y_k^2 - \varepsilon/m}{1 - \varepsilon/m}, \quad (15)$$

и глубину упруго контактирующей части

$$h_c^* = h_f \cdot y_k^2. \quad (16)$$

С учетом выражений (3) и (13),

$$h_f = \frac{\pi^2 K_y^3 \varepsilon_y^2 \cdot K - 1}{12 K_h} \cdot R.$$

Следует отметить, что значения величины внедрения сферы  $h$ , определенные с использованием уравнений (8) и (14) полностью совпадают при  $m = 1,5$ .

Общая глубина контактирующей части сферы [18]

$$h_c = h_c^* + h_{pile}^* , \quad (17)$$

где  $h_{pile}^*$  – глубина за счет пластического навала.

В результате конечно-элементного анализа для значений  $\sigma_y = 100...800 \text{ МПа}$  , модуля Юнга  $E = 100...400 \text{ ГПа}$  , коэффициента Пуассона  $\mu = 0,3$  , экспоненты упрочнения  $n = 0,05...0,5$  , коэффициента трения  $f = 0,2$  в работе [18] получено:

$$h_{pile}^* = 0,131h_c^* \left( 1 - 3,243n + 0,079n^2 \right) \left( 1 + 6,258\bar{h}_r - 8,072\bar{h}_r^2 \right) ,$$

где  $\bar{h}_r = h/R$  .

Важным параметром, входящим в уравнения (8) и (14) является  $K_h$  . В работе [17] высказывалось предположение, что параметр  $K_h$  может характеризовать степень упрочнения материала. Подробно этот вопрос был рассмотрен авторами в работе [19], в которой параметр  $K_h$  определен методом двукратного «вдавливания» на основании результатов конечно-элементного анализа [20] и представлен в виде:

$$K_h = K_h \varepsilon_y, n \quad (18)$$

где  $n$  – экспонента упрочнения, что позволяет при определении  $K_h$  учитывать характеристики упрочняемого материала. Несмотря на то, что результаты конечно-элементного анализа [20] получены для  $\bar{h}_r = 0...0,12$  , значения  $K_h$  рекомендуются к использованию также для  $\bar{h}_r > 0,12$  .

Аналогичные значения  $K_h \varepsilon_y, n$  можно получить, применив методику [19] к результатам работ [21, 22].

Результаты конечно-элементного анализа работ [20] и [21] с ростом значений  $\bar{h}_r$  все более отличаются (рис. 3), при  $\bar{h}_r = 0,12$  отличия могут превышать 15%, что сказывается на значениях параметров  $K_h \varepsilon_y, n$  , определенных по указанным источникам. При расчетах зависимостей  $\bar{P} - \bar{h}_r$  с использованием уравнений (41) и (42) получим результаты, приближающиеся к соответствующим зависимостям  $\bar{P} - \bar{h}_r$  работ [20] и [21].

Поэтому возникает практический вопрос, какие данные использовать для инженерных расчетов? С этой целью были проведены расчеты относительного радиуса контакта в зависимости от приложенной нагрузки для экспериментальных данных работы [23]. Механические свойства испытываемых материалов для приведены в табл. 1. В качестве индентора был использован стальной закаленный шарик (HRC 63..64) радиусом 2,5 мм.

Таблица 1

Механические свойства материалов

№	Материал	$\sigma_y$ , МПа	$E$ , GPa	$\sigma_u$ , МПа	$\varepsilon_p$	$n$
1	Армко-железо	256	210	410	0.191	0.093
2	Сталь 45	480	204	725	0.102	0.109
3	Сталь 30ХГСА	677	215	942	0.073	0.105
4	Сталь 30ХГСА	1207	215	1344	0.045	0.052
5	Медь М2	69	132	196	0.581	0.149
6	Дюралюминий Д21	265	72	392	0.06	0.104
7	Титан ВТ6	687	117	883	0.071	0.100

При известной контактной глубине  $h_c$  величина  $a/R$  равна

$$a/R = \sqrt{2h_c/R - h_c/R^2}.$$

Величина  $h_c$  рассчитывалась двумя способами: либо по выражению (17), либо  $h_c = hc^2$ , где  $h$  определяется выражением (15),  $c^2$  - согласно [22]. В выражении (18)

$$\varepsilon_y = \sigma_y/E^*, \quad E^* = 1 - \mu_{ind}^2 / E_{ind} + 1 - \mu_{mat}^2 / E_{mat}^{-1},$$

где  $\mu_{ind}$  и  $E_{ind}$ ,  $\mu_{mat}$  и  $E_{mat}$  - соответственно коэффициенты Пуассона и модули Юнга материалов индентора и упругопластического полупространства.

В результате анализа установлено, что при использовании параметра  $K_h \varepsilon_y, n$ , определенного по данным [20], расчетные результаты на 10...15% превышают экспериментальные. При использовании  $K_h \varepsilon_y, n$ , определенного по данным [21] имеет место лучшее совпадение результатов расчета и экспериментов: для отдельных кривых максимальное отклонение составляет 5...10%. На рис. 4 приведены расчетные зависимости относительного радиуса лунки  $a/R$  от

величины усилия  $P$  с использованием выражения  $h_c = hc^2$  и  $K_h \varepsilon_{y,n}$  по данным [21].

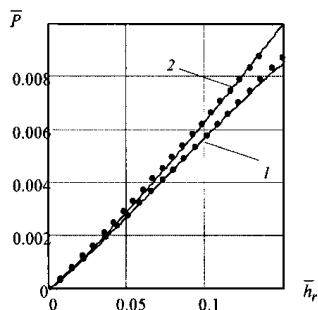


Рис. 3. Зависимости  $\bar{P}-\bar{h}_r$ : 1 – по данным [20]; 2 – по данным [21]; точки соответствуют расчетам по выражению (42) соответственно с  $K_h \varepsilon_{y,n}$  по данным [20] и [21].

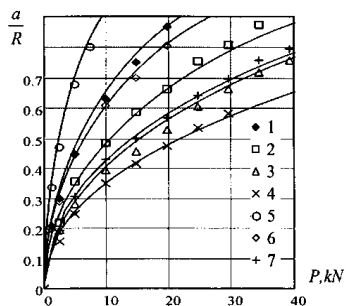


Рис. 4. Зависимость относительного радиуса лунки  $a/R$  от величины усилия  $P$ . Линии соответствуют материалам табл.1, точки – экспериментальным данным [23].

Таким образом, введенный параметр  $K_h \varepsilon_{y,n}$  обладает хорошей информативностью, так как, описывает упрочнение материалов в широком диапазоне значений механических свойств и поэтому может быть использован для инженерных расчетов упругопластической деформации упрочняющихся материалов.

## Литература

1. Ланков А.А. Вероятность упругих и пластических деформаций при сжатии металлических шероховатых поверхностей // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2009. №3. С. 3-5.
2. Огар П.М., Тарасов В.А, Турченко А.В. Контакт жесткой шероховатой поверхности с упругопластическим полупространством // Системы. Методы. Технологии. 2012. №1(13). С. 17-22.
3. Матлин М.М., Лебский С.Л., Мозгунова А.И. Закономерности упругопластического контакта в задачах поверхностного пластического деформирования. М.: Машиностроение–1.2007. 218с.
4. Булычев С.И., Алехин В.П. Испытание материалов непрерывным вдавливанием. М.: Машиностроение. 1990. 224с.

5. Воронин Н.А. Теоретическая модель упругопластического внедрения жесткой сферы // Трение и износ. 2003. т.24. №1. С. 16 – 26.
6. Oliver W.C., Pharr G.M. Measurement of hardness and elastic modulus by instrumented indentation: Advances in understanding and refinements to methodology // Journal of Materials Reserved. 2004. Vol. 19, № 1. P. 3-20.
7. Огар П.М., Дайнеко А.А., Щур Д.Д. Контакт жесткой сферической неровности с упругопластическим полупространством // Системы. Методы. Технологии. 2009. № 4. С. 17-19.
8. Огар П.М., Дайнеко А.А., Ключ С.С. Критерий пластичности при контактировании шероховатых поверхностей // Механики XXI веку. Братск: БрГУ. 2007. С. 309 – 319.
9. Огар П.М., Дайнеко А.А., Ключ С.С. Критерий пластичности при моделировании контакта тяжело нагруженных шероховатых поверхностей // Системы. Методы. Технологии. 2009. № 1. С. 14-19.
10. Огар П.М., Тарасов В.А. Влияние формы осесимметричной нагрузки на напряженно-деформированное состояние упругопластического полупространства // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 1(5). С. 14-20.
11. Кузьменко А.Г. Пластический контакт тел двоякой кривизны // Проблемы трибологии. 2009. №1. С.46-64.
12. Огар П.М., Тарасов В.А., Турченко А.В. Геометрия контакта при упругопластическом внедрении сферической неровности // Системы. Методы. Технологии. 2012. №1(13). С. 9-16.
13. Донсков А.С. Математическое моделирование процесса внедрения жесткого штампа в упругопластическое полупространство // Деформация и разрушение материалов. 2011. №3. С. 16 – 22.
14. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 2002. 300 с.
15. Ланков А.А. Деформирование металлов сферой и подобие деформационных характеристик в упругопластической области // Фрикционный контакт деталей машин. Калинин: КГУ. 1984. С. 40 – 46.
16. Огар П.М., Тарасов В.А., Дайнеко А.А. О некоторых общих закономерностях упругопластического внедрения сферического индентора // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 8. С. 38-43.
17. Огар П.М., Тарасов В.А., Дайнеко А.А. К вопросу упругопластического внедрения сферического индентора // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 10. С.14-16.
18. Kim S.H., Lee B.W., Choi Y., Kwon D. Quantitative determination of contact depth during spherical indentation of metallic materials—a FEM study // Materials Science and Engineering. 2006. A 415. p.59–65.
19. Огар П.М., Тарасов В.А., Турченко А.В. Влияние характеристик упрочняемого материала на упругопластическое внедрение

сферической неровности // Системы. Методы. Технологии. 2011. №4(12). С. 29-34.

20. Collin J.-M., Mauvoisin G., Pilvin P. Materials characterization by instrumented indentation using two different approaches // Materials and Desing. 2010. v.

31. p. 636 – 640.

21. Hernot X., Bartier O., Bekouche Y., Mauvoisin G., El Abdi R. Influence of penetration depth and mechanical properties on contact radius determination for spherical indentation // International Journal of Solids and Structures. 2006. №43.

p.4136–4153.

22. Matlin M., Kazankina E., Kazankin V. Mechanics of initial dot contact //

Mechanika. Kaunas: Technologija. 2009. №. 2(76). P. 20-23.N

Связь с автором: [ogar@brstu.ru](mailto:ogar@brstu.ru)

---

*Ю.Ф. Огнев, Ю.П. Денисенко, Е.С. Бронникова,  
С.В. Голубник*

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ АВИАЦИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДАМИ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ**

Филиал Дальневосточного федерального  
университета в г. Арсеньеве  
г. Арсеньев, Приморский край, Россия

Анализ исследований, выполненных преподавателями и студентами в лаборатория материаловедения филиала ДВФУ в г. Арсеньеве совместно со специалистами ОАО ААК «Прогресс», в рамках научно-исследовательской работы по теме «Анализ дефектов деталей и заготовок реального производства», показал, что распространёнными и наиболее опасными скрытыми дефектами, возникающими в различных деталях и узлах при их испытаниях и эксплуатации, являются усталостные разрушения. В частности, трещины усталости, как правило, возникающие при конструктивных несовершенствах деталей и узлов в местах возникновения концентрации напряжений: в сварных швах, галтелях, выточках, резьбе, вблизи отверстий и эксплуатационных повреждений материала поверхностного слоя. Концентраторы напряжений могут быть и технологическими: царапины, трещины, риски от обрабатывающего инструмента, а также металлургическими: поры, раковины, неметаллические включения. Независимо от своего происхождения концентраторы напря-

жений в той или иной степени снижают предел выносливости при одном и том же уровне переменных напряжений.

В качестве примера можно привести разрушение рессоры хвостового колеса самолёта Як-50, общий вид разрушенной рессоры показан на рис. 1.

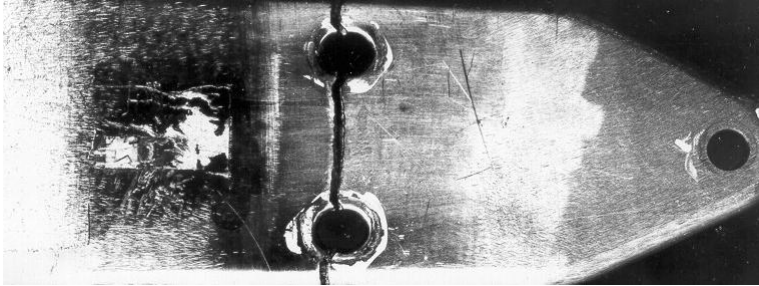


Рис. 1. Общий вид разрушенной рессоры

Разрушение произошло в процессе эксплуатации. Материал рессоры - сплав на основе титана ВТ-22, относится к  $\alpha + \beta$  - титановым сплавам мартенситного типа. Упрочняющая термообработка: закалка в воде, температура нагрева под закалку: 780...800 °С, последующее старение, температура старения: 450...550 °С, продолжительность старения – 8 часов.

Исследования показали, что разрушение произошло поперёк рессоры через отверстия для крепления узла с колесом. Характеристика излома: излом представляет собой несколько зон, отличающихся по рельефу, рис. 2.

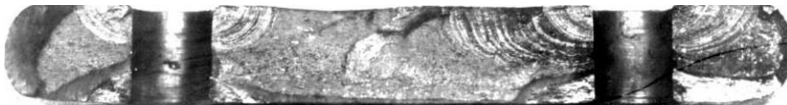


Рис. 2. Поверхность излома рессоры

Мелкозернистая зона выглядит в виде ступенчатых дужек, что указывает на усталостный характер разрушения. Началось разрушение на кромках отверстий (от фасок), которые явились концентраторами напряжений и привели к дальнейшему резкому разрушению. Механические свойства образцов, вырезанных из рессоры, микро и макроструктура соответствуют нормально и правильно проведённой термообработке. Микроструктура сплава в зоне излома показана на рис. 3.

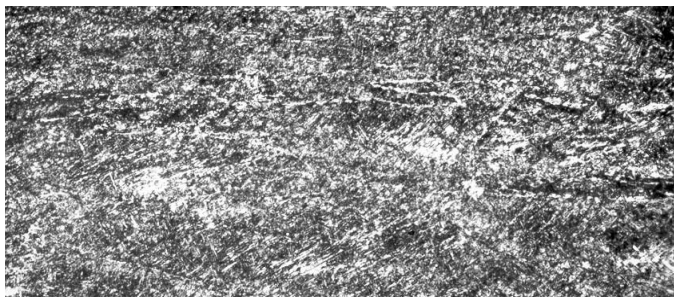


Рис. 3. Микроструктура сплава BT22 в месте излома

Во избежание разрушения рессор в эксплуатации было принято решение увеличить размеры рессоры в местах расположения отверстий. Динамические испытания хвостовой опоры с усиленной рессорой дали положительные результаты. Однако, данное конструкторское решение привело к увеличению массы конструкции в целом, что нежелательно в авиастроении. Повышение запаса надежности таких элементов конструкций как при их изготовлении, так и при ремонте, можно обеспечить применением специальных видов обработки. Для этих целей, в частности, используется упрочняющая технология, основанная на поверхностной пластической деформации (ППД).

В машиностроении это явление называется наклеп – изменение структуры и свойств металлического материала, вызванное пластической деформацией. Наклеп снижает пластичность и ударную вязкость, но увеличивает предел пропорциональности, предел текучести, твердость и износостойкость. Наклеп снижает сопротивление материала деформации противоположного знака. При поверхностном наклепе изменяется остаточное напряженное состояние в материале и повышается его усталостная прочность, повышается сопротивляемость малоциклового и многоциклового усталости деталей машин.

Поверхностное упрочнение может достигаться дробеструйным наклепом – за счет кинетической энергии потока чугунной или стальной дроби; поток дроби на обрабатываемую поверхность направляется или скоростным потоком воздуха, или роторным дробеметом; центробежно-шариковым наклепом – за счет кинетической энергии стальных шариков (роликов), расположенных на периферии вращающегося диска; при вращении диска под действием центробежной силы шарики отбрасываются к периферии обода и взаимодействуют с обрабатываемой поверхностью; накатываем стальным шариком или роликом с твердостью 60 HRCэ; алмазным выглаживанием оправкой с впаенным в рабочей части алмазом – оно позволяет получать блестящую поверхность с малой шероховатостью.

Особое место занимает дробеструйный наклеп. В зависимости от технических требований, в качестве используемой дроби обычно

используют литую стальную дробь, стандартизованные гранулы рубленой проволоки, керамическую или стеклянную дробь.

Как правило, процесс выполняется в закрытой среде, например, в коробе или ином ограниченном пространстве. Это позволяет собрать дробь для повторного использования и ограничивает пространство пыли. Абразив подается турбинным колесом или струей сжатого воздуха или воды через сопла. Дробеструйная упрочняющая обработка наружных поверхностей может производиться пневматическими или центробежными аппаратами, а внутренних — только пневматическими, так как центробежные аппараты не могут обеспечить струе дроби необходимый угол атаки.

На эффективность дробеструйной упрочняющей обработки имеют влияние следующие основные факторы: механические свойства обрабатываемого материала; качество дроби и особенно ее скорость; продолжительность обработки; направление потока дроби (угол атаки) на обрабатываемую поверхность; плотность покрытия потоком дроби обрабатываемого участка поверхности; расстояние обрабатываемой поверхности от места вылета дроби. Эти факторы определяют шероховатость обработанной дробью поверхности, глубину наклепа и значение остаточных напряжений. Однако, при этом формируется определенный, свойственный определённому методу обработки, макро-, микро-, субмикрорельеф обработанной поверхности. Основными являются высотные характеристики. При этом необходимо учитывать глубину разрыхленного слоя с образованием в нем макро-, микро- и субмикротрещин. Особый интерес представляют процессы ППД авиационных деталей из титановых сплавов. Исследования показывают, что дефектность поверхностного слоя образцов оказывает существенное влияние на содержание водорода в поверхностном слое титановых заготовок практически всех марок титановых сплавов. [2]. Поэтому различные виды ППД особенно титановых деталей требуют проведения тщательных исследований, т.к. содержание водорода в поверхностных слоях деталей влияет на их механические свойства.

### Литература

1. Горынин, И.В. Титан в машиностроении / И.В. Горынин, Б.Б. Чечулин. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.

2. С.З. Лончаков, В.И. Муравьев, П.В. Бахматов, О.П. Логвинов. Активация и дезактивация конденсации загрязнений на поверхности свариваемых заготовок из титановых сплавов. Научно-практическая конференция «Молодежь XXI век – Арсеньев, 2012.

Связь с автором: yuoognev@yandex.ru

Ю.Ф. Огнев, О.Ш. Бердиев, Ю.П. Денисенко

## **ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАНЕЛЕЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Филиал Дальневосточного федерального  
университета в г. Арсеньеве  
г. Арсеньев, Приморский край, Россия

*В статье изложен материал, показывающий поэтапное создание и отработку технологических процессов, применённых при серийном производстве беспилотных летательных аппаратов различных типов. Используются данные исследований, проведённых отечественными литейщиками, специалистами штамповочного производства, а также данные научных публикаций по собственной НИОКР.*

Литьём обеспечивается высокий коэффициент использования металла (по легким сплавам КИМ 0,60, а при литье под давлением - до 0,95), что позволяет получать дешёвые заготовки. Поэтому очевидно, задача получения литьём крупногабаритных тонкостенных конструкций панельного и корпусного типа для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Литейной практике и науке не были известны методы литья, которые бы позволили получать указанные детали из легких сплавов. Попытки получить имевшимися методами крупногабаритные тонкостенные детали заканчивались, как правило, безрезультатно.

Причина неудач - невозможность преодоления существовавшими методами литья трудностей, обусловленных физическими явлениями, протекающими при литье крупногабаритных тонкостенных конструкций.

Поскольку для получения отливки необходимо, наряду с другими важными операциями (изготовление формы и приготовление расплава):

- заполнить полость формы металлом;
- обеспечить температурные поля при заполнении полости форм и затвердевании отливки, создающие условия для её питания в отсутствие значительных термических напряжений, приводящих к трещинам;
- обеспечить условия силового и теплового взаимодействия затвердевающей отливки и формы, исключающие образование трещин, каверн и значительные коробления отливки;
- создать форму потребной точности и обеспечить тепловые и силовые условия её работы, которые бы обеспечивали требуемую точность отливки.

Анализ гидродинамических и теплофизических условий процесса, показывает, что для тонкостенных крупногабаритных отливок

выполнить эти условия чрезвычайно сложно, а обычными литейными процессами - практически невозможно.

Уравнения, полученные интегрированием теплового баланса, учитывают гидродинамические и теплофизические явления при заполнении горизонтальной и вертикальной полостей формы [1, 2]

$$L = \frac{R_{np} \cdot \gamma \cdot c \cdot \delta \cdot \sqrt{2gN}}{\alpha} \cdot \ln \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_2}, \quad (1)$$

$$Z = H - \left( \sqrt{H} - \frac{R_{np} \cdot \gamma \cdot c \cdot s \cdot \sqrt{2g}}{2\alpha} \cdot \ln \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_2} \right)^2, \quad (2)$$

где L - длина пути расплава, заполняющего горизонтальную полость формы, до начала затвердевания металла; Z - высота пути расплава, заполняющего вертикальную полость формы, до начала затвердевания металла;  $R_{np}$  - приведенная толщина отливки (толщина полости формы),  $F_n$  - площадь сечения потока расплава; s - длина контура потока, на котором происходит теплообмен.

Для плоской отливки  $R \approx \frac{\delta}{2}$ ;  $\delta$  - толщина отливки;  $\gamma$  - удельный вес расплава; C - удельная теплоемкость расплава;  $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи от поверхности отливки; s - коэффициент скорости; g - ускорение силы тяжести; H - напор; t - температура заливки сплава в форму;  $t_1$  - температура начала затвердевания металла;  $t_2$  - начальная температура формы.

Из анализа уравнений (1) и (2) следует, что заполнение полости форм для тонкостенной отливки, является сложной задачей и основным фактором, затрудняющим заполнение тонкостенной отливки, является малое значение  $R_{np}$  (или малая толщина отливки).

Так, получить большие значения L и Z (> 0,5 м) при малой толщине отливки (1 - 4 мм) при реальных теплофизических характеристиках металлов и материалов формы, теоретически возможно в следующих случаях:

1) При высоких значениях скоростей заполнения формы

$$v = s\sqrt{2gH} > 1 \text{ м/сек};$$

2) Обеспечении теплоизоляции формы, которая бы резко уменьшала коэффициент теплоотдачи от поверхности отливки  $\alpha$ ;

3) Температуры формы равной температуре затвердевания металла;

4) Увеличении толщины полости формы.

Из существовавших методов литья высокую скорость заполнения формы обеспечивает литье под давлением. Но известно также и

то, что при литье под давлением локальный подвод расплава в форму в сочетании с высокими линейными скоростями расплава в форме, приводит к бурному перемешиванию расплава в форме («эмульсионное» или «турбулентное» заполнение) и, как следствие, - низким механическим свойствам отливки.

Теплоизолировать крупногабаритную форму, чтобы уменьшить фактор (направление) 4, практически пока нереально из-за отсутствия материалов.

Поднять температуру формы до температуры затвердевания металла несложно при литье алюминиевых и магниевых сплавов для небольших отливок (например, при литье по выплавляемым моделям). Для крупногабаритных отливок (с площадью  $> 1\text{ м}^2$ ) выполнить подобное условие невозможно, как из-за трудностей нагрева формы, так и из-за её коробления.

Рассмотренные первые три направления возможного заполнения тонкостенной отливки, используются на практике, но не дают возможности получать тонкостенную отливку с площадью  $> 1\text{ м}^2$ .

В новом методе литья принят принципиально иной путь решения: "Для получения тонкой стенки отливки - увеличить толщину полости формы".

Одна из главных принципиальных особенностей нового метода литья, названного «выжиманием» - это регулирование гидродинамическими и тепловыми параметрами за счет  $R_{np}$ . Практически это осуществляется за счет изменяемой в процессе литья толщины отливки (толщины полости формы).

Как известно, при всех существующих методах литья (за исключением литья заготовок постоянного сечения, методом вакуумного всасывания или методом литья под низким давлением) заполнение формы происходит затопленными струями. Струйное заполнение формы предопределяет неоднородный в гидродинамическом отношении характер заполнения формы и неоднородное температурное поле в заполняемой, затвердевающей и затвердевшей отливке.

Из уравнения (1) в виде:

$$\ln \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_2} = \frac{L \cdot \alpha}{R_{np} \cdot \gamma \cdot c \cdot s \sqrt{2gH}} \quad (3)$$

и рассматривая температуру  $t$ , как температуру элемента потока в зависимости от пройденного пути  $L$ , следует, что при струйном неоднородном заполнении полости формы, как на стадии заполнения, так и на стадии затвердевания, в отливке образуется сложное температурное поле. Обеспечение направленного затвердевания отливки требует сложных технологических приемов. Именно из-за сложности картины температурных полей, при заполнении и затвердевании отливки до настоящего времени в литейной практике не применяются методы расчета затвердевания отливки.

Важной принципиальной особенностью литья выжиманием является то, что заполнение полости формы идет практически одно-временным сплошным потоком (без струй и застойных зон), что, в свою очередь, обеспечивает близкое к одномерному температурное поле отливки.

Характер струйного заполнения формы и неоднородное температурное поле при обычных методах литья требуют мощной питающей системы, холодильников, технологических напусков и т.п. Но, и эти меры не всегда обеспечивают необходимый режим затвердевания и питания отливки. С уменьшением толщины отливки, с увеличением площади поверхности -трудности создания режима питания отливки значительно возрастают.

Анализ уравнения для расчета длины зоны действия прибыли для случая объёмного затвердевания отливки (как правило, тонкостенные отливки из легких сплавов затвердевают объёмно) показывают, что чем выше скорость затвердевания, тем меньше зона действия прибыли [3]:

$$S_n = \frac{k}{\alpha \cdot \gamma \cdot g} \cdot \left( \gamma \cdot \cos \beta + \sqrt{\gamma^2 \cdot \cos^2 \beta \cdot 2\alpha \cdot \zeta \cdot g \frac{P_0 - P_1}{k}} \right) \quad (4)$$

где:  $\alpha$  - коэффициент объемной усадки;  $\zeta$  - коэффициент динамической вязкости жидкого металла;  $k$  - коэффициент проницаемости пористой среды (сетки кристаллов);  $u$  – скорость затвердевания отливки.

У БПЛА тонкостенные детали составляют до 70%, большинство которых возможно получить литьём выжиманием, где заполнение формы происходит потоком большого сечения, во много раз превышающего конечную толщину стенки отливки. Это позволяет замедлить охлаждение движущегося в форме расплава, снизить его температуру, уменьшить гидравлические потери и заполнить форму с большой площадью поверхности.

Приготовленный расплав с избытком заливают в нижнюю часть раскрытой формы-металлоприёмника и выдерживают до заданной температуры, близкой к началу кристаллизации, затем расплав под действием сближающихся полуформ движется вверх. В промывник выносятся избыток сплава вместе с находящимися в головной части потока загрязнениями. К концу процесса в рабочей части формы остаётся порция металла, достаточная для формирования тонкостенной отливки.

Заполнение формы потоком большого сечения, во много раз превышающего толщину стенки, позволяет замедлить охлаждение движущегося в форме сплава, снизить гидравлические потери, заполнить форму с большой площадью поверхности с одновременным обеспечением литого материала высокого качества. Для литья вы-

жиманием применяется стержневая линия ЛПО31 (см. рис. 1) и литейно-выжимные машины ВП10, ВП20, ЛПС-1М.

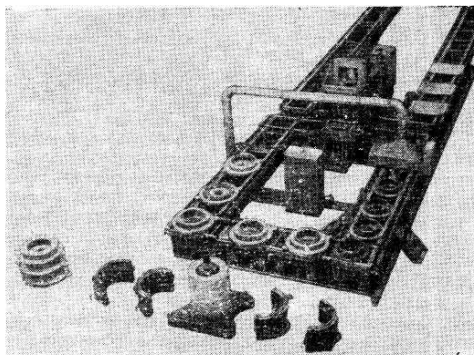


Рис. 1. Стержневая линия ЛПО31 и сборочный стенд стержневого блока

Литейно-выжимные машины ВП20 (см. рис. 2) и ВК-8 (ЛПС-1М) (см. рис. 3) снабжены гидравлическим приводом и имеют широкий диапазон плавного регулирования скоростей сближения полуформ по заданной программе. Управление обеих машин – дистанционное с пультов, на которых установлены приборы, контролирующие их работу и ход технологического процесса. Машины просты в управлении, удобны в обслуживании и не требуют специальной подготовки к эксплуатации.



Рис. 2. Машины ВП10, ВП20

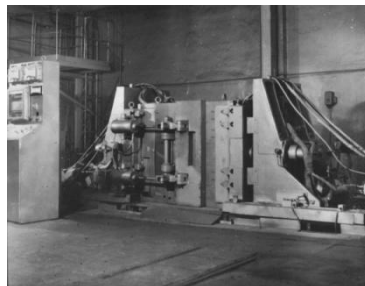


Рис. 3. Машина ЛПС-1М

Серийно изготавливаемые оребренные панели крыла и оперения размером до 2100×1000 мм со стенкой постоянной и переменной толщины от 2,5 до 1,7 мм из алюминиевых сплавов заменили сборно-клепанные конструкции. Литые панели имеют высокую точность, прочность и не нуждаются в последующей механической обработке сложной аэродинамической поверхности, за исключением стыковых зон.

На усовершенствованной машине ВК-8 (ЛПС-1М) освоен процесс литья тонкостенных корпусов диаметром  $760 \pm 1,0$  мм, высотой до 1000 мм со стенкой толщиной 2,5 мм из сплава АЛ2. Серийно отливаемые корпуса также отличаются высокой точностью и не нуждаются в последующей механической обработке лицевой поверхности. Процесс литья выжиманием корпусных (см. рис. 4) и панельных (см. рис. 5) заготовок включает в себя подготовку основных и вспомогательных материалов; литейно-выжимных машин; технологической оснастки, приспособлений; изготовление и сборку стержневого блока (для корпусных заготовок); сборку литейных форм; приготовление расплава; заливку расплава в машины; выжимание сплава и формирование отливки; технологическую выдержку отливок на кристаллизацию; извлечение отливок из машины, удаление стержневой смеси (для корпусных отливок); отделение литниково-питающей системы; термопрессовку отливок (корпусных); отжиг, правку отливок (панельных); контрольные операции.

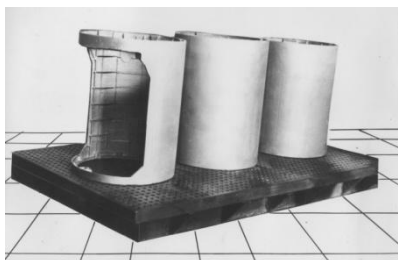


Рис. 4. Литые корпусные

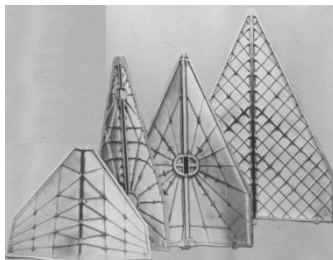


Рис. 5. Панельные детали

Подготовка основных и вспомогательных материалов при литье выжиманием аналогична подготовке при литье отливок из легких сплавов.

Стержневой блок (см. рис. 6), формирующий внутреннюю поверхность отливки, изготавливают из холоднотвердеющих смесей (ХТС) и смесей на крепителе МФ-17, он должен сохранять точность размеров и иметь достаточную прочность, чтобы исключить деформацию при его транспортировке, надежно противостоять давлению выжимаемого металла.

Для предотвращения усадочных трещин в отливке, стержневая смесь должна быть податливой, а конструкция стержней должна обеспечивать сводную усадку сплава при кристаллизации (0,6 по диаметру и 0,7 по высоте). Перед установкой в машину стержневой блок калибруется (см. рис. 7) по заданному размеру на стенде, затем поверхность покрывается противопригарной краской, подсушивается при температуре  $200^{\circ}\text{C}$  в течение 1,5 – 2 ч. Для транспортировки и точной установки стержней в форму применяется металлический каркас.

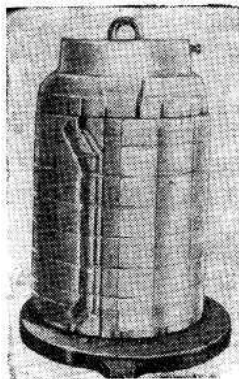


Рис. 6. Стержневой блок, подготовленный для установки в литейно-выжимную машину ВК-8 (ЛПС-1М)



Рис. 7. Калибровочный стенд

При сборке стержневого блока для литья тонкостенных корпусов на опорную плиту устанавливают стержень металлоприёмника, который проверяется по высоте: на центральный штырь машины устанавливают стержневой блок, подводят матрицы в рабочее положение и закрывают уплотнительные щеки (см. рис. 8).

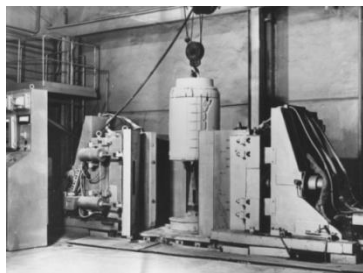


Рис. 8. Форма, подготовленная к заливке корпуса на машине ВК-8 (ЛПС-1М)

Металлические полуформы предварительно нагревают до 150–200 °С и окрашивают теплоизоляционной краской.

Приготовление сплава производится в электрических печах сопротивления емкостью 250 кг алюминиевого сплава.

Шихта составляется из возврата собственного производства (до 80%) и первичных материалов в виде слитков. Модифицирование сплава производится универсальным флюсом. Приготовленный сплав заливают в форму одновременно из двух тиглей через заливочные воронки, установленные в окна боковых щек. Для обеспечения плавности потока и предупреждения попадания в металлоприемник окислов и других загрязнений на торцах литниковых воронок устанавливают фильтрующие сетки из стеклоткани с ячейками от 1×1 до 1,3×1,3 мм.

Выжимание сплава производится в интервале температур 600–610 °С при скорости потока 0,2–0,3 м/с, обеспечивающей смыв твердой фазы с поверхности охлаждения и накопление её в потоке до заданного количества.

Сближение матриц происходит по программе в течение 5,0–7,8 с в зависимости от конфигурации и габаритных размеров отливки. После затвердевания отливки матрицы раскрываются и отливка вместе с песчаными стержнями извлекается из формы грузоподъемным механизмом. Далее проводятся выбивка стержней, обрезка технологических приливов и прибылей, зачистка заливов, заусенцев отливки.

Для доведения наружного диаметра корпусной отливки применяется термопрессовка корпусов (см. рис. 9). Операция заключается в том, что отлитая заготовка корпуса (оболочки) устанавливается в специальный термостамп, изготовленный из чугуна с коэффициентом линейного расширения больше, чем у заготовки. Процесс термопрессовки отливки основан на использовании различных физико-механических свойств отливки и термостампа.

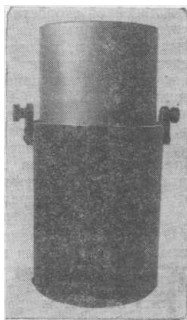


Рис. 9. Оболочковая заготовка в термостампе для проведения термопрессовки

При термопрессовке литая заготовка корпуса помещается в термоштамп. В процессе нагрева происходит силовое взаимодействие между отливкой и термоштампом; в отливке возникают касательные и радиальные напряжения, вызывающие упругопластическую деформацию-сжатие заготовки по диаметру.

Термоштамп с корпусной отливкой помещают в электропечь, доводят температуру до 530 °С, выдерживают в течение 1,5–2 ч, затем термоштамп с отливкой охлаждается на воздухе до комнатной температуры, после чего корпус извлекается из термоштампа и производится его обмер по диаметру.

Заготовки панельного типа подвергаются размерной правке (калибровке-рихтовке) традиционной или с использованием интенсифицированного процесса импульсного нагружения в специальном устройстве (см. рис. 10), которое представляет собой пакет стальных плит, верхняя из которых имеет формообразующую эталонную полость, обеспечивающую герметизацию по периметру помещаемой в нее заготовки.

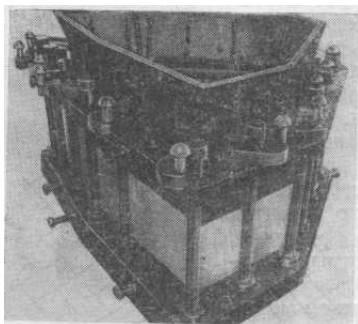


Рис. 10. Устройство для рихтовки открытых панелей взрывом

При взрыве заряда взрывчатого вещества (БВВ) в гидросреде над верхней плитой устройства, в которую предварительно помещен комплект панелей (левой и правой), происходит рихтовка литых заготовок [4-8].

Внедрение технологического процесса литья выжиманием деталей панельного и корпусного типа позволило обеспечить серийное производство этих заготовок и добиться высоких технико-экономических показателей.

### Литература

1. Вейник А.И. Теория затвердевания отливки. Машгиз. 1963г.
2. Мусияченко А.С. Исследование процессов заполнения формы и гидродинамических параметров при литье крупногабаритных

тонкостенных деталей (литьё выжиманием). Кандидатская диссертация. Предприятие п/я М-5671, 1962г.

3. Вейник А.И.Расчёт отливки. Машиностроение. 1964г.

4. Устройство для обработки металлов давлением: Авторское свидетельство СССР на изобретение №698221, М.Кл.<sup>2</sup> В21 D 26/06, УДК 621.98.044 (088.8). Бердиев О.Ш., Яцуценко В.А.

5. Устройство для штамповки импульсными нагрузками: Авторское свидетельство СССР на изобретение №445701, М.Кл.<sup>2</sup> В 21 D 26/08, УДК 621.983.044 (088.8). Бердиев О.Ш., Подгорный С.И.

6. Устройство для импульсной штамповки: Авторское свидетельство на изобретение СССР №611351, М.Кл.<sup>2</sup> В21 D 26/08, УДК 621.7.044.2 (088.8). Бердиев О.Ш.

7. Взрывной патрон: Авторское свидетельство на изобретение СССР №797126, М.Кл.<sup>3</sup> В21D26/08, УДК 621.7.044.2 (088.8). Молодых С.И., Сабакарь А.И., Кириченко Л.Р., Бердиев О.Ш.

8. Устройство для импульсной штамповки крупногабаритных деталей: Авторское свидетельство СССР на изобретение №743267, М.Кл.<sup>2</sup> В21 D 26/08, УДК 621.7.044.2 (088.8). Савченко Н.Ф., Турчин С.П., Суровцев Н.И., Бердиев О.Ш., Гончаров Н.Н.

Связь с автором: [yuooognev@yandex.ru](mailto:yuooognev@yandex.ru)

---

*В.Г. Осипян*

## **НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУР**

Филиал Московского государственного  
индустриального университета в г. Вязьме  
г. Вязьма, Смоленская обл., Россия

Нанонаука основана на изучении объектов размерами менее 100 нм хотя бы в одном измерении, что и обуславливает принципиально новые свойства: переход количества в качество.

Пра-пра...дедушкой понятий нанонаука, нанотехнология, наноматериалы следует считать греческого философа Демокрита, который 2400 лет назад впервые использовал слово "атом" для описания самой малой частицы вещества. А. Эйнштейн в 1905 г.опубликовал работу, в которой доказал, что размер молекулы сахара составляет примерно 1 нанометр. В 1931 г. немецкие физики Макс Кнолл и Эрнст Руска создали электронный микроскоп, который впервые позволил исследовать нанообъекты.

Конкретизировал все и фактически положил начало всем сегодняшним «нанопроблемам» американский физик Ричард Фейнман, опубликовав в 1959 г. работу, где оценивались перспективы миниатюризации. Основные положения нанотехнологий были намечены в

его легендарной лекции “Там внизу – много места” (“There’s Plenty of Room at the Bottom”), произнесенной им в Калифорнийском Технологическом Институте. Фейнман научно доказал, что с точки зрения фундаментальных законов физики нет никаких препятствий к тому, чтобы создавать вещи прямо из атомов (как бы из строительных кирпичиков).

Первым и самым главным признаком наночастиц является их геометрический размер - протяженность не более 100 нм хотя бы в одном измерении. Именно с таких размеров может наблюдаться качественное изменение свойств частиц по сравнению с макрочастицами того же самого вещества. Именно размерными эффектами определяются многие уникальные свойства наноматериалов. Для различных характеристик (механических, электрических и др.) критический размер может быть различным. Например, электропроводность начинает зависеть от размера частицы при уменьшении кристалла вещества до размеров 10-20 нм и менее.

Важнейшими свойствами наноструктур, отличающими их от обычных материалов, являются повышенная диффузионная и миграционная способность атомов, молекул веществ и электронов по поверхности твердых наноструктур, а для жидких наноструктур - ускоренная диффузия внутри них, повышенная прочность изолированных твердых наноструктур и способность твердых наноструктур к самоорганизации и самосборке.

Наноструктуры, находящиеся в жидкой, газовой среде и в вакууме, обладают максимальными возможностями к самоорганизации и самосборке.

Сканирующая зондовая микроскопия -один из важнейших современных методов исследования морфологии и локальных свойств поверхности твердого тела. Применительно к наночастицам термин «микроскопия» не отражает сущности процесса, и следует говорить о «наноскопии».

Учитывая абсолютные размеры наночастиц, с определенными допущениями можно считать, что наночастица представляет собой вещество, близкое по свойствам к межфазной границе.

С помощью нанотехнологий появляется возможность создавать новые сверхпрочные композиционные конструкционные материалы, не изменяя химический состав компонентов, а регулируя размеры и формы частиц, составляющих вещество. Первые же исследования показали, что, например, нанотрубки обладают уникальными механическими свойствами. Модуль упругости вдоль продольной оси трубки достигает  $70 \times 10^5$  МПа. Для сравнения: у легированной стали он равняется  $2,1 \times 10^5$  МПа, а у наиболее упругого металла иттрия –  $5,2 \times 10^5$  МПа. Кроме того, однослойные нанотрубки имеют высокую эластичность.

С позиций квантовой механики электрон может быть представлен волной, описываемой соответствующей волновой функцией. Распространение этой волны в наноразмерных твердотельных

структурах контролируется эффектами, связанными с квантовым ограничением, интерференцией и возможностью туннелирования через потенциальные барьеры. Свободный электрон в твердом теле, может беспрепятственно распространяться в любом направлении. Ситуация кардинально меняется, когда электрон попадает в твердотельную структуру, размер которой, по крайней мере в одном направлении, ограничен и сравним с длиной электронной волны. В данных направлениях возможно распространение только волн с длиной, кратной геометрическим размерам структуры. Это значит, что соответствующие им электроны могут иметь только определенные фиксированные значения энергии, вызывая дополнительное квантование энергетических уровней. Это явление получило название квантового ограничения. Так, с одной стороны, есть трубки с хорошей электронной проводимостью, а с другой стороны, большинство трубок – это полупроводники с шириной запрещенной зоны от 0,1 до 2 эВ. Управляя их зонной структурой, можно создать различные электронные приборы. В частности, появляется реальная перспектива разработок запоминающих устройств с плотностью записи до 10<sup>14</sup> бит/см<sup>2</sup>.

Итак, наночастицы обладают комплексом уникальных свойств. Многие из них еще не полностью изучены, а другие, возможно, и не открыты. Эти свойства открывают возможности принципиального изменения современного состояния науки и техники и создают предпосылки к новой технической революции, которая началась и станет содержанием 21 века.

### Литература

1. Бинниг Г. Сканирующая туннельная микроскопия - отражение к юности: нобелевские лекции по физике/Г. Бинниг, Г. Рорер//УФН. - 1996. - Т. 154 (1988), вып. 2. - С. 261.
2. Календин В. В. Нанометрия: проблемы и решения/В. В. Календин//Автометрия. - 2004. - Т. 40, № 2. - С. 20-36.
3. Кластеры, структуры и материалы наноразмера: технические перспективы/М. А. Меретуков (и др.). — М.: Руда и металлы, 2005. — 128 с.
4. Ковальчук М. В. Органические наноматериалы, наноструктуры и нанодиагностика/М. В. Ковальчук // Вестник РАН. - 2003. - Т. 73, № 5. - С. 405-412.

*В.К. Перешивайлов, Я.В. Перевозникова*

## **СОВРЕМЕННАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ВАКУУМНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Саратовский государственный технический  
университет им. Ю.А. Гагарина  
г. Саратов, Россия

Россия демонстрирует новейшие технологии в области автоматизации производства и производственных процессов. Важнейшим фактором выхода из экономического кризиса сегодня является модернизация и техническое переоснащение промышленных предприятий современными автоматизированными системами.

В настоящее время в России основу оборудования для проведения технологических процессов в вакууме составляет морально устаревшее оборудование, произведенное в 70-80-х годах. Морально устарела электронная система управления, система подачи рабочего газа в вакуумную камеру, система испарения, отсутствие автоматизации технологических процессов, ненадежность исполнительных клапанов пневматических систем. В тоже время есть хорошая конструкторская проработка вакуумных камер и оснастки, которые являются одной из наиболее материалоемких частей установки.

Промышленные предприятия, предприятия малого бизнеса испытывают серьезные затруднения с покупкой современного оборудования, произведенного западными компаниями в связи с его высокой стоимостью. В этой ситуации профессиональная модернизация имеющегося оборудования, проведенная на высоком техническом уровне, является во многих случаях не только единственным возможным выходом из положения, но и удачным решением, альтернативного приобретения современного вакуумного оборудования.

Основными направлениями модернизации оборудования: является установка современных безмасляных форвакуумных, высоковакуумных криогенных или турбомолекулярных насосов, систем поддержания и контроля технологических газов, вакуумных затворов, анализаторов состава газа, системам измерения технологических параметров.

Автоматизация управления вакуумными установками посредством применения контроллера и специализированного под конкретные технологические задачи программного обеспечения.

Для реализации программы модернизации установки вакуумного напыления металлов, применяется усовершенствованная система управления, использован контроллер «SIMATIC S7-1200» фирмы SIEMENS с графической операторской панелью, предусматривающий также возможность управления установкой с компьютера.



Рис. 1. Блок управления вакуумной системой

В состав блока управления вакуумной системой (см. рис. 1) входят: панель управления, приборы измерения вакуума «Мерадат ВИТ12Т1», «Мерадат ВИТ19ИТ1», с преобразователем интерфейса «Мерадат RS-USB СК201», конвертором «RS 485-USB» и персональный компьютер (ПК), имеющий вход USB, регулятор температуры «ТЕРМОДАТ 19Е3», контакторы и выключатели. Система управления обеспечивает работу установки в режимах автоматической работы, ручного управления и наладки. Программирование контроллера осуществлено с помощью программного обеспечения STEP 7 Basic V10.5 incl. SP1. Возможно изменение программы с использованием поставляемой с системой управления эксплуатационной документацией.



Рис.2. Система охлаждения



Рис.3. Блок подготовки воздуха

В системах охлаждения (см. рис. 2) и пневматики (см. рис. 3) заменяются все ненадежно работающие компоненты установки на блок подготовки воздуха фирмы «Camozzi» и новую систему охлаждения с контролем протока жидкости.

### Литература

1. Web: [www.meradat.com](http://www.meradat.com)

E-mail: meradat@mail.ru  
2. Web: <http://tritec.ru/default.aspx>  
3. Web: [www.termodat.com](http://www.termodat.com)  
E-mail: termodat@mail.ru

Связь с автором: [ems@sstu.ru](mailto:ems@sstu.ru)

---

*А.Н. Поляков, А.Н. Гончаров, К.В. Марусич,  
К.С. Романенко*

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОДЕФОРМАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА 400V**

Оренбургский государственный университет  
г. Оренбург, Россия

Одной из важнейших тенденцией при конструировании станочного оборудования является рост скоростей основных движений в станках. В частности, современные шпиндельные узлы достигают показателей быстроходности, превышающие  $5 \cdot 10^6$  мм-об/мин, а скорости перемещения рабочих органов станка – более 100 м/мин. Техническая реализация этих параметров вызывает интенсивное теплообразование в узлах станка, сопровождающееся ростом температур. Все это приводит к тепловым деформациям элементов несущей системы станка (НСС) и температурным перемещениям его исполнительных органов, вызывающих температурную погрешность обработки. Результаты натурных испытаний производителей высокоточного станочного оборудования показывают, что без использования систем термостабилизации и компенсации температурных перемещений невозможно обеспечить необходимую размерную точность обработки. Существующие интеллектуальные системы компенсации температурных перемещений основаны на функциональной связи «перемещения – температуры» и используют систему прогнозирования температурных перемещений шпинделя при непосредственном измерении температур в характерных точках станка – либо на шпиндельном узле, либо на отдельных элементах НСС. Уникальными особенностями этих систем компенсации температурных перемещений являются: схема расстановки термодатчиков на элементах НСС и алгоритм прогнозирования температурных перемещений в зависимости от фиксируемых температур.

В настоящее время в Оренбургском государственном университете на кафедре технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов разрабатывается система компенсации температурной погрешности станков. Данная система состоит из

двух контуров. Первый контур представляет собой систему без обратной связи. Второй контур предполагает наличие обратной связи, поступающей от термодатчиков, установленных на элементах несущей системы станка. Первый контур системы базируется на разрабатанном методе прогнозирования тепловых характеристик станка. Второй контур должен обеспечить возможность внесения коррекции в работу исполнительных органов станка с учетом дополнительно поступающей информации от термодатчиков. В этом случае важна функциональная связь между температурными перемещениями и деформациями, учитывающая циклограмму работы станка.

Для решения задачи расстановки термодатчиков было проведено исследование на сверлильно-фрезерно-расточном станке вертикальной компоновки и фрезерно-сверлильном станке горизонтальной компоновки, в ходе которого было установлено:

- независимо от компоновки станков (с горизонтальным или вертикальным расположением шпинделя) максимальные температурные перемещения фиксируются вдоль оси шпинделя;

- существует наиболее информативная точка НСС для прогнозирования температурных перемещений по измеренным температурам; в этой точке температурные характеристики на непрерывных режимах работы хорошо согласуются с характеристиками температурных перемещений — расхождение до 10%;

- положение наиболее информативной точки НСС зависит от режимов работы станка; ее положение изменяется при существенном изменении частот вращения, например, приводящем хотя бы к 40 % -ому изменению величины температурных перемещений.

Полученные результаты были получены не только при непрерывной работе станка, но и на холостом ходу. Несмотря на то, что существуют экспериментальные результаты, полученные различными исследователями, из которых следует, что на финишных операциях при механообработке можно не учитывать влияние процессов резания на температурную погрешность, мы провели серию экспериментов на станке 400V (Стерлитамак М.Т.Е.) под нагрузкой и на холостом ходу.

Программа натурального эксперимента включала четыре серии:

- непрерывная работа станка в течение восьми часов на холостых ходах с различной частотой вращения шпинделя: 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, а также шестичасовой эксперимент на 7000 об/мин;

- работа станка на холостом ходу с часовым чередованием частот вращения шпинделя: 1000, 3000 и 5000 об/мин;

- для четырех частот вращения шпиндельного узла дополнительно фиксировалось изменение термомодеформационного состояния при остывании станка: 1000, 3000, 4000 и 5000 об/мин;

- повторно-кратковременный режим работы станка с десятиминутной длительностью обработки под нагрузкой со сменой инструмента и перемещением в другую позицию для измерения температурных удлинений шпиндельной головки.

Во всех сериях тепловых испытаний станка измерения температур осуществлялись с использованием цифрового многоканального измерителя температуры МИТ-12ТП-11, оснащенного двенадцатью датчиками на основе термопар хромель-капель с магнитным креплением. Цифровой прибор оснащен интерфейсом RS-232 – все данные в режиме реального времени передавались в компьютер. Измерения температурных перемещений испытаний осуществлялись с помощью многооборотных измерительных головок МИГ класса точности 0 с ценой деления 1 мкм. Координатные перемещения шпиндельной головки определялись по показаниям многооборотных индикаторов, измерительные стержни которых подводились по трем направлениям вдоль осей X, Y и Z к неподвижным поверхностям шпиндельной головки. Обработка детали из стали Ст45 выполнялась сборной концевой фрезой фирмы Korloy (Ю.Корея) Ø16 мм типа AMS2016S, оснащенной двумя твердосплавными сменными многогранными пластинами типа NCM325 с трехслойным CVD-покрытием, состоящим из слоев карбонитрида титана, оксида алюминия и нитрида титана. При этом глубина резания составляла 0,5 мм, подача 0,025 мм/зуб, частота вращения шпинделя 3000 об/мин.

Результаты проведенных экспериментов показали:

- при работе станка в диапазоне 1000 ÷ 5000 об/мин для температурных характеристик фиксировался регулярный режим нагревания; при этом при различных длительностях натурального эксперимента прекращался рост температурных перемещений;

- в целом можно отметить, что для большей частоты вращения момент стабилизации температурных перемещений наступал позднее; однако, после 3000 об/мин время стабилизации температурных перемещений фиксировалось вблизи достаточно узкого интервала времени;

- на частоте 7000 об/мин термодатчики, установленные на сверлильной головке станка, не только фиксировали режим температурной стабилизации, но также и охлаждение в пределах 3°С или около 15% от избыточной температуры;

- характеристики температурных перемещений на всех частотах вращения шпинделя по оси шпинделя в большей степени повторяли температурные характеристики сверлильной головки станка;

- росту частоты вращения соответствовал рост температуры в фиксированных точках НСС и росту температурных перемещений; установленная функциональная зависимость является нелинейной;

- работа под нагрузкой не выявила отклонений в характере и величине температурных перемещений, разница составила порядка 1 мкм, что сопоставимо с погрешностью измерительной головки, использованной в эксперименте.

Таким образом, полученные результаты позволяют разрабатывать системы компенсации температурной погрешности станков на чистовых режимах без учета влияния процессов резания.

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ШЕСТЕРЕН**

Волгоградский государственный технический университет  
г. Волгоград, Россия

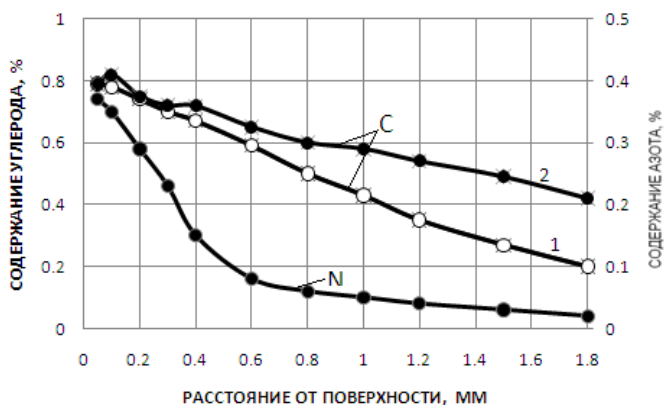
Для упрочнения тяжелонагруженных зубчатых колес использовалась известная технологическая схема цементации с подстуживанием ниже  $A_{r1}$  и повторным нагревом под закалку. По имеющимся представлениям о механизме формирования упрочненного слоя по этой схеме не учитывается влияние фазовой перекристаллизации, являющейся мощным фактором, ускоряющим диффузионные процессы атомов внедрения и позволяющим эффективно воздействовать не только на механизм и кинетику насыщения элементами внедрения, но и на формирование структуры и свойств деталей.

С учетом этого на стадии цементации проводилось формирование профиля концентрации углерода и структурных зон слоя, на стадии фазовой перекристаллизации – профиля азота в металле с формированием структурных зон в приповерхностной части слоя, для чего на этапе подстуживания ниже  $A_{r1}$  и повторном нагреве под закалку подавался в атмосферу эндогаза и природного газа аммиак. При проведении исследований выяснилось, что для исключения получения крутопадающего профиля концентрации азота в металле необходимо также аммиак подавать и на стадии цементации. Но вследствие высокой степени диссоциации аммиака при температуре цементации  $930^{\circ}\text{C}$  усвоилось в металле только 0,2% азота. Ускорение диффузии азота при неравновесных неизотермических условиях в процессе фазовой перекристаллизации позволило без переделывания конструкции безмуфельного агрегата за относительно небольшое время подстуживания (в камере подстуживания находится всего один поддон) и время нагрева под закалку (в печи повторного нагрева – 4 поддона) получить в приповерхностном слое до 0,4% азота.

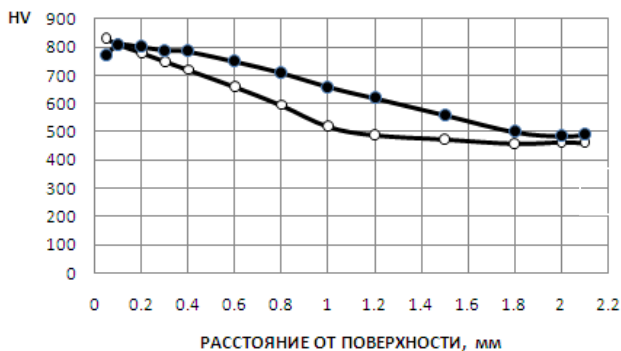
В результате проведенных исследований получен оптимальный профиль концентрации углерода и плавный профиль концентрации азота в металле (см.рис.1а), обеспечивающие при закалке одновременное упрочнение деталей как углеродом, так и азотом на большую глубину, превышающую зону максимальных эквивалентных напряжений (см.рис.1б). При этом контактная выносливость роликов, обработанных по опытному режиму с насыщением азотом в 3 раза выше, чем серийных цементованных (см. рис. 2). Стендовые испытания ведущих шестерен конечной передачи показали в 2 раза большую наработку, чем серийные (см. табл. 1).

Структура по опытному режиму представляет собой мелкоигльчатый мартенсит с равномерно распределенным остаточным

аустенитом и мелкими нитридами хрома, расположенными в основном по телу зерна. С поверхности на глубину 90-100 мкм – сверхмелкое зерно аустенита более 10 балла, далее – зерно 9 балла. Большое содержание остаточного аустенита, насыщенного не только углеродом, но и азотом, и, вследствие этого более стабильного в процессе нагружения, способствует большей релаксации напряжений под действием изгибающих нагрузок. Сочетание мелкозернистой структуры с большим количеством равномерно распределенного остаточного аустенита, насыщенного азотом, способствовало повышению усталостно-изгибной прочности на 16% по сравнению с серийной технологией цементации.



(а)



(б)

Рис. 1. Распределение углерода и азота (а) и микротвердости (б) по толщине упрочненного слоя 1 – серий режим цементации; 2 – опытный режим с добавлением аммиака

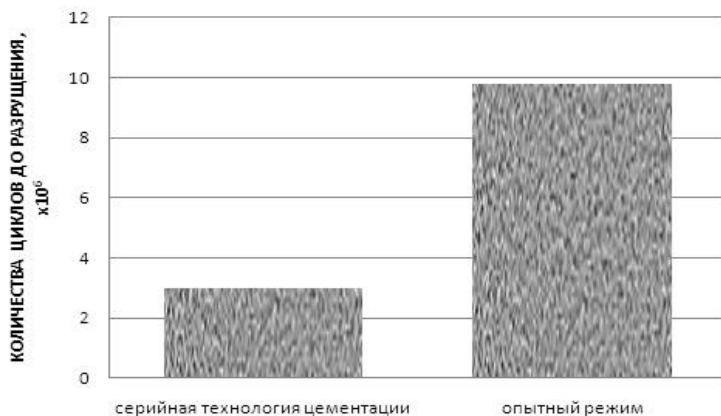


Рис. 2. Долговечность роликов при испытании на контактную прочность

Таблица 1

Результаты стендовых испытаний шестерен

Характеристика режима ХТО	Маркировка шестерен	Наработка до разрушения, ч
Серий режим цементации	1	196
	2	190
	3	201
Опытный режим (Нитроцементация)	12	371
	13	406
	14	391

*В.А. Фрилинг, А.В. Морозов, Н.Н. Горев*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА НАНЕСЕНИЯ АНТИФРИКЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТЬ ОТВЕРСТИЯ ДЕТАЛЕЙ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОПРЯЖЕНИЙ**

Ульяновская государственная сельскохозяйственная  
академия им. П.А. Столыпина  
г. Ульяновск, Россия

По результатам исследований [1, 2, 3] установлено, что триботехнические материалы на основе меди получили широкое распространение в связи с их высокими антифрикционными свойствами, коррозионной стойкостью, теплоэлектропроводностью. Трибологические свойства и физико-механические характеристики поверхностей

трения с покрытиями в значительной степени определяются качеством покрытия.

К параметрам качества относится толщина покрытия и равномерность распределения по поверхности обрабатываемого материала.

В данной работе исследуется качество нанесения на поверхность отверстия детали гладких цилиндрических соединений покрытия методом ФАБО при помощи фетровых притиров и технологической жидкости, содержащей соли меди.

Для исследования изготавливались втулки из стали 45 с диаметром отверстия 25 мм.

Перед нанесением покрытия поверхность отверстия предварительно обезжиривали и покрывали смесью, состоящей из двух частей глицерина и одной части 10%-ного раствора соляной кислоты.

Это необходимо для разрыхления окисной пленки на поверхности стального образца в процессе трения, тем самым поверхность медного сплава пластифицируется и создаются условия для его схватывания со сталью.

Для выполнения микрорентгеноспектрального анализа из обработанной втулки вырезался сегмент (рис. 1).

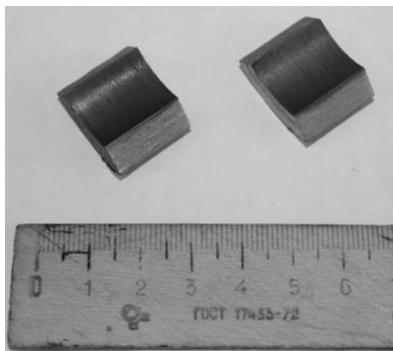


Рис. 1. Исследуемые образцы

Электронно-микроскопические изображения исследуемого покрытия были получены с помощью сканирующего электронного микроскопа XL30 ESEM-TMP производства американской фирмы FEI/Philips Electron Optics (рис. 2).

Микрорентгеноспектральный анализ проводился с помощью спектрометра волновой дисперсии (INCA Wave 700) производства британской фирмы Oxford Instruments установленного на данном сканирующем электронном микроскопе.



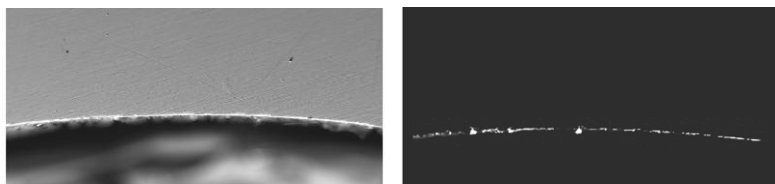
Рис. 2. Внешний вид сканирующего электронного микроскопа Philips XL30 ESEM-TMP

Исследования проводились при ускоряющем напряжении 10 кВ. При таких условиях глубина проникновения электронов в металл составляет  $\sim 1$  мкм. Элементы регистрировали по следующим характеристическим рентгеновским линиям: медь –  $L_{\alpha}$ , железо –  $L_{\alpha}$ . В качестве эталонов сравнения для количественного микроанализа (определения массовой доли элементов в точке) использовались соответственно для: Cu – чистая медь, Fe – чистое железо. Сила тока зонда не превышала 60 мкА. Результаты всех количественных измерений корректировались с учетом ZAF коррекции и усреднялись по нескольким точкам измерения.

На поперечной поверхности отшлифованного и отполированного образца было получено электронно-микроскопическое изображение с различным увеличением (рис. 3а) и карта распределения элементов (рис. 3б). На карте более светлый цвет соответствует большей массовой доле химического элемента.

Из распределений элементов следует, что медь распределилась на поверхности отверстия в виде тонкого слоя. Неравномерность на поперечном шлифе может быть вызвана как неравномерным нанесением меди, так и подготовкой поперечного шлифа (краевой эффект) – часть покрытия могло осыпаться при шлифовке.

Количественный анализ показал содержание железа в матрице около 98,5% а меди < 0,1%, содержание железа в поверхностном слое < 1% меди около 99%. В отдельных местах в покрытие было обнаружено повышенное содержание кислорода.



а) б)  
Рис. 3. Микрорентгеноспектральный анализ исследуемого покрытия  
а) электронно-микроскопическое изображение б) карта распределения Cu

Результаты линейного сканирования торцевой поверхности образца представлены на рис. 4.

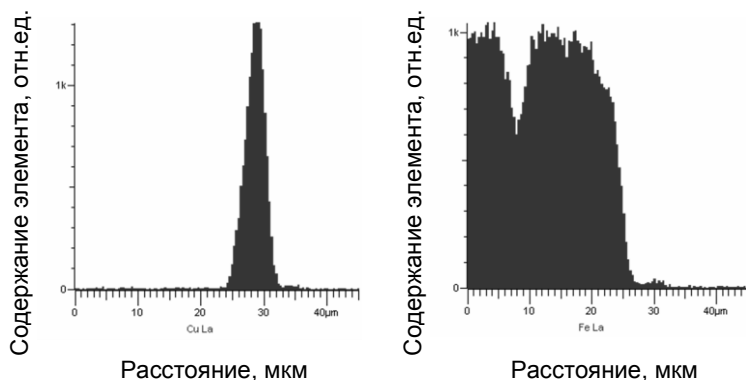


Рис. 4 Линейное распределение Cu и Fe

Результаты сканирования показали, что проникновения на большую глубину меди в основной материал не происходит.

Была исследована также область образца со стороны покрытия. Результаты представлены на рис. 5. На картах более светлый цвет соответствует большей массовой доле химического элемента.

Из выше сказанного можно отметить, что при нанесении покрытия на поверхность отверстий гладких цилиндрических отверстий методом ФАБО получаем равномерный медный слой толщиной чуть более 1 мкм, в областях с повышенным содержанием меди (~98%), при практическом отсутствии кислорода и железа (~0,4%). В других точках массовая доля меди (~70%), железо (~9%) и кислород (~21%).

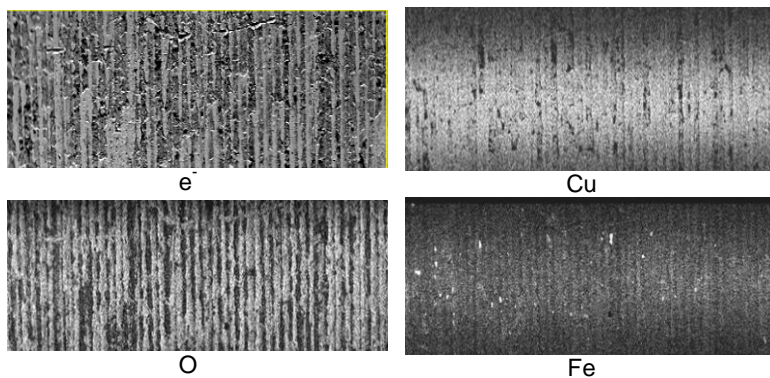


Рис. 5. Электронно-микроскопические изображения (с указанием области сканирования) и карты распределения O, Cu и Fe

### Литература

1. Киричек А.В. Повышение эффективности упрочняющих технологий://Справочник. Инженерный журнал, 2007 №3. - с 15...20
2. Крагельский И.В., Дабычин М.Н., Комалов В.С. Основы расчета на трение и износ. М. Машиностроение, 1977. – 526 с.
3. Сулима А.М., Шулов В.А., Ягодкин Ю.Д. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин. М.: Машиностроение. 1988. – 240 с.

**Секция 3**

**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОНИКА,  
РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ, ТРАНСПОРТ**

*М.Н. Айкумбеков, А.Д. Камзина*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Казахская академия транспорта и  
коммуникаций им. М. Тынышпаева  
г. Алматы, Казахстан

В условиях нарастающей конкуренции на транспортном рынке существующая система организации грузовых перевозок на железнодорожном транспорте недостаточно отражает интересы грузовладельцев.

Это является причиной того, что многие из них пользуются другими видами транспорта, в частности, автомобильным. Имеют место случаи, когда при стоимости перевозки грузов автотранспортом в 1,5-2 раза большей, чем железнодорожным, грузовладельцы отдают предпочтение более дорогому виду транспортировки. Причиной тому является не устраивающая их скорость и надежность доставки груза [1].

Любой системе управления присущ фактор инертности. Не исключение в этом и система управления перевозками. Особенно это проявляется в вопросах обеспечения составов локомотивами и локомотивными бригадами. Например, если вышел из строя локомотив, сложно тут же обеспечить ему замену. Конечно, если держать в «горячем» резерве значительное количество локомотивов и бригад, то можно поддерживать тем самым высокую степень надежности в незамедлительном обеспечении составов локомотивами. Но это далеко не всегда будет оправдано, так же, как, например, незамедлительное, а в результате пачечное, отправление с сортировочной станции поездов, завершивших накопление из-за сгущенного поступления вагонопотока.

Поэтому основной задачей управления перевозочным процессом должно стать не просто подстраивание под сложившуюся ситуацию, а реализация мер, как гасящих возникающие возмущения, так и препятствующие их возникновению. При этом следует уходить от утверждения об объективности причин неравномерности вагонопотоков.

Что касается оперативного управления планом формирования поездов, то оно, прежде всего, должно быть связано с формированием поездов повышенной транзитности. Но для этого необходимо использовать механизм ответственности и заинтересованности частных работников, особенно работников станций, за выполнение графика. Каждое не соблюдение времени отправления поезда (локомотива) по графику должно считаться грубейшим нарушением технологии эксплуатационной работы. И наоборот, формирование поез-

дов (групп) повышенной транзитности должно рассматриваться как дополнительно выполненная работа станцией с соответствующими стимулирующими мерами. Ведь этим не только ускоряется пропуск вагонопотоков, но и за счет сокращения объема переработки на впереди лежащих станциях создается задел надежности в их работе по обеспечению графика движения, а может быть при соответствующем обосновании закрытие сортировочных станций для переработки вагонопотоков [2].

Для оценки эффективности назначения маршрутов, как и поездов повышенной транзитности, в условиях конкуренции следует учитывать доход, который будет иметь место при ускорении доставки грузов за счет привлечения дополнительных объемов перевозок.

С учетом этого фактора, а также с учетом выплат за просрочку доставки грузов экономия от проследования маршрута (поезда) без переработки может быть определена следующим образом:

$$\Delta_{\text{э}} = m \cdot (T_{\text{эк}} \cdot e_{\text{в-ч}} + t_{\text{эк}} \cdot (E_{\text{шт}} + \Pi) / t_{\text{дост}}), \quad (1)$$

где  $m$  - состав поезда, ваг.;  $T_{\text{эк}}$  - приведенная экономия от проследования станции без переработки в час на один вагон;  $e_{\text{в-ч}}$  - расходная ставка вагоно-часа, тг.;  $t_{\text{эк}}$  - экономия времени на один вагон при проследовании станции без переработки, ч;  $E_{\text{шт}}$  - выплаты штрафа за просрочку доставки груза, приходящиеся на один вагон рабочего парка для рассматриваемого направления и рода груза, тг.;  $\Pi$  - прибыль, от перевозки, приходящаяся на один вагон рабочего парка для рассматриваемого направления и рода груза, тг.;  $t_{\text{дост}}$  - фактическое время доставки, ч.

С учетом выражения (1) условие целесообразности выделения струи в самостоятельное назначение (формирование поезда повышенной транзитности) представляет собой выражение:

$$\text{ст} \cdot \delta \cdot N \cdot (T_{\text{эк}} + t_{\text{эк}} \cdot (E_{\text{шт}} + \Pi) / t_{\text{дост}}) \cdot e_{\text{в-ч}}, \quad (2)$$

где  $\text{ст}$  - суточные затраты вагоно-часов на накопление;  $N$  - суточный вагонопоток выделяемой струи.

Величины, входящие в выражения (1) и (2) не имеют фиксированных значений. Тем не менее, с их помощью можно дать оценку вариантам изменения плана формирования поездов. Выполненные расчеты показывают, что с учетом фактора возможного увеличения доходов за счет ускорения доставки грузов, в выражении (2) правая часть увеличивается в 1,5 – 3 раза. А это значит, что во столько же оправдано и увеличение транзитности вагонопотока. Конечно, это в большей мере касается направлений, дублируемых другими видами транспорта и особенно для небольших по дальности перевозок.

Система графического обеспечения перевозочного процесса должна, на наш взгляд, состоять в следующем. В соответствии с за-

ранее разработанным календарным планом, максимально учитывающим интересы грузовладельцев по отправлению грузов, в строго установленное время подаются под загрузку порожние вагоны. При этом календарный план погрузки разрабатывается таким образом, чтобы была возможность на станции сбора местного груза формировать поезда повышенной транзитности. Поэтому план формирования технических станций отчасти переменный. Он позволяет в соответствии с поступлением вагонов, отгружаемых по календарному плану, формировать маршрутные поезда. Иными словами, имеются назначения, которые попеременно (в увязке с календарным планом погрузки) меняют друг друга – сегодня формируется одно назначение, завтра другое и т. д. Переменные назначения подбираются таким образом, чтобы с одной стороны сократить простой под накоплением, с другой – максимально исключить переработку вагонов на попутных станциях – ускорить их доставку[3].

Внедрение рассматриваемой технологии должно проводиться постепенно с ввода одного-двух переменных назначений для каждой технической станции. Эти назначения должны быть, если не маршрутами, то поездами повышенной транзитности (технические маршруты). Выбираться они должны посредством анализа существующей погрузки в регионе, с учетом потенциальных возможностей по переключению дополнительных объемов перевозок с других видов транспорта на железнодорожный. Вместе с тем, для достижения максимальной эффективности рассматриваемой технологии важно, чтобы в этом было задействовано и максимальное количество технических станций направления, для которого предполагается формирование поездов повышенной транзитности.

Основным элементом такой технологии должна стать графико-календарная отправка грузов, когда в зависимости от адресного распределения погрузки, станциям полигона (участка, отделения, дороги) назначается график отгрузки. В определенный день (период) будет назначена погрузка в один адрес назначения груза (станция, участок, отделение), в следующий день (период) в другой и т.д. А регламентный сбор груза со станций полигона позволит сконцентрировать его по определенным назначениям на технической станции, причем в заранее известных объемах. Это, в свою очередь, позволит с минимальным простоем под накоплением на данной станции и с сокращением простоя на попутных технических станциях доставить груз на станцию (район) назначения.

Выполненный анализ погрузки по ряду дорог (Астанинская, Карагандинская, Алматинская) показал наличие реальных возможностей по реализации выше представленной технологии. Установлено, что при такой технологии значительно (для рассмотренных полигонов в 1,5 – 2 раза) возрастет скорость доставки грузов при одновременном сокращении эксплуатационных расходов на перевозки. А это особенно важно при доставке грузов на небольшие расстояния, для привлечения дополнительных объемов перевозок [3].

## Литература

1. Апатцев В. И., Волков В. С. Совершенствование системы организации грузовых перевозок на железнодорожном транспорте / Наука и техника транспорта. – 2005. - № 1. – С.13-16.
2. Кобдилов М.А., Мустапаева А.Д. Развитие системы управления грузопотоками во взаимодействии с автоматизированной системой управления перевозками / Проектирование, строительство и эксплуатация транспортных сооружений: межвузовский сборник научных трудов КазАТК. – 2003. - № 13. - С.13-16.
3. Камзина А.Д., Айкумбеков М.Н. Технология прогнозирования пропускания поездов по железнодорожным полигонам / Материалы Международной научно-технической конференции «Совершенствование конструкций системы эксплуатации транспортной техники». – 2009. – С. 247-251.

Связь с автором: muslim050182@mail.ru

---

*В.В. Артюхин, С.А. Тергеусизова*

### **СДЕРЖИВАЮЩИЕ ФАКТОРЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ POWERLINE COMMUNICATIONS**

Алматинский университет энергетики и связи  
г. Алматы, Казахстан

Технология PLC (Power Line Communications - коммуникации по силовым линиям), также называемая PLT (Power Line Telecoms), является проводной технологией, направленной на использование кабельной инфраструктуры силовых электросетей для организации высокоскоростной передачи данных и голоса. В зависимости от скорости передачи делится на широкополосную (BPL) со скоростью более 1 Мбит/с и узкополосную (NPL).

Сеть может передавать голос и данные, накладывая аналоговый сигнал поверх стандартного переменного тока частотой 50 Гц или 60 Гц. PLC включает BPL (англ. Broadband over Power Lines — широкополосная передача через линии электропередачи), обеспечивающий передачу данных со скоростью более 1 Мбит/с, и NPL (англ. Narrowband over Power Lines — узкополосная передача через линии электропередачи) со значительно меньшими скоростями передачи данных.

Электропроводка — совсем не простая среда для передачи данных, поскольку ее качественные показатели подвержены флуктуациям. Впрочем, за последние годы производителям оборудования удалось найти способы преодоления большинства барьеров на пути передачи цифровых данных по бытовой электросети.

Одна из основных проблем связана с большим затуханием сигналов на определенных частотах, что ведет к потере данных. Чтобы избежать этого, применяемый метод предусматривает динамическое включение и выключение передачи сигнала (dynamically turning off and on data-carrying signals). Устройство PLC осуществляет постоянный мониторинг канала передачи с целью выявления проблемного участка спектра, на котором превышен порог затухания. При его обнаружении использование соответствующих частот прекращается до восстановления нормального значения затухания. Так удается обеспечить электромагнитную совместимость и избежать взаимного влияния между основными источниками сигнала.

Решение проблемы помехоустойчивости стало возможным с появлением цифровых сигнальных процессоров DSP, позволивших, в частности, реализовать метод мультиплексирования с ортогональным разделением частот (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM). Он взят на вооружение практически всеми производителями PLC. Суть его в том, что основной сигнал разбивается на несколько составляющих, каждая передается на собственной частоте с компенсацией помех. На выходе из этих составляющих формируется суммарный результирующий сигнал. В бытовой электросети большое влияние на передачу сигнала оказывают краткосрочные импульсные помехи (до 1 мкс), источниками которых могут служить пусковые токи мощных бытовых электроприборов с электрическими двигателями (лампы дневного света, микроволновые печи, электродрели, компрессоры холодильников). Достоинство технологии PLC заключается в том, что при разрыве соединения вследствие помех его можно быстро восстановить. Впрочем, сеть PLC и сама может влиять на работу бытовых устройств (радиоприемников и телевизоров), однако лишь в том случае, если они располагаются на расстоянии менее 30—40 см от электропроводки. В нашей стране внедрению технологии PLC препятствует и использование алюминия в качестве материала проводящей среды, а также неоднородность среды передачи (например, скрутка «алюминий-медь»). Алюминий обладает худшей по сравнению с медью электропроводностью в результате затухание сигнала довольно велико. В последние годы PLC развивалась весьма успешно. Технология интенсивно совершенствуется, поэтому уязвимых мест становится все меньше. Если в спецификации HomePlug 1.0 базовая скорость передачи данных по бытовой электропроводке внутри помещений составляла 14 Мбит/с, то сегодня оборудование PLC способно обеспечить скорость подключения здания к Internet до 200 Мбит/с, при этом сфера его применения не ограничивается рамками внутреннего использования. Основываясь на опыте развертывания сетей PLC в нескольких российских городах, специалисты компании «ЭлектроКом» указывают, что скорость доступа у абонента сильно варьируется в зависимости от структуры и качества электропроводки в доме и квартире.

Отечественные линии электропередачи отличаются высоким уровнем шумов, быстрым затуханием высокочастотного сигнала, с помощью которого осуществляется передача данных, а также изменениями ее параметров во времени. Развертыванию сетей PLC зачастую препятствует физический износ электропроводящей среды в эксплуатируемых зданиях: на искрящей проводке непросто добиться приемлемых скоростей. Как отмечает Михаил Айзман, вице-президент «Электро-Ком», индивидуальная скорость подключения абонента по сети PLC иногда не превышает 100 Кбит/с, а причиной тому могут стать плохие контакты, оголенные провода, незатянутые винты — все это вносит дополнительные помехи для сигнала PLC. Поэтому до запуска сети PLC в коммерческую эксплуатацию желательно протестировать ее в реальных условиях.

---

*Р.В. Беляевский*

## **КОМПЛЕКСНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ SMART GRID**

Кузбасский государственный технический  
университет им. Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово, Россия

За последние годы в результате проводимой реформы электроэнергетики возникло большое количество территориальных сетевых организаций (ТСО), которые оказывают услуги по передаче электрической энергии потребителям. Следует отметить, что в настоящее время существенная доля затрат ТСО связана с технологией передачи и распределения электроэнергии. Ежегодный рост электропотребления, как существующими потребителями, так и вновь подключаемыми абонентами, при отсутствии проведения мероприятий по реконструкции электрических сетей приводит к значительным перегрузкам сетевого оборудования (трансформаторов, линий электропередачи и др.), снижению надежности передачи и распределения электрической энергии и росту ее потерь. В отдельных распределительных сетях потери электроэнергии могут достигать до 50 % от общего объема передаваемой электроэнергии.

Выполняемый нами ежегодный аудит технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям ТСО показал, что в таких сетях имеется значительная доля потерь электроэнергии, обусловленная их неэффективным (нерациональным) построением. Это связано с тем, что конфигурация электрических сетей и установленное сетевое оборудование остались прежними, а нагрузка за последние десятилетия существенно изменилась. В результате имеет место недогрузка одних элементов сети и перегрузка

других, что приводит к увеличению потерь холостого хода в недогруженных элементах электрической сети и нагрузочных потерь в элементах сети, подвергающихся перегрузке.

Существенное влияние на потери электроэнергии в электрических сетях ТСО оказывают также перетоки реактивной мощности. Наличие значительных перетоков реактивной мощности ухудшает режим напряжения, снижает пропускную способность электрических сетей, приводит к увеличению потерь электроэнергии и другим отрицательным последствиям. При этом одной из основных причин увеличения перетоков реактивной мощности является снижение уровня загрузки потребителей и сетевого оборудования [3].

Вместе с тем, Указом Президента РФ от 04.06.2008 № 889 [1] и Энергетической стратегией России на период до 2030 года [2] предусмотрено снизить энергоемкость ВВП не менее чем на 40 % к 2020 году. Данное снижение должно быть достигнуто, в том числе за счет модернизации и развития электросетевой инфраструктуры, а также реализации потенциала организационного и технологического энергосбережения в электросетевом комплексе. Это, в свою очередь, требует применения современных подходов к оптимизации электрических сетей, которые бы были научно и технически обоснованы и при этом обеспечивали высокий экономический эффект.

В настоящее время в России наблюдается растущий интерес к интенсивно развивающемуся во всем мире направлению оптимизации электрических сетей, получившему название Smart Grid («умные» электрические сети). В общем случае под Smart Grid понимается концепция полностью интегрированной, саморегулирующейся и самовосстанавливающейся электрической сети, управляемой единой системой информационно-управляющих устройств в режиме реального времени [4].

Система Smart Grid представляет собой программно-аппаратный комплекс, включающий в себе несколько основных подсистем: интеллектуальные информационно-измерительные системы (Smart Metering), динамическое управление электрической сетью (Dynamic Grid Management) и регулирование нагрузки (Demand Response). Интеллектуальные информационно-измерительные системы позволяют осуществлять технический учет потребления электроэнергии в реальном времени и с высокой точностью. На основании информации о фактическом режиме работы сети можно выполнять прогнозирование электропотребления, а также осуществлять оперативное управление режимами электрической сети путем автоматического регулирования нагрузки, отключения части потребителей, управления устройствами компенсации реактивной мощности, включения дополнительных генерирующих источников и т. п.

Внедрение системы Smart Grid в электрических сетях ТСО позволит оптимизировать данные сети по нагрузке, реактивной мощности и напряжению, приведет к снижению потерь электроэнергии, значительно повысит ее качество. В результате это будет способство-

вать снижению эксплуатационных издержек ТСО и повышению надежности и энергоэффективности передачи и распределения электрической энергии. Поэтому на сегодняшний день концепция «умных» электрических сетей Smart Grid должна рассматриваться как основа для обеспечения устойчивого развития электросетевого комплекса, построенного на инновационных подходах.

### Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 04.06.2008 № 889. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики.
2. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года: утв. Правительством Рос. Федерации 13.09.2009.
3. Ефременко В.М., Беляевский Р.В. Анализ коэффициента загрузки силовых трансформаторов в электрической сети промышленного предприятия / Вестн. Кузбасского гос. тех. унив. – 2010. – № 6. – С. 69-71.
4. Кобец Б.Б., Волкова И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. – М.: ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.

Связь с автором: [belaevsky@mail.ru](mailto:belaevsky@mail.ru)

---

*А.А. Ержан, З.К. Куралбаев*

### **АКТИВНЫЕ ФИЛЬТРЫ С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ СОПРОТИВЛЕНИЯ И ИХ АНАЛИЗ**

Казахский национальный технический  
университет им. К.И. Сатпаева  
г. Алматы, Казахстан

Доклад посвящен анализу фильтров с преобразователями сопротивления. Известно, что в настоящее время преобразователи сопротивления широко используются для реализации безиндуктивных фильтров [1]. Особый практический интерес представляют преобразователи сопротивления на интегральных операционных усилителях. Известны различные схемы таких преобразователей и фильтров.

Актуальными являются исследования и реализации преобразователей сопротивления на операционных усилителях (ОУ), позволяющие получить высокостабильные схемы фильтров.

Для построения активных RC – фильтров могут быть использованы различные преобразователи сопротивления на ОУ (гираторы,

мутаторы, четырехполюсники, реализующие частотно-зависимые отрицательные сопротивления). Применение частотно-зависимых отрицательных сопротивлений уменьшает необходимое число операционных усилителей для безиндуктивной реализации низкочастотных и полосовых фильтров. Эти фильтры имеют весьма низкую чувствительность к изменению параметров схемы.

В любой L, R, C- схеме можно смоделировать индуктивность с помощью гираторов, мутаторов [2] и емкостей.

Идеальный гиратор представляет собой четырехполюсник, описываемый уравнениями

$$u_1 = R_{12} i_2; u_2 = R_{11} i_1; \quad (1)$$

где  $R = \frac{1}{q}$  – вещественная постоянная, называемая сопротивлением гирации (соответственно проводимостью гирации).

Если к выходным зажимам гиратора присоединить нагрузку с сопротивлением  $Z_H$ , то входное сопротивление

$$Z_{вх} = \frac{R^2}{Z_H}. \quad (2)$$

Следовательно, гиратор обладает свойством инвертирования иммитанса. Так, идеальный гиратор, нагруженный емкостью C, эквивалентен индуктивности.

Гираторное полосовое звено на двух ОУ имеет стабильность частотных характеристик не хуже, чем звенья на трех ОУ при одинаковом числе емкостей и меньшем числе резисторов. Гираторное полосовое звено второго порядка можно видоизменить, чтобы получить звенья второго порядка для фильтров низких частот (ФНЧ) и фильтров высоких частот (ФВЧ). Необходимо отметить, что в гираторных звеньях имеется возможность независимой регулировки основных параметров путем увеличения сопротивлений резисторов. Схема отвечает требованиям технологии изготовления интегральных схем. Это позволяет сделать вывод о перспективности использования гираторного звена в качестве унифицированного блока для построения активных RC-фильтров.

Для синтеза линейных цепей могут применяться мутаторы [2], в частности, L-R-мутатор преобразует сопротивление. Продольная незаземленная индуктивность, физически реализуемая при помощи мутаторов, будет иметь хорошее качество лишь при весьма тщательном согласовании параметров обоих мутаторов. Требования к согласованию мутаторов аналогичны требованиям к согласованию параметров заземленных гираторов, реализующих незаземленную индуктивность.

Поэтому рассматриваемые преобразователи сопротивления могут быть представлены эквивалентной схемой. Наличие в схеме управляемого источника напряжения с ненулевым выходным сопротивлением объясняется тем, что выходной зажим совпадает с выходом одного из операционных усилителей, которые считаются идеальными. Возможность реализации управляемого источника напряжения в качестве составной части гиратора позволяет уменьшить общее число необходимых ОУ.

### Литература

1. Жунусов З. А., Миронов В.Г., Пуньков И. М. Адаптивная стратегия при анализе нелинейных схем на ЭВМ 1989г. Том 32. № 7 Радиоэлектроника /Изв. высш. учебных заведений/ С.11 – 16.
2. Власов А.И., Петренко А.И., Тимченко А.П. Табличные методы моделирования электронных цепей на ЭЦВМ.-Киев: Виц.шк. 1977.-192с.
3. Чуа Л.О. и др. Машинный анализ электронных схем / Пер. с англ. По ред. В.Н. Ильина. –М.: Энергия, 1980. -636с.
4. Ержан А.А., Жунусов З.А. Уравнения в гибридных координатных базах. Сборник трудов // I-ая Международная научно-практическая конференция - 2010г.-Алматы.-с.145-152
5. Ержан А.А., Жунусов З.А. Метод последовательного частичного LU – разложения для анализа в частотной области. Вестник АУЭС. 2010, № 3/2(10). – с.88-91

Связь с автором: [erjanasel@gmail.com](mailto:erjanasel@gmail.com)

---

*И.А. Зимовец, Д.О. Филатов*

### **О МЕХАНИЗМЕ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ДИОДОВ НА БАЗЕ Si:ER ПРИ ОБРАТНОМ СМЕЩЕНИИ**

Нижегородский государственный  
университет им. Н.И. Лобачевского  
г. Нижний Новгород, Россия

Одной из наиболее актуальных задач современной оптоэлектроники является создание на базе традиционной кремниевой технологии твердотельных излучающих элементов и фотодетекторов, работающих в области длин волн 1,5 мкм. В самом кремнии отсутствуют свойства, требуемые для получения таких приборов. Кремний является непрямозонным полупроводником и эффективность межзонной рекомбинации в нем очень низка. Чтобы при рекомбинации электрона и дырки образовался фотон, должны одновременно вы-

полняться закон сохранения энергии и импульса, то есть энергия фотона должна равняться ширине запрещенной зоны [1].

Одним из способов использования кремния для люминесценции является легирование кремния люминесцентными атомами, которые будут светиться в среде кремния- одним из таких активным включением является Er., который формирует в кристаллической решетке эффективные центры излучательной рекомбинации с участием Si. В спектре люминесценции центра, содержащего трехрядный ион эрбия, наблюдается узкая температурно-независимая линия на длине волны 1,54 мкм, ответствующий минимуму потерь и дисперсии в кварцевых волокнах. Это позволяет создавать опто-электронные приборы на основе Si :Er и использовать их в системах волоконно-оптических линий связи.

В результате исследований были найдены условия формирования эрбиевых центров в кремнии, обеспечивающих наличие фото- и электролюминесценции на длине волны 1,54 мкм, установлено, что при комнатной температуре интенсивность электролюминесценции (ЭЛ) в диодных структурах Si/Si:Er/Si в режиме пробоя p/n-перехода при обратном смещении заметно превосходит наблюдаемую при прямом смещении и сильно зависит от концентраций мелких доноров и акцепторов в активном слое Si:Er. Свойства Si:Er слоев зависят от технологии их получения.

В большинстве работ по эрбиевой электролюминесценции (ЭЛ) в структурах Si/Si:Er/Si с p—n переходом в режиме пробоя при обратном смещении для объяснения наблюдаемых эффектов предполагается, что возбуждение ЭЛ на длине волны  $\lambda \approx 1,54$  мкм в 4f-оболочке ионов эрбия обусловлено передачей им энергии горячими электронами зоны проводимости, представленные в [3]. Для модели [2] зонная диаграмма перехода  $p^+$ -Si/n-Si:Er рассчитывалась на базе решения уравнения Пуассона:

$$\frac{d^2\phi}{dz^2} = \frac{eN}{\epsilon\epsilon_0}, \quad (1)$$

где  $\phi(z)$  – профиль потенциала для электронов,  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость Si,  $\epsilon_0$  – диэлектрическая постоянная,  $e$  – элементарный заряд,

$$N(z) = p(z) - n(z) + N_{Er}^+(z) + N_p^+(z) - N_B^-(z), \quad (2)$$

$$\text{где } p(z) = N_v F_{1/2} \left[ \frac{E_v(z) - F_p}{k_B T} \right] \quad (3)$$

– концентрация дырок в валентной зоне,  $N_v$  — эффективная плотность состояний в валентной зоне Si,  $F_p$  — квазиуровень Ферми для дырок,  $k_B$  — постоянная Больцмана,  $T$  — абсолютная температура,

$$F_{1/2} \zeta = \int_0^{\infty} \frac{\sqrt{\xi}}{\exp \xi - \zeta + 1} d\xi \quad (4)$$

– интеграл Ферми порядка  $1/2$ ,

$$n z = N_c F_{1/2} \left( \frac{F_n - E_c z}{k_B T} \right) \quad (5)$$

– концентрация электронов в зоне проводимости,  $N_c$  — эффективная плотность состояний в зоне проводимости Si,  $F_n$  — квазиуровень Ферми для электронов В этом случае решение уравнения Пуассона:

$$\phi z = -\frac{eN_A^-}{2\epsilon\epsilon_0} z - l_p^2 + \frac{E_{cp}}{e}, -l_p < z < 0, \quad (6)$$

где  $l_p = \sqrt{\frac{2\epsilon\epsilon_0 V_p}{eN_A^-}}$

– толщина части ОПЗ, приходящаяся на слой  $p^+$ -Si,  $V_p$  – доля контактной разности потенциалов  $p^+n$  перехода .

При решении системы дифференциальных уравнений в частных производных (PDE) рекомендуется использовать расширение математического пакета Matlab – пакет femlab. Программное обеспечение выполняет конечноэлементный анализ вместе с адаптивным построением сетки, используя целый ряд численных решателей. Большой интерес представляет реализация в среде Matlab(femlab) новый тип разностных схем – бикомпактные схемы. Решение задач в слоистых средах сложно тем, что трудно построить аппроксимацию, дающую высокий порядок точности на стыках сред. Если задавать сетку так, что граница сред лежит между узлами сетки, то построить аппроксимацию сложно- приходится выбирать сетку так, чтобы ее узлы попадали на границы слоев.

## Литература

1. А.А.Андреев, В.Б.Воронков, В.Г.Голубев, А.В.Медведев, А.Б.Певцов Влияние термического отжига на интенсивность полосы фотолюминесценции 1,54 мкм в легированном эрбием гидрогенизированным аморфном кремнии. // Физика и техника полупроводников.- 1999.-том 33.-№1.-С.106-110.

2. В.Х. Кудоярова, А.Н.Кузнецов, Е.И. Теруков, О.Б.Гусев, Ю.А. Кудрявцев и др. Влияние кислорода на интенсивность фотолюминесценции Er ( 1.54 мкм) в пленках –Si:H, легированных эрбием. // Физика и техника полупроводников.- 1998.-том 32.-№11-С.1384-1390.

*М.Н. Илюшечкин, И.Ф. Будагян*

## **ВЛИЯНИЕ МНОГОСЛОЙНОЙ СРЕДЫ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ**

Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА)  
г. Москва, Россия

Спектр сигнала с длительностью импульса порядка наносекунды является (в общем случае) сверхширокополосным (СШП). В современной науке и технике СШП сигналы используются достаточно широко [1], например, позволяя создавать сверхскоростные системы связи при относительно низкой сложности и стоимости системы. Однако, сверхширокополосность спектра приводит к определенным проблемам, связанным с несовпадением формы излученных сигналов и временной структуры поля при их отражении и распространении в различных средах, а также к снижению характеристик по дальности из-за потерь энергии.

Схематично процесс распространения импульса в многослойной среде представлен на рис. 1. Импульс  $S(t)$  падает из полубесконечной среды 0 на систему из  $n$  слоев (1,2,... $n$ ) конечной толщины, и распространяется в полубесконечную среду выхода  $n+1$ . На границах слоев происходит многократное отражение и преломление импульса, что в итоге дает два результирующих сигнала: отраженный обратно  $G(t)$  и прошедший  $G_n(t)$ .

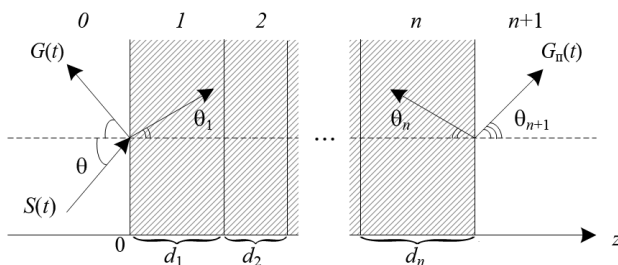


Рис. 1. Геометрия задачи

Нахождение форм отраженного  $G(t)$  и прошедшего  $G_n(t)$  сигналов осуществляется с использованием спектров амплитудных коэффициентов отражения

$$R = (Z_{\text{вх}} - Z_0) / (Z_{\text{вх}} + Z_0) \quad (1)$$

и прозрачности

$$T = 2Z_{\text{вх}} / (Z_{\text{вх}} + Z_0) \quad (2)$$

многослойной среды при помощи обратного преобразования Фурье:

$$G(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S(\omega) R(\omega) e^{-j\omega t} d\omega, \quad (3)$$

$$G_n(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S(\omega) T(\omega) e^{-j\omega t} d\omega \quad (4)$$

где  $S(\omega)$  – спектр падающего импульса;  $Z_0$  – импеданс среды падения;  $Z_{\text{вх}}$  – входной импеданс.

Расчет  $Z_{\text{вх}}$  удобно выполнять по последовательной схеме от последнего слоя к первому (в формуле  $Z_{\text{вх}}$  соответствует  $Z_{\text{вх}}^{(1)}$ ):

$$Z_{\text{вх}}^{(k)} = \frac{Z_{\text{вх}}^{(k+1)} + jZ_k \operatorname{tg}\theta_k}{Z_k + jZ_{\text{вх}}^{(k+1)} \operatorname{tg}\theta_k} \cdot Z_k, \quad k = n, n-1, \dots, 1, \quad (4)$$

где  $Z_{\text{вх}}^{(k)}$  – входной импеданс  $k$ -го слоя;  $Z_k$  – его собственный импеданс;  $\theta_k$  – угол вхождения импульса в слой (рассчитывается по формуле Снеллиуса). При этом  $Z_{\text{вх}}^{(k+1)} = Z_{k+1}$ , когда  $k = n$ .

Для оценки характеристик распространения импульса в многослойной среде введем два критерия: относительное количество отраженной энергии  $\eta$  и степень повторяемости  $\delta$  прошедшим сигналом формы исходного импульса:

$$\eta = \int_{-\infty}^{+\infty} G^2(t) dt / \int_{-\infty}^{+\infty} S^2(t) dt, \quad (5)$$

$$\delta = 1 - \int_{-\infty}^{+\infty} |S(t)| - |G_n(t)| dt / \int_{-\infty}^{+\infty} |S(t)| + |G_n(t)| dt. \quad (6)$$

Значения коэффициентов  $\eta$  и  $\delta$  лежат в диапазоне от 0 до 1, случай  $\eta = 0$  соответствует полному прохождению импульса,  $\delta = 1$  –

полному совпадению форм прошедшего сигнала и падающего импульса.

Рассматривать будем наносекундные импульсы единичной амплитуды канонических форм:

1) гауссов симметричный:  $S(t) = \exp(-at^2)$  и

2) прямоугольный:  $S(t) = \begin{cases} 1, & -\tau/2 \leq t \leq \tau/2 \\ 0, & t < -\tau/2, t > \tau/2 \end{cases}$ .

Для расчетов взяты значения параметров ( $a = 18,4 \cdot 10^{-18}$  и  $\tau = 10^{-9}$ ), при которых длительность импульсов составляет 1 нс. Кроме того, считается, что импульс падает из вакуума и распространяется в среду выхода – вакуум.

Изменить в лучшую сторону характеристики распространения импульсов через многослойную структуру позволяет применение метаматериалов – искусственно сформированных сред, основным свойством которых является отрицательность диэлектрической и (или) магнитной проницаемостей. Применение таких материалов в конструкциях антенн позволяет значительно продвинуться в области создания электрически малых антенн [2]. В то же время метаматериалы перспективны с точки зрения уменьшения искажения излучаемых сигналов, для создания помехозащищенных систем связи и систем малой заметности.

В работе [3] приведена модель микрополосковой спиральной антенны в многослойной среде на основе метаматериалов, с параметрами слоев, обеспечивающих сохранение формы полевой диаграммы направленности в широком диапазоне волн и формы излученных наносекундных импульсов.

Рассмотрим двуслойную конструкцию подложки, соответствующую параметрам антенны и оценим ее видимость. Верхний слой – метаматериал с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_{r1} = -4$  и толщиной 0,5мм (под ним расположен проводящий спиральный элемент антенны) и слой (на который нанесена спираль) с параметрами  $\epsilon_{r2} = 2$  и толщиной 1,2мм. Относительная магнитная проницаемость всех слоев равна единице ( $\mu_r = 1$ ).

Анализ двуслойной структуры проведем с точки зрения уровня отражения  $\eta$  от нее. На рис. 2 представлена характеристика  $\eta$  в зависимости от толщины слоя метаматериала и угла падения при распространении гауссова симметричного импульса. Видно, что для всех углов уровень отражения по мощности не превосходит 10%.

Показано, что можно еще сильнее уменьшить уровень отражения, т.е. заметность антенны, если изменить параметры промежуточного слоя, взяв  $\epsilon_{r2} = 3$ . При этом степень отражения по мощности наносекундных импульсов различных форм от такой структуры можно снизить до уровня 0,5–2% в широком секторе углов падения. А для импульсов гауссова типа практически до нуля. На рис. 3 приве-

дены соответствующие графики для симметричного гауссова (слева) и прямоугольного (справа) наносекундных импульсов.

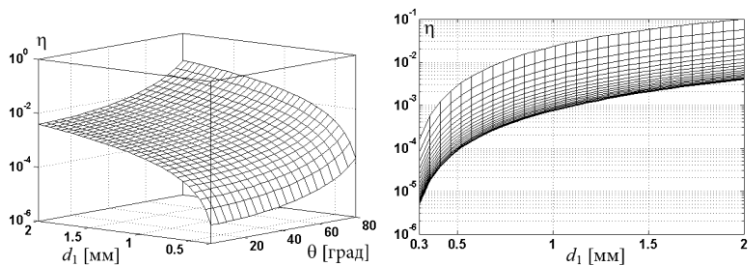


Рис. 2. Уровень отражения гауссова симметричного импульса

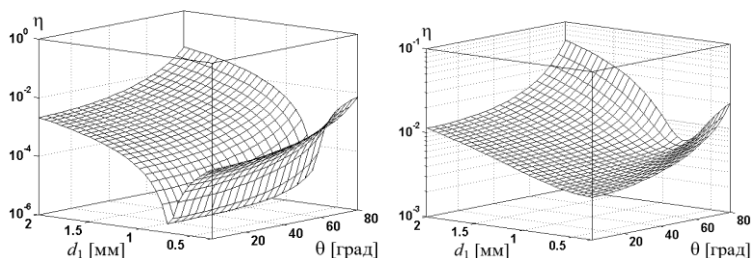


Рис. 3. Снижения уровня отражения при увеличении  $\epsilon_{r2}$

Рассмотрим формы отраженных и прошедших сигналов при параметрах, соответствующих рис. 2 и рис. 3 ( $\epsilon_{r2}$  меняется от 2 до 3), где взято  $d_1 = 0,5$  мм,  $\theta = 30$  градусов. Формы прошедших сигналов представлены на рис. 4: слева – для гауссова симметричного сигнала и справа – прямоугольного. При данных параметрах, формы прошедших сигналов практически полностью повторяют формы падающих импульсов, визуально не имея отличий.

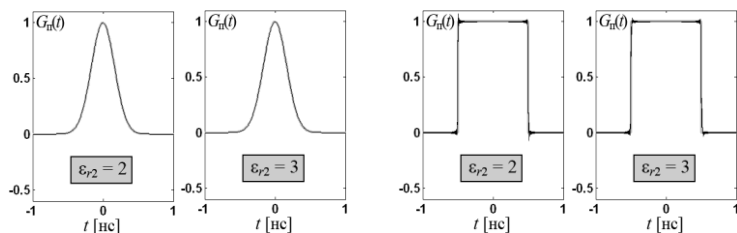


Рис. 4. Формы прошедших сигналов при различных  $\epsilon_{r2}$

Формы отраженных сигналов показаны на рис. 5. Для гауссова симметричного импульса амплитуда отраженного сигнала  $G(t)$  (рис. 5, сверху) приближается к нулю, визуально можно оценить ее уменьшение при увеличении проницаемости диэлектрика  $\epsilon_{r2}$  от 2 до 3; при этом форма остается прежней, хотя для отраженного сигнала это не так существенно. В случае прямоугольного импульса наблюдаются всплески амплитуды на его фронтах в отраженном сигнале (сравнимые с амплитудой исходного импульса), которые становятся несколько меньше при увеличении  $\epsilon_{r2}$  от 2 (рис. 5, снизу-слева) до 3 (рис. 5, снизу-справа).

Учтем наличие спирали в многослойной среде (подложке), пользуясь формулой Максвелла-Гарнетта для двухкомпонентной среды. Считается, что при падении волны линейной поляризации (горизонтально поляризованной) на структуру в виде спирали, последняя разбивается на скаттеры, размеры которых много меньше длины волны. При этом эффективная проницаемость среды

$$\epsilon_{\text{эфф}} = \epsilon_{r1} \left( 1 + \frac{3V(\epsilon_{r2} - \epsilon_{r1})}{\epsilon_{r2} + 2\epsilon_{r1} - V(\epsilon_{r2} - \epsilon_{r1})} \right), \quad (7)$$

где  $\epsilon_{r1}$  – условная относительная диэлектрическая проницаемость среды, в которую внедрена спираль (совокупность скаттеров);  $\epsilon_{r2}$  – комплексная относительная диэлектрическая проницаемость проводящей ( $\sigma = 5,81 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ ) среды (самой спирали);  $V \approx 0,1-0,2$  – относительный объем включения скаттеров в двухкомпонентную среду.

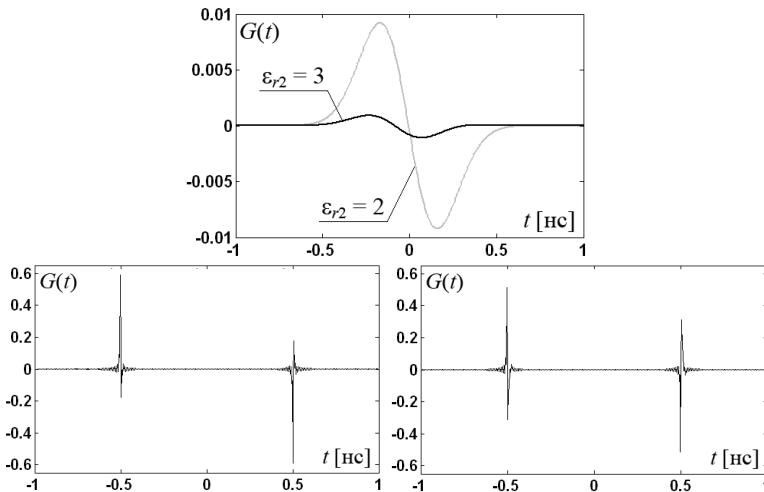


Рис. 5. Формы отраженных сигналов при различных  $\epsilon_{r2}$

Расчет показывает, что для случая  $\epsilon_{r2} = 2$  и  $V = 0,1$ , степень отражения проходящих через структуру антенны импульсов снижается. Это отображено на рис. 6 на примере гауссова симметричного импульса, где параметры расчета соответствуют рис. 2, но дополнительно учитывается влияние спирали.

Снижение степени отражения обусловлено тем, что эффективная проницаемость диэлектрика ( $\epsilon_{r2эфф}$ ) оказывается немного выше, чем его проницаемость без учета спирали  $\epsilon_{r2}$ , и результаты приближаются к полученным выше для случая  $\epsilon_{r2} = 3$  (рис. 3), где не было учета влияния спирали. Конкретнее  $|\epsilon_{r2эфф}| \approx 2,67$  при данных параметрах расчета.

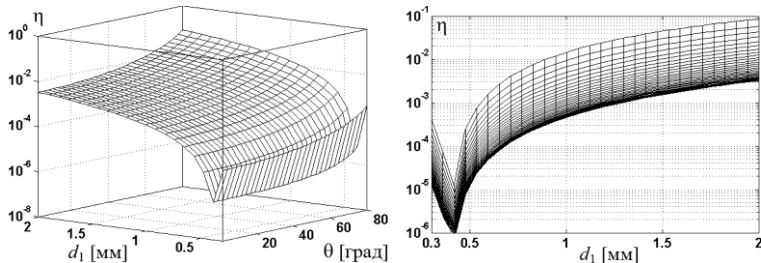


Рис. 6. Уровень отражения гауссова импульса с учетом спирали

Для значений  $d_1 = 0,5$  мм и  $\theta = 30$  град, количество отраженной энергии падающего гауссова симметричного импульса составляет 0,01%, если нет учета спирали, и 0,001% – с учетом спирали, т.е. различается на порядок. Полученные данные подтверждают справедливость результатов, найденных без учета спирали (рис. 2 и 3), а также возможность снижения заметности антенны при выборе параметров, обеспечивающих минимизацию искажения наносекундных импульсов [3].

На рис. 7 представлены характеристики прохождения симметричного гауссова (слева) и прямоугольного (справа) сигналов: количество прошедшей энергии  $\eta_n$  (поверхность белого цвета) и повторяемость формы исходного импульса  $\delta$  (полупрозрачная поверхность);  $\eta_n$  рассчитано по формуле, аналогичной (5), в которой заменена функция  $G(t)$  на  $G_n(t)$ . При тех же параметрах слоя метаматериала и угле падения ( $d_1 = 0,5$  мм и  $\theta = 30$  град) энергетические характеристики  $\eta_n$  и  $\delta$  близки к единице для симметричного гауссова сигнала и к 0,99 для прямоугольного сигнала.

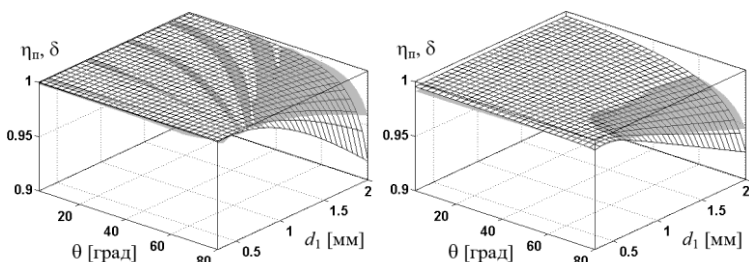


Рис. 7. Характеристики прохождения импульсов при учете спирали

Таким образом, рассмотренный подход к учету влияния многослойной среды на распространение наносекундных импульсов был применен к анализу антенной слоистой структуры. Показано, что даже с учетом влияния проводящего полоскового проводника спирали, обеспечивается достаточно низкий уровень отражения от нее, т.е. снижение заметности, и воспроизведение прошедшим сигналом формы падающего импульса.

### Литература

1. Лазоренко О.В., Черногор Л.Ф. Сверхширокополосные сигналы и физические процессы // Радиофизика и радиоастрономия т. 13, №2, 2008. – с. 166-194.
2. Слюсар В., Метаматериалы в антенной технике: история и основные принципы // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес №8, 2009, – с.66-70.
3. Будагян И.Ф., Ковальчук А.А., Чебышев В.В. Микрополосковая спиральная антенна в многослойной среде на основе диэлектрических и метаматериалов в режиме излучения наносекундных импульсов // 60-ая НТК МИРЭА. Сб. трудов. Ч.3. Технические науки. – М.: МГТУ МИРЭА, 2011. – с.20-25.

Связь с авторами: hexvoltt@gmail.com, budif@yandex.ru

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ КОМПЛЕКСНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН

Днепропетровский национальный  
университет им. Олеся Гончара  
г. Днепропетровск, Украина

В статье приведены результаты автоматизированного измерения комплексного коэффициента отражения (КО) в рабочей полосе частот прямоугольного волновода, сечением 7.2 x 3.4 мм (8-ми мм диапазон длин волн). На рис. 1 приведена структурная схема измерительного комплекса [1].

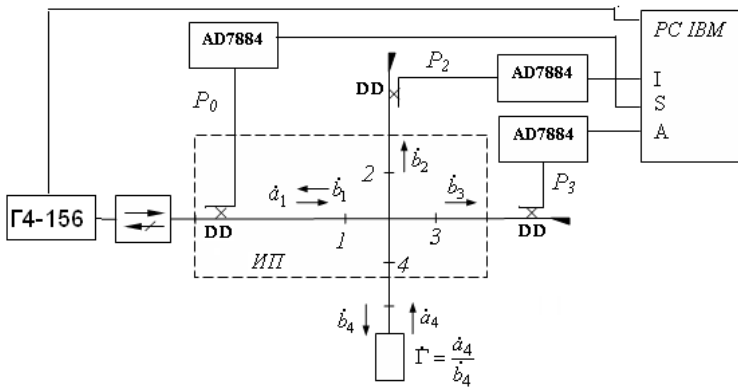


Рис. 1. Структурная схема измерительного комплекса

С использованием десятиполюсного измерительного преобразователя (ИП, рис. 1) неизвестный комплексный КО  $\Gamma$  нагрузки находится из решения системы двух квадратных уравнений [2].

Для тестирования комплекса использовались две скользящие нагрузки: №1 с  $|\Gamma| \approx 0.14$  и №2 с  $|\Gamma| \approx 0.57$ . На рис. 2 приведен графический интерфейс для проведения эксперимента.

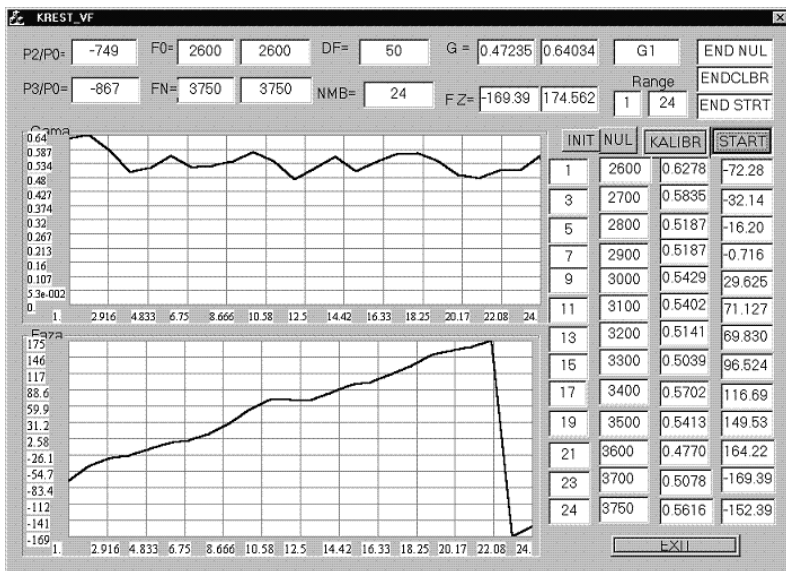


Рис. 2. Графический интерфейс для проведения эксперимента

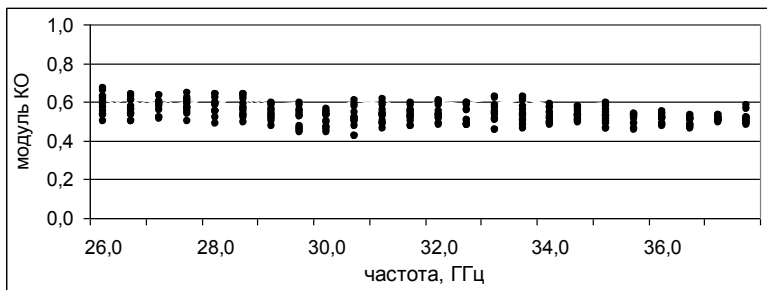
Исходными данными для интерфейса являлись: диапазон частот для сканирования генератора Г4-156 – в данном случае 26 – 37.5 ГГц, и шаг сканирования – 500 МГц или число частотных выборок – 24.

Для калибровки-градуировки индикаторов мощности P0, P2, P3 использовалась согласованная нагрузка с КСВН < 1.04. После подключения согласованной нагрузки, в заданной полосе частот вызывались циклы “коррекция нуля”( для операционных усилителей) и “калибровка”.

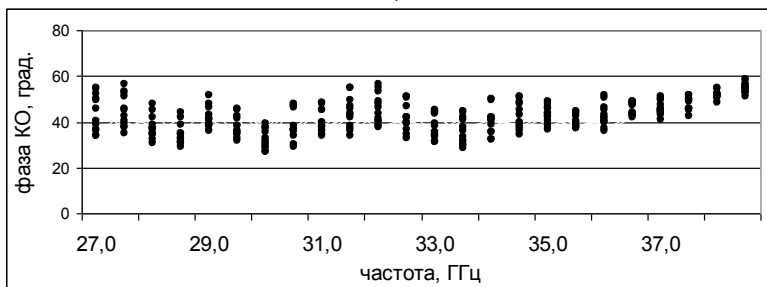
На рис.2 приведены результаты измерения модуля и фазы КО от фиксированного положения нагрузки №2.

Согласно разработанному интерфейсу, методом подвижной нагрузки, находился комплексный КО на заданных частотах. Проведено 12-ть частотных циклов измерений. В каждом последующем цикле местоположение нагрузок изменялось на 1 мм с соответствующим изменением отсчетных плоскостей для коэффициентов матрицы рассеяния крестообразного делителя мощности.

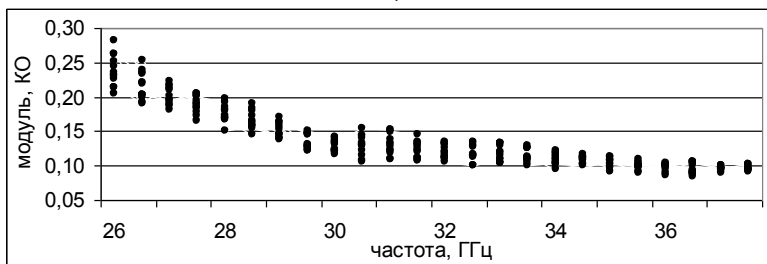
На рис. 3 приведены результаты эксперимента.



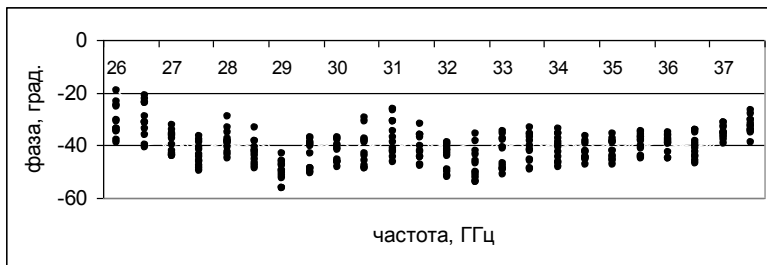
а)



б)



в)



г)

Рис. 3. Частотные зависимости модуля и фазы 12-ти местоположений скользящей нагрузки №2 (а, б) и №1 (в, г)

При крайнем положении скользящих нагрузок, расчетная отсчетная плоскость измерителя устанавливалась в местоположение отражающих неоднородностей с учетом независимости их фаз от частоты. На рис. 3 точками показаны отклонения модуля и фазы от среднего значения. Среднее значение для сдвига фазы между соседними местоположениями – расчетная электрическая длина смещения в 1 мм для каждой частоты. Как следует из рис.3, погрешность нахождения известного сдвига фазы составляет 15 градусов.

В таблице 1 приведены значения среднего модуля КО ( $|\Gamma|$ ) и соответствующих погрешностей ( $d|\Gamma|$ ), рассчитанных по 12-ти положениям скользящей нагрузки на каждой частоте F.

Таблица 1

Параметры подвижных нагрузок

№	F, ГГц	№ 1		№ 2	
		$ \Gamma $	$d \Gamma , \%$	$ \Gamma $	$d \Gamma , \%$
1	26	0,238	18,1	0,589	15,1
2	26,5	0,216	17,1	0,566	13,2
3	27	0,202	10,4	0,576	10,9
4	27,5	0,189	13,0	0,580	13,7
5	28	0,176	14,0	0,576	15,7
6	28,5	0,165	15,0	0,573	14,4
7	29	0,152	12,1	0,542	12,0
8	29,5	0,135	1,60	0,514	15,3
9	30	0,129	9,7	0,506	12,3
10	30,5	0,129	18,7	0,515	18,4
11	31	0,130	17,1	0,534	14,9
12	31,5	0,123	18,3	0,531	11,8
13	32	0,121	12,3	0,545	11,8
14	32,5	0,118	15,0	0,533	11,6
15	33	0,118	13,0	0,540	16,1
16	33,5	0,114	13,2	0,544	15,6
17	34	0,110	13,6	0,527	11,7
18	34,5	0,109	8,4	0,533	8,5
19	35	0,105	12,0	0,528	12,7
20	35,5	0,100	9,7	0,510	10,8
21	36	0,098	12,1	0,511	7,4
22	36,5	0,095	11,7	0,499	7,0
23	37	0,960	6,6	0,511	3,6
24	37,5	0,960	6,1	0,514	13,8

Как видно из таблицы 1, при измерении в полосе частот, когда проведение калибровки прибора и проведение измерения осуществляются в отдельных частотных циклах, погрешность измерения модуля КО достигает 20%, что в два раза больше, чем при проведении измерений на фиксированной частоте [3]. Основным источником по-

грешности при данных измерениях является погрешность в установке частоты генератора Г4-156, равная 1%. Согласно метрологического анализа измерителя, при данных измерениях погрешность в установке частоты должна равняться 0,1%.

На рис. 4 приведены экспериментальные зависимости модуля КО исследуемых нагрузок на 121 частотах.

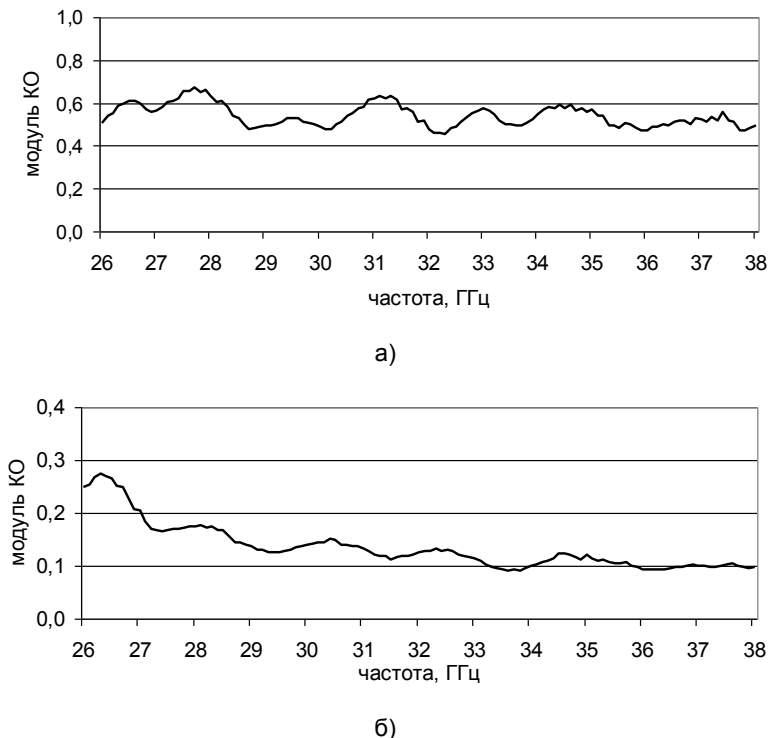


Рис. 4. Результаты измерения модуля коэффициента отражения нагрузки №2 (а) и нагрузки №1 (б) в режиме свипирования на 121 частотах

Согласно рис. 4, измеренные значения модуля КО совпадают с контрольными значениями, которые приведены в таблице 1.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке автоматизированных измерителей комплексного коэффициента отражения миллиметрового диапазона длин волн.

### Литература

1. Карлов В.А., Учет числа высших типов волн в электродинамической модели крестообразного анализатора комплексного коэф-

фициента отражения // VI-я МНК "Актуальные вопросы современной техники и технологии". Сборник докладов. Липецк, 2012. – С. 74-81.

2. Барташевский Е.Л., Карлов В.А.. Векторный СВЧ-рефлектометр на основе четырехплечего делителя мощности // Электронная техника. Сер. 1, Электроника СВЧ. – 1989. – Вып. 1(415). – С. 38-44.

3. Карлов В. А. Разработка и создание сверхвысокочастотных виртуальных осциллографов комплексного коэффициента отражения на основе электродинамического подхода // 21-я Международная Крымская конференция "СВЧ техника и телекоммуникационные технологии". – 2011. – С. 879-880.

Связь с автором: karl0v@mail.ru

---

*К.О. Кобзев, О.О. Баранникова*

## **РАЗВИТИЕ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

Донской государственный технический университет  
г. Ростов-на-Дону, Россия

Современное общество к концу XX века столкнулось с энергетическими проблемами, которые приводили известной степени даже к кризисам. Человечество старается найти новые источники энергии, которые были бы выгодны во всех отношениях: простота добычи, дешевизна транспортировки, экологическая чистота, исполняемость. Уголь и газ отходят на второй план: их применяют только там, где невозможно использовать что-либо другое. Всё большее место в нашей жизни занимает атомная энергия: её можно использовать как в ядерных реакторах космических челноков, так и в легковом автомобиле.

Все традиционные источники энергии обязательно закончатся, особенно при постоянно возрастающих потребностях людей. Поэтому на рубеже XXI века человек стал задумываться о том, что станет основой его существования в новой эре. Есть и другие причины, в связи с которыми человечество обратилось к альтернативным источникам энергии. Во-первых, непрерывный рост промышленности, как основного потребителя всех видов энергии (при нынешней ситуации запасов угля хватит примерно на 270 лет, нефти на – 35 – 40 лет, газа – на 50 лет). Во-вторых, необходимость значительных финансовых затрат на разведку новых месторождений, так как часто эти работы связаны с организацией глубокого бурения (в частности, в морских условиях) и другими сложными и наукоемкими технологиями. И, в третьих, экологические проблемы, связанные с добычей энергетических ресурсов[1]. Не менее важной причиной необходимо-

сти освоения альтернативных источников энергии является проблема глобального потепления. Суть ее заключается в том, что двуокись углерода ( $\text{CO}_2$ ), высвобождаемая при сжигании угля, нефти и бензина в процессе получения тепла, электроэнергии и обеспечения работы транспортных средств, поглощает тепловое излучение поверхности нашей планеты, нагретой Солнцем и создает так называемый парниковый эффект[2].

Электроэнергетика - отрасль промышленности, занимающаяся производством электроэнергии на электростанциях и передачей ее потребителям, является также одной из базовых отраслей тяжелой промышленности. Энергетика является основой развития производственных сил в любом государстве. Энергетика обеспечивает бесперебойную работу промышленности, сельского хозяйства, транспорта, коммунальных хозяйств. Стабильное развитие экономики невозможно без постоянно развивающейся энергетики. Научно-технический прогресс невозможен без развития энергетики, электрификации. Для повышения производительности труда первостепенное значение имеет механизация и автоматизация производственных процессов, замена человеческого труда (особенно тяжелого или монотонного) машинным. Но подавляющее большинство технических средств механизации и автоматизации (оборудование, приборы, ЭВМ) имеет электрическую основу. Особенно широкое применение электрическая энергия получила для привода в действие электрических моторов. Мощность электрических машин (в зависимости от их назначения) различна: от долей ватта (микродвигатели, применяемые во многих отраслях техники и в бытовых изделиях) до огромных величин, превышающих миллион киловатт (генераторы электростанций). Человечеству электроэнергия нужна, причем потребности в ней увеличиваются с каждым годом. Вместе с тем запасы традиционных природных топлив (нефти, угля, газа и др.) конечны. Конечны также и запасы ядерного топлива - урана и тория, из которого можно получать в реакторах-размножителях плутоний[2]. Поэтому важно на сегодняшний день найти выгодные источники электроэнергии, причем выгодные не только с точки зрения дешевизны топлива, но и с точки зрения простоты конструкций, эксплуатации, дешевизны материалов, необходимых для постройки станции, долговечности станций. Энергетическая промышленность является частью топливно-энергетической промышленности и неразрывно связана с другой составляющей этого гигантского хозяйственного комплекса - топливной промышленностью. Электроэнергетика наряду с другими отраслями народного хозяйства рассматривается как часть единой народно-хозяйственной экономической системы. В настоящее время без электрической энергии наша жизнь немислима. Электроэнергетика вторглась во все сферы деятельности человека: промышленность и сельское хозяйство, науку и космос. Представить без электроэнергии наш быт также невозможно. Столь широкое распространение объясняется ее специфическими свойствами:

- возможности превращаться практически во все другие виды энергии (тепловую, механическую, звуковую, световую и другие);
- способности относительно просто передаваться на значительные расстояния в больших количествах;
- огромным скоростям протекания электромагнитных процессов;
- способности к дроблению энергии и образованию ее параметров (изменение напряжения, частоты) [1].

Основным потребителем электроэнергии остается промышленность, хотя ее удельный вес в общем полезном потреблении электроэнергии во всём мире значительно снижается. Электрическая энергия в промышленности применяется для приведения в действие различных механизмов и непосредственно в технологических процессах. В настоящее время коэффициент электрификации силового привода в промышленности составляет 80%. При этом около 1/3 электроэнергии расходуется непосредственно на технологические нужды.

В сельском хозяйстве электроэнергия применяется для обогрева теплиц и помещений для скота, освещения, автоматизации ручного труда на фермах.

Огромную роль электроэнергия играет в транспортном комплексе. Большое количество электроэнергии потребляет электрифицированный железнодорожный транспорт, что позволяет повышать пропускную способность дорог за счет увеличения скорости движения поездов, снижать себестоимость перевозок, повышать экономию топлива. Электрифицированный номинал железных дорог в России, составляя по протяженности 38% всех железных дорог страны и около 3% железных дорог мира, обеспечивает 63% грузооборота железных дорог России и 1/4 мирового грузооборота железнодорожного транспорта. В Америке и, особенно в странах Европы, эти показатели несколько выше. Электроэнергия в быту является основной частью обеспечения комфортабельной жизни людей. Многие бытовые приборы (холодильники, телевизоры, стиральные машины, утюги и другие) были созданы благодаря развитию электротехнической промышленности[1].

Сегодня по потреблению электроэнергии на душу населения Россия уступает 17 странам мира, среди которых США, Франция, Германия, от многих из этих стран отстает и по уровню электрооборуженности труда в промышленности и сельском хозяйстве. Потребление электроэнергии в быту и сфере услуг в России 2-5 раз ниже, чем в других развитых странах. При этом эффективность и результативность использования электроэнергии в России заметно меньше, чем в ряде других стран.

Электроэнергетика - важнейшая часть жизнедеятельности человека. Уровень ее развития отражает уровень развития производительных сил общества и возможности научно-технического прогресса[2].

На размещение различных видов электростанций влияют различные факторы. На размещение тепловых электростанций оказывает основное влияние топливный и потребительский факторы. Наиболее мощные ТЭС расположены, как правило, в местах добычи топлива, чем крупнее электростанция, тем дальше она может передавать электроэнергию. Потребительскую ориентацию имеют электростанции, использующие высококалорийное топливо, которое экономически выгодно транспортировать. Электростанции, работающие на мазуте, располагаются преимущественно в центрах нефтеперерабатывающей промышленности[1].

Так как гидравлические электростанции используют для выработки электроэнергии силу падающей воды, то, соответственно, ориентированы на гидроэнергетические ресурсы. Огромные гидроэнергетические ресурсы мира расположены неравномерно. Для гидростроительства в нашей стране было характерно сооружение на реках каскадов гидроэлектростанций. Каскад-группа ТЭС, расположенных ступенями по течению водного потока для последовательного использования его энергии. При этом помимо получения электроэнергии, решаются проблемы снабжения населения и производства водой, устранения паводков, улучшения транспортных условий. К сожалению, создание каскадов в стране привело к крайне негативным последствиям: потере ценных сельскохозяйственных земель, нарушению экологического равновесия.

Равнинные водохранилища обычно велики по площади изменяют природные условия на значительных территориях. Ухудшается санитарное состояние водоемов: нечистоты, которые раньше выносились реками, накапливаются в водохранилищах, приходится применять специальные меры для промывки русел рек и водохранилищ. Сооружение ГЭС на равнинных реках менее рентабельно, чем на горных, но иногда это необходимо, например, для создания нормального судоходства и орошения[2].

Атомные электростанции можно строить в любом районе, независимо от его энергетических ресурсов: атомное топливо отличается большим содержанием энергии (в 1 кг основного ядерного топлива – урана - содержится энергии столько же, сколько в 2500 т. угля). В условиях безаварийной работы АЭС не дают выбросов в атмосферу, поэтому безвредны для потребителя. В последнее время создаются АТЭЦ и АСТ. На АТЭЦ, как и на обычной ТЭЦ, производится и электрическая и тепловая энергия, а на АСТ только тепловая [1].

Альтернативную энергию повсеместно можно будет использовать только тогда, когда традиционного топлива станет настолько мало, что его цена станет баснословно высокой; или когда экологический кризис поставит человечество на грань самоуничтожения. Уже сейчас можно существенно преуменьшить вероятность парникового эффекта и ликвидировать все экологически неблагоприятные районы за счёт использования чистой альтернативной энергии. Однако этого до сих пор не произошло из-за низкой рентабельности

такого строительства. Никто не хочет вкладывать свои деньги в то, что сможет окупиться только через несколько столетий. Ведь подготовительные работы для использования любого альтернативного источника энергии стоят очень дорого, кроме того, они не всегда безопасны как для людей, так и для окружающей среды. Поэтому моментального введения в эксплуатацию «правильного» источника электричества ожидать в ближайшее время не стоит.

### **Литература**

1. Волков С.Г., Гидроэнергетика, СПб, 1997г.
2. Непорожний П.С., Попков В.И., Энергетические ресурсы мира, М., Энергоатомиздат, 1995г.

Связь с автором: kobzevkirill1990@mail.ru

---

*Л.А. Мигачева, А.В. Стариков, А.Р. Тутов*

### **ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТОМ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МАСЛА**

Самарский государственный технический университет  
г. Самара, Россия

Газоперекачивающие агрегаты магистральных газопроводов имеют в своем составе маслосистемы, оснащенные аппаратами воздушного охлаждения (АВО). Теплообменник АВО обдувается с помощью вентиляторов охлаждающим воздухом, и за счет этого температура масла снижается до необходимого уровня. Вентилятор приводится во вращение асинхронным электродвигателем. В последнее время с целью экономии электроэнергии АВО масла оснащают частотными преобразователями и создают замкнутые по датчикам температуры системы управления.

Особенностью функционирования АВО масла является широкий диапазон изменения температуры охлаждающего воздуха, поэтому известные системы управления АВО требуют перенастройки регуляторов [1]. В связи с этим актуальным является создание таких систем, которые отличаются слабой зависимостью качества регулирования от вариации параметров объекта управления.

Примером может послужить двухконтурная система управления АВО масла, структурная схема которой приведена на рис. 1.

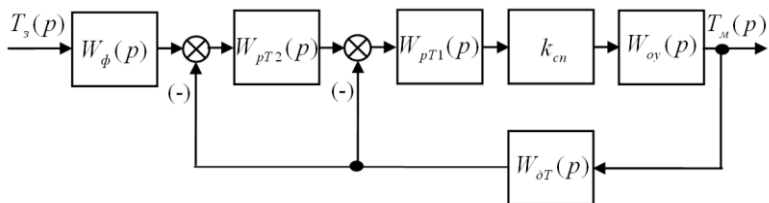


Рис. 1. Структурная схема системы управления АВО масла

На структурной схеме представлены следующие передаточные функции:  $W_{oy}(p)$  – обобщенного объекта управления, под которым понимается совокупность теплообменника, вентилятора и асинхронного электродвигателя;  $W_{пТ1}(p)$  – регулятора первого (внутреннего) контура;  $W_{пТ2}(p)$  – регулятора второго (внешнего) контура;  $W_{дТ}(p)$  – датчика температуры;  $W_{\phi}$  – апериодического фильтра. Частотный преобразователь принят безынерционным звеном с коэффициентом передачи  $k_{сн}$ . На структурной схеме также введены обозначения изображений Лапласа заданной температуры  $T_3(p)$  и температуры масла  $T_m(p)$  на выходе теплообменника.

В объекте управления за входную величину принята частота питающего напряжения  $f_1$ , подаваемого на статорные обмотки электродвигателя, поэтому его передаточная функция по отношению к этому воздействию:

$$W_{oy}(p) = \frac{T_m(p)}{f_1(p)} = - \frac{k_{дв} k_v k_G}{a_{00} p^2 + a_{10} p + 1} \frac{1}{T_v p + 1} \frac{1}{(T_{11} p + 1)(T_{22} p + 1)} \quad (1)$$

где  $k_{дв}$ ,  $k_v$ ,  $k_G$  – коэффициенты передачи двигателя, вентилятора и теплообменника, соответственно;  $a_{00}$  и  $a_{10}$  – коэффициенты, зависящие от параметров схемы замещения электродвигателя и частоты  $f_1$ ;  $T_v$  – постоянная времени вентилятора, являющаяся функцией скорости  $\omega$  его вращения и длины воздуховода;  $T_{11}$  и  $T_{22}$  – постоянные времена теплообменника;  $p$  – комплексная переменная.

Параметры передаточной функции (1) меняются в широких пределах в зависимости от температуры окружающей среды, скорости  $\omega$  вращения вентилятора и частоты  $f_1$  питающего напряжения

на статорных обмотках электродвигателя. Наличие знака «–» объясняется тем, что увеличение частоты  $f_1$  приводит к возрастанию скорости вращения вентилятора и, следовательно, к уменьшению температуры  $T_m$  масла на выходе теплообменника.

Система управления замкнута по датчику температуры, установленному на выходе теплообменника, с передаточной функцией

$$W_{дТ}(p) = \frac{k_{дТ}}{T_{дТ}p + 1}, \quad (2)$$

где  $k_{дТ}$  и  $T_{дТ}$  – коэффициент передачи и постоянная времени датчика, соответственно.

Выбранное построение системы управления АВО масла не случайно. Такой принцип хорошо известен в технике следящих электроприводов и отличается малой чувствительностью к изменению параметров объекта управления.

Регулятор внутреннего контура предназначен для компенсации наибольшей постоянной времени объекта. Поэтому он выбран пропорционально-дифференциальным с передаточной функцией

$$W_{рТ1}(p) = -k_{пд}(T_{пд}p + 1), \quad (3)$$

где  $k_{пд}$  и  $T_{пд}$  – коэффициент передачи и постоянная времени пропорционально-дифференциального (ПД) регулятора.

Знак минус в передаточной функции регулятора учитывает тот факт, что увеличение его сигнала приводит к уменьшению выходной величины. Полагая, что постоянная времени  $T_{22}$  превосходит все другие инерционности объекта, настройка ПД-регулятора должна выбираться из соотношения:

$$T_{пд} = T_{22}. \quad (4)$$

Регулятор второго (внешнего) контура выбирается интегральным с передаточной функцией

$$W_{и}(p) = \frac{1}{T_{и}p}, \quad (5)$$

где  $T_{и}$  – постоянная времени.

Интегральный регулятор предназначен для компенсации всех помех, действующих в замкнутой системе после его выхода.

С учетом выражений (1) – (5) передаточная функция второго замкнутого контура принимает вид:

$$W_2(p) = \frac{T_{дТ}p + 1}{k_{дТ} [a_{02}p^6 + a_{12}p^5 + a_{22}p^4 + a_{32}p^3 + a_{42}p^2 + a_{52}p + 1]}, \quad (6)$$

$$\text{где } a_{02} = \frac{a_{00}T_V T_{11} T_{дТ} T_{и}}{k};$$

$$a_{12} = \frac{a_{00}T_{11}T_V + T_{дТ} a_{10}T_{11}T_V + a_{00}(T_{11} + T_V) T_{и}}{k};$$

$$a_{22} = \frac{a_{10}T_{11}T_V + a_{00}(T_{11} + T_V) + T_{дТ} T_{11}T_V + a_{10}(T_{11} + T_V) + a_{00} T_{и}}{k};$$

$$a_{32} = \frac{[T_{11}T_V + a_{10}(T_{11} + T_V) + T_{дТ}(a_{10} + T_{11} + T_V)]T_{и}}{k};$$

$$a_{42} = \frac{a_{10} + T_{11} + T_V + T_{дТ} T_{и}}{k};$$

$$a_{52} = T_{и}; \quad k = k_{нд}k_{сп}k_{дв}k_{в}k_{г}k_{дТ}.$$

Для исключения форсирования, вызванного соответствующей составляющей в (6), на входе системы установлен апериодический фильтр с передаточной функцией

$$W_{\Phi}(p) = \frac{1}{T_{\Phi}p + 1},$$

где  $T_{\Phi}$  – постоянная времени фильтра, величина которой выбирается из соотношения

$$T_{\Phi} = T_{дТ}.$$

С учетом фильтра передаточная функция всей замкнутой системы

$$W_3(p) = \frac{1}{k_{дТ} [a_{02}p^6 + a_{12}p^5 + a_{22}p^4 + a_{32}p^3 + a_{42}p^2 + a_{52}p + 1]}.$$

Она представляет собой динамическое звено шестого порядка, свойства которого целесообразно исследовать численными методами компьютерного моделирования.

Аналитические изыскания показывают, что при выборе постоянной времени  $T_{и}$  интегрального регулятора в соответствии с формулой

$$T_{и} = \frac{6T_{11}T_{дТ}}{T_{11} + T_{дТ}},$$

а коэффициента передачи ПД-регулятора из соотношения

$$k_{пд} = \frac{T_{11} + T_{дТ}}{0,24T_{и}k_{сп}k_{дУ}k_{V}k_{G}}$$

в системе управления АВО масла будут наблюдаться монотонные переходные процессы. Следует отметить, что расчет параметров регуляторов рассматриваемой системы управления необходимо производить для режима, когда объект имеет наибольшие значения коэффициента передачи и постоянных времени.

Например, для АВО масла типа 06-10 при параметрах обобщенного объекта управления:  $k_G = 1,0043 \text{ с} \cdot \text{град./м}^3$ ;  $T_{11} = 6,8156 \text{ с}$ ;  $T_{22} = 60,4694 \text{ с}$ ;  $k_V = 0,4042 \text{ м}^3/\text{рад}$ ;  $T_V = 1,202 \text{ с}$ ;  $k_{дУ} = 1,57 \text{ рад}$ ;  $a_{00} = 0,1011 \text{ с}^2$ ;  $a_{10} = 0,5939 \text{ с}$ , – и постоянной времени датчика температуры  $T_{дТ} = 40 \text{ с}$ . необходимо выбрать следующие настройки регуляторов:

$$T_{пд} = 60,4694 \text{ с}; k_{пд} = 8,76; T_{и} = 35 \text{ с}; T_{ф} = 40 \text{ с}.$$

При расчетах принято, что коэффициенты передачи силового преобразователя и датчика температуры принципиально равны единице:  $k_{сп} = 1$  и  $k_{дТ} = 1$ .

Моделирование рассматриваемой системы управления АВО масла показывает, что при выбранных настройках регуляторов она устойчиво работает с обеспечением монотонных переходных процессов во всем возможном диапазоне температур охлаждающего воздуха от  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+40 \text{ }^\circ\text{C}$  (рис. 2). Кривая 1 соответствует температуре  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ , а кривая 2 характеризует работу АВО при температуре  $+40 \text{ }^\circ\text{C}$ . При этом время переходного процесса варьируется в пределах  $t_{пн} = 139 \div 466 \text{ с}$ .

Двухконтурная система хорошо обрабатывает и внешние возмущения. Например, при скорости изменения температуры охлаждающего воздуха  $0,00075 \text{ град./с}$  максимальное отклонение темпе-

ратуры на выходе теплообменника от заданного значения составит  $0,022\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис. 3).

Полученные результаты показывают, что рассматриваемая двухконтурная система управления АВО масла является перспективной разработкой. При этом ее техническая реализация может основываться как на применении программируемого контроллера, так и на функциональных возможностях современных частотных преобразователей.

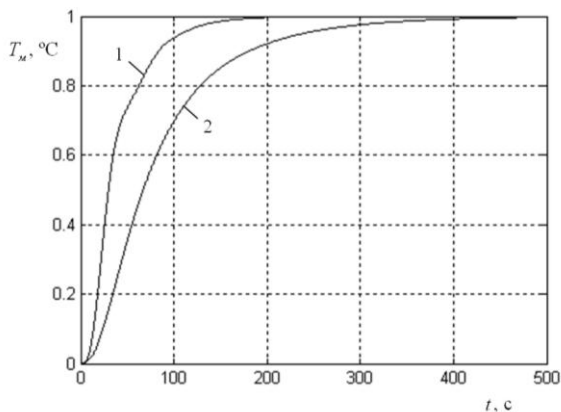


Рис. 2. Графики переходных процессов по управляющему воздействию с учетом вариации параметров объекта управления

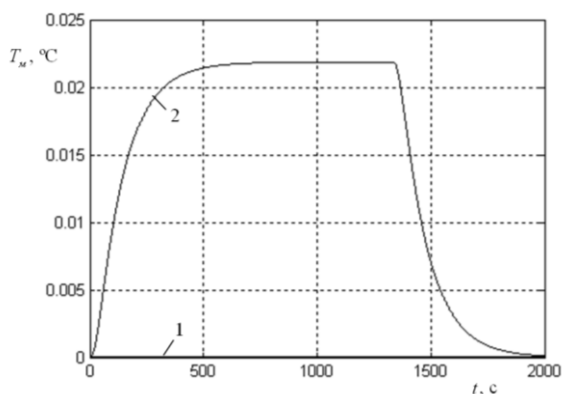


Рис. 3. Графики изменения температуры  $T_m$  масла при скорости изменения охлаждающего воздуха  $0,00075\text{ град./с}$

## Литература

1. Россеев Н. Н. Создание энергоэффективной системы автоматического управления аппаратами воздушного охлаждения масла на основе частотно-регулируемого электропривода // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2006. – 126 с.
2. Галицков С. Я., Галицков К. С. Многоконтурные системы управления с одной измеряемой координатой: Монография. – Самара: СГАСУ, 2004. – 140 с.

Связь с автором: [atri@inbox.ru](mailto:atri@inbox.ru)

---

*М.Е. Назаренко, Е.Б. Дроботун*

### **О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СРЕДСТВ ИМИТАЦИИ ВОЗДУШНОЙ ОБСТАНОВКИ**

Военная академия воздушно-космической  
обороны им. Г.К. Жукова  
г. Тверь, Россия

В статье указаны некоторые недостатки современных систем имитации воздушной обстановки, а также освещены некоторые недостатки подготовки дежурных смен центров и служб управления воздушным движением и предложен один из возможных способов совершенствования данных систем в целях повышения уровня подготовленности дежурных смен и получения практических навыков в анализе воздушной обстановки и принятии решения.

Существуют различные службы управления воздушным движением, основной задачей которых является аэронавигационное обслуживание, обеспечение безопасности и регулярности полётов воздушных судов.

Главным действующим лицом является сидящий за экраном индикатора оператор, от которого зависит своевременное обнаружение, распознавание объекта и определения его местонахождения и параметров движения. Для авиационного диспетчера или операторов РЛС в системе ПВО главными задачами являются быстрое и безошибочное обнаружение воздушной цели, своевременная и точная выдача координат, анализ воздушной обстановки и принятие решения. Эти задачи являются достаточно сложными, как для начинающего, так и для опытного оператора, так как их объекты наблюдения – воздушные цели, обладают высокой скоростью, большой разностью высот и сложными, пересекающимися на разных высотах маршрутами движения.

Для подготовки и тренировки используются различные тренажеры и средства имитации.

Работа большинства средств имитации воздушной обстановки основана на том, что для каждой отрабатываемой в ходе обучения ситуации заранее создается имитационная модель воздушной обстановки, которая в ходе обучения многократно воспроизводится без изменения. Из этого вытекает один из недостатков систем такого рода – однообразность воздушной обстановки, которая вызывает привыкание обучаемых, в связи с чем снижается эффективность их обучения.

Для устранения этого недостатка необходима симитированная воздушная обстановка, которая будет удовлетворять условиям выполнения задач в реальном масштабе времени.

Для создания этой имитационной обстановки уже существуют различные программные и аппаратные средства на основе ЭВМ. Принцип их действия заключается в задании параметров движения цели и всей воздушной обстановки. Данные операции производятся вручную, поэтому руководитель занятия (а при многократной отработке данной воздушной обстановки и оператор), знает заранее, какой будет воздушная обстановка и какие действия при этом необходимо выполнять.

Предполагается ввести в тренажные программы элементы случайного появления (поведения) целей, что поможет сделать тренировки более приближенные к реальным условиям воздушной обстановки, повысит уровень подготовленности операторов, повысит степень автоматизации систем, а также позволит осуществлять более качественное управление и контроль воздушной обстановки.

### **Литература**

1. ФГУП «ГоскорпорацияпоОрВД». [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://gkovd.ru>.

Связь с автором: [maksim\\_nazarenko\\_1990@inbox.ru](mailto:maksim_nazarenko_1990@inbox.ru)

---

*А.И. Нефедьев*

### **СОСТАВНОЙ ЕМКОСТНОЙ ДЕЛИТЕЛЬ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

Волгоградский государственный технический университет  
г. Волгоград, Россия

В настоящее время одной из актуальных проблем является повышение точности измерения высокого переменного напряжения, что обусловлено ростом потребления электроэнергии, поиском новых источников электроэнергии, внедрением мер по экономии энергоресурсов и повышением точности измерений энергетических величин при научных исследованиях и в промышленности. Однако, несмотря на то, что проблема повышения точности измерения энергии

тических величин в низковольтной электроэнергетике во многом решена, в области измерения высоких напряжений она остается актуальной и в настоящее время [1].

Для решения этих проблем были разработаны высоковольтный емкостной делитель напряжения (ЕДН) и средство поверки высоковольтных измерительных трансформаторов напряжения [2].

Особенности построения ЕДН состоят в следующем. ЕДН содержит измерительную и две эквипотенциальных цепи (рис. 1). Измерительная цепь состоит из  $n$  номинально равных и последовательно соединенных газонаполненных конденсаторов типа ФГТ-И емкостью 0,1 мкФ на напряжение 2 кВ, имеющих весьма малые потери и зависимость емкости от приложенного напряжения. Эквипотенциальные цепи состоят из  $n$  номинально равных и последовательно соединенных конденсаторов К74-14 емкостью 0,1 мкФ на напряжение 4 кВ.

Высоковольтное плечо  $C_2$  делителя  $C_B$  составлено из  $(n-1)$  последовательно соединенных конденсаторов ФГТ-И, помещенных в экраны, а низковольтное выходное плечо  $C_1$  делителя состоит из одного конденсатора того же типа, также помещенного в экран. Конструктивно ЕДН выполнен в виде колонны из изоляционного материала, где конденсаторы измерительной и эквипотенциальной цепей размещены по окружности колонны в виде винтовой линии.

Эквипотенциальные цепи  $C_{ЭП1}$  и  $C_{ЭП2}$  выполнены аналогично измерительной цепи  $C_B$ . При этом защитный потенциал электродов измерительного ЕДН определяется соответствующим потенциалом эквипотенциального делителя  $C_{Э1}$ , а защитный потенциал экрана определяется соответствующим потенциалом эквипотенциального делителя  $C_{ЭП2}$ .

Соединение конденсаторов измерительной цепи ЕДН и эквипотенциальных цепей производится при помощи коаксиальных разъемов типа СР-50, что обеспечивает возможность калибровки независимой калибровки ЕДН.

Следует отметить, что обеспечение постоянства коэффициента деления ЕДН в широком диапазоне измеряемых напряжений в решающей степени зависит от стабильности емкости конденсаторов, составляющих измерительную цепь  $C_B$  ЕДН.

С использованием газонаполненных конденсаторов типа ФГТ-И емкостью 0,1 мкФ был построен ЕДН на напряжения до  $220/\sqrt{3}$  кВ.

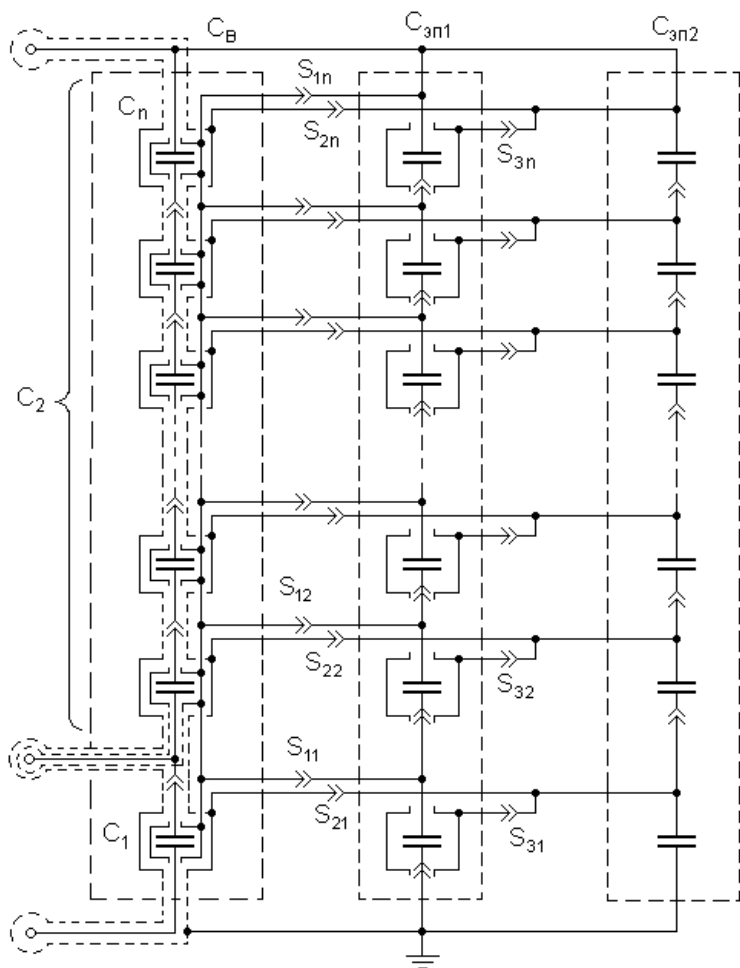


Рис. 1. Принципиальная схема составного емкостного делителя высокого напряжения

Разработанный высоковольтный ЕДН может быть использован в составе средства поверки высоковольтных измерительных трансформаторов напряжения [3]. Данное средство поверки является мобильным, и позволяет проводить поверку трансформаторов напряжения при рабочем напряжении на месте их эксплуатации, что снижает общие затраты на их поверку.

## Литература

1. Загорский, Я.Т. Метрологическое обеспечение измерений для учета электроэнергии – насущная или ничтожная проблема? / Я.Т. Загорский //Новости Электротехники. – 2003. – № 3. – С. 38-41.

2. Полезная модель РФ №7209, МПК G01R35/02. Устройство для поверки высоковольтных измерительных трансформаторов напряжения / А.И. Нефедьев. Опубл. 16.07.1998.

3. Нефедьев, А.И. Методы и средства повышения точности высоковольтных составных ёмкостных делителей напряжения / А.И. Нефедьев // Приборы. - 2010. - № 11. - С. 49-52.

Связь с автором: nefediev@rambler.ru

---

*С.В. Шапиро, Т.А. Калева*

### **ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПОСТАДИЙНОЙ ОЗОННО-УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕЗИНФЕКЦИИ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ В ПОЛИГРАФИИ**

Уфимская государственная академия экономики и сервиса  
г. Уфа, Россия

В процессе офсетной печати оборотная вода с течением времени загрязняется краской, бумажной пылью, противотмарывающим порошком и смывочными веществами. Кроме того, при неблагоприятных условиях в системе могут появиться бактерии, грибки и водоросли, которые негативно влияют на качество печати и состояние машины [1].

Наилучшим способом экологически чистой дезинфекции воды в данном случае является озонно-ультразвуковой способ, при котором озон окисляет органические и неорганические соединения, а ультразвук удаляет оставшиеся взвеси.

В научно-исследовательской лаборатории кафедры физики УГАЭС разработан электротехнический комплекс постадийной озонно-ультразвуковой дезинфекции оборотной воды в полиграфии (рис.1,а). Главным его элементом является комбинированный струнный генератор озона и ультразвука (далее озонно-ультразвуковой генератор – ОУГ), представленный на рис. 1,б.

Система комбинированной озонно-ультразвуковой очистки оборотной воды (рис.1,а), включает в себя компрессор 1, двигатель которого включается электромагнитным реле 2; охладитель 3, представляющий собой «змеевик», охлаждаемый водой, которая подается через электромагнитный клапан 4 и сливается через электромагнитный клапан 5; силикагелевый осушитель 6, соединенный с помощью электромагнитного клапана 7 с ОУГ 8, полярность электродов

которого меняется с помощью переключающего электромагнитного реле 9, а его источником питания служит преобразователь частоты 10, включаемый электромагнитным реле 11; барботажную камеру 12, подача загрязненной жидкости в которую регулируется распределяющим электромагнитным клапаном 13, а подача озона осуществляется через шланг 14.

Интервалы очистки обратной воды озоном и ультразвуком отличаются положением электромагнитных реле 2 и 9 и электромагнитных клапанов 4, 5, 7, 13.

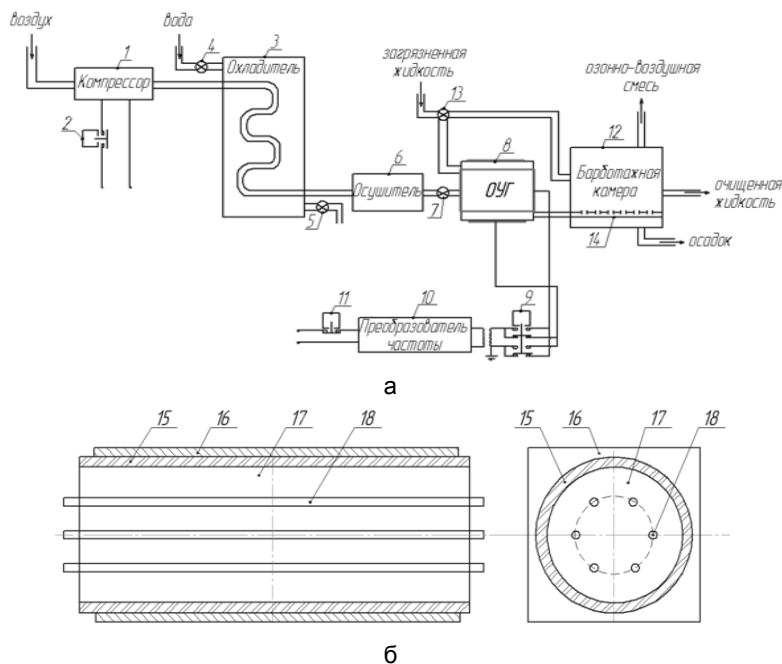


Рис. 1. Электротехнический комплекс озонно-ультразвуковой дезинфекции обратной воды (а) и комбинированный струнный генератор озона и ультразвука (ОУГ) (б)

Комбинированный струнный генератор озона и ультразвука (далее озонно-ультразвуковой генератор – ОУГ), представленный на рис.1,б, состоит из диэлектрического цилиндра 15, изготовленного из керамики, вставленного в цилиндрическое отверстие металлического параллелепипеда 16, играющего роль наружного электрода. Во внутренней области диэлектрического цилиндра 15 расположена активная зона 17 и металлические струны 18, играющие роль внутренних электродов.

ОУГ осуществляет генерирование озона и ультразвука поочередно, в соответствии с требованиями технологии очистки оборотной воды. Основной режим работы – генерация ультразвука, а генерация озона осуществляется раз в несколько часов.

В режиме генерации озона при подаче на электроды высокого переменного напряжения частотой  $f_1$  не менее 10 кГц между внутренними струнными электродами 18 и наружным электродом 16 (рис.1,б) образуется неравномерное электрическое поле, наибольшая напряженность которого находится у внутренних струнных электродов 18. В активной зоне 3 возникает бегущий барьерный разряд [2], действие которого на кислородсодержащий газ приводит к появлению атомарного кислорода и затем озона.

В режиме генерации ультразвука, также при подаче высокого переменного напряжения частотой  $f_1$  не менее 10 кГц между внутренними струнными электродами 18 и наружным электродом 16, первые начинают притягиваться ко второму, вызывая в активной зоне 3 мощные ультразвуковые колебания, подвергающие обработке протекающую непосредственно через эту камеру жидкость. Обработка происходит вследствие кавитации [3], т.е. появления и мгновенного «схлопывания» пузырьков.

Рассмотрим поочередно процессы генерации ультразвука и озона.

На рис. 2 изображена в условной системе координат  $\{x,y\}$  деформированная струна, предварительно натянутая усилием  $T$  [Н]. Ось  $x$  направлена вдоль оси ОУГ. Усилие  $T$  действует на правый и левый торец участка  $dx$  по касательной к кривой струны: слева под углом  $\varphi$  к оси  $x$ , а справа – под углом  $\varphi_1$ . Степень деформации струны на рис.2 гипертрофирована, на самом деле углы  $\varphi$  и  $\varphi_1$  не более чем  $\pi/20=9^\circ$ . Для таких углов  $\sin\varphi \approx \operatorname{tg}\varphi \approx \varphi$ .

Для участка  $dx$ :

$$\frac{F_{\text{эл}}}{l} - k_u \frac{dy}{dt} - \frac{T}{\gamma \cdot s} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$$

где  $F_{\text{эл}}$  - сила электрического поля;  $k_u$  - коэффициент излучения, который в общем случае зависит от частоты колебания струны;  $T$  – усилие, с которым натянута струна;  $\gamma$  - плотность материала струны [ $\text{кг/м}^3$ ],  $s$  - площадь поперечного сечения струны [ $\text{м}^2$ ].

Поскольку действующая на струну сила  $F_{\text{эл}}$  представляет собой периодическую функцию, струна начинает колебаться с той же частотой. Колебание струны представляет собой стоячую волну, которая укладывается вдоль длины  $l$  целое число раз –  $n$ , если частота  $f$  – резонансная.

$$0,5 \cdot Y_m \cdot z_a + 0,5 \cdot Y_m \cdot z_a \frac{\sin 2kl}{2k} = f_m \cdot \frac{1 - \cos kl}{k}$$

где  $Y_m$  - амплитуда  $n$ -ой пространственной гармоники струны;  $z_a$  - акустическое сопротивление;  $k$  - волновое число.

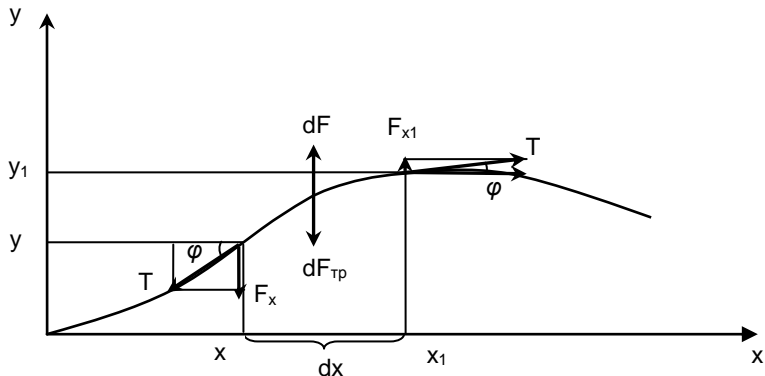


Рис. 2. Деформированная акустическим колебанием струна

Из этой формулы следует, что произведение  $kl$  равняется:

$$kl = (2n + 1)\pi.$$

Например, если учесть, что предел прочности высоколегированных сталей составляет  $10^9$  Па, а ее плотность  $7,5 \cdot 10^6$  кг/м<sup>3</sup>, то при длине струны в 25 см резонансная частота в 10 кГц наступает при  $n=450$ .

Колеблющиеся в радиальном направлении струнные электроды 18 вызывают в активной зоне возникновение акустических волн, расходящихся в радиальном направлении и на определенном удалении от электродов сливающиеся в круговые волны. В первом приближении можно смоделировать картину распространения акустических волн как вызванную пульсирующей в радиальном направлении цилиндрической поверхностью (рис. 3) - радиусом  $R$ .

Волновое уравнение в данном случае имеет следующий вид:

$$\rho \cdot \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = -\frac{k_y}{2\pi R h} \cdot \frac{\partial^2 z}{\partial R^2}.$$

Тогда:

$$p = -\frac{k_y}{2\pi R h} \cdot \frac{\partial z}{\partial R} = -\frac{k_y \cdot k}{2\pi R h} \cos(kR - \omega t).$$

т.е. давление, создаваемое пульсирующей цилиндрической поверхностью обратно пропорционально радиусу этой поверхности.

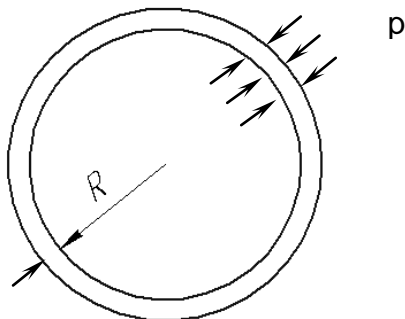


Рис. 3. Модель пульсирующей цилиндрической поверхности

Для расчета давления акустического поля применяется метод зеркальных отображений [4].

Найдем расстояние до зеркально отображенных струн -  $R_3$  (рис.4,а). Оно будет определяться выражением:

$$\frac{a}{b} = \frac{A}{B} \Rightarrow \frac{R_1 - R_2}{R_3 - R_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_1} \Rightarrow R_3 = \frac{R_1^2}{R_2}.$$

Теперь рассмотрим произвольную точку на цилиндрической поверхности (рис. 4,б). Давление, которое создает в ней одна из шести струн равно геометрической сумме проекций давления на оси абсцисс и ординат:

$$p_m = \sqrt{p_{mx}^2 + p_{my}^2}.$$

При расчете давления в точке учитываем также зеркально отображенные струны:

$$P = \sum_{n=1}^N (p_m + p'_m),$$

где  $P$  - суммарное давление от  $N$  струн в точке,  $p_m$  и  $p'_m$  - давления, создаваемые реальными струнами внутри активной зоны и зеркально отображенными струнами.

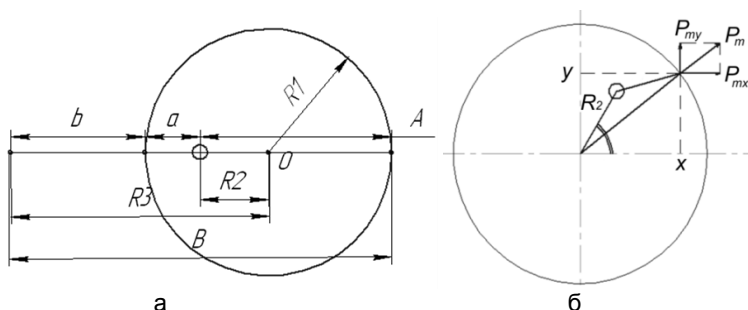


Рис. 4. Геометрическое место зеркально отображенной струны (а) и давление, создаваемое струной в произвольной точке (б)

Общее давление в точке равно сумме давлений, создаваемых каждой из \$N\$ струн:

$$P_{mx} = \frac{k_y \cdot k}{2\pi h} \cdot \sum_{n=1}^N \left( \frac{x - R_2 \cos \frac{2\pi n}{N}}{\left( x - R_2 \cos \frac{2\pi n}{N} \right)^2 + \left( y - R_2 \sin \frac{2\pi n}{N} \right)^2} - \frac{x - R_3 \cos \frac{2\pi n}{N}}{\left( x - R_3 \cos \frac{2\pi n}{N} \right)^2 + \left( y - R_3 \sin \frac{2\pi n}{N} \right)^2} \right)$$

$$P_{my} = \frac{k_y \cdot k}{2\pi h} \cdot \sum_{n=1}^N \left( \frac{y - R_2 \cos \frac{2\pi n}{N}}{\left( x - R_2 \cos \frac{2\pi n}{N} \right)^2 + \left( y - R_2 \sin \frac{2\pi n}{N} \right)^2} - \frac{y - R_3 \cos \frac{2\pi n}{N}}{\left( x - R_3 \cos \frac{2\pi n}{N} \right)^2 + \left( y - R_3 \sin \frac{2\pi n}{N} \right)^2} \right)$$

Данные формулы позволяют получить картину акустического поля с помощью программного продукта Maple 10 (рис. 5).

Данная картина показывает, что обработка воды ультразвуковой кавитацией во внутренней полости ОУГ в значительной степени равномерна.

Процесс генерации озона описан подробно в статье С.В. Шапиро и С.А. Дунаева «Высокочастотные озонаторы для очистки сточных вод» [5].

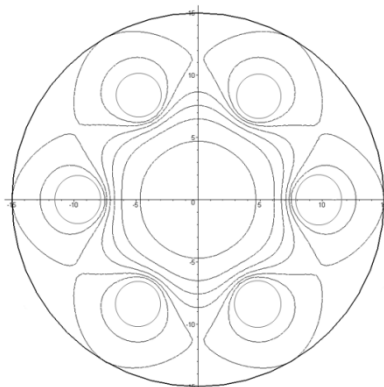


Рис. 5. Картина акустического поля ОУГ

### Литература

1. Очистка воды для офсетной печати// Водоподготовка/ Режим доступа: <http://andeg.com.ua/site/page19282.html>
2. Шапиро С. В., Воронов Б. А. - Патент РФ № 2075433 от 15.04.92.
3. Ultrasonic Cleaning: Fundamental Theory and Application// Cleaning Technologies Group/ Режим доступа: <http://www.ctgclean.com/technology-library/articles/ultrasonic-cleaning-fundamental-theory-and-application/>
4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. – М.: Высшая школа, 1967. – 756 с.
5. Шапиро С.В., Дунаев С.А. Высокочастотные озонаторы для очистки сточных вод. – Уфа, 1999. – С. 187

Связь с авторами: [svchap@ufacom.ru](mailto:svchap@ufacom.ru), [joyce@ufanet.ru](mailto:joyce@ufanet.ru)

**Секция 4**

**МЕТАЛЛУРГИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

*Е.А. Хадзарагова*

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОСВЕННОГО КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЦИНКА В ОТРАБОТАННОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ**

Северо-Кавказский горно-металлургический институт  
(государственный технологический университет)  
г. Владикавказ, Россия

Анализ существующих на некоторых гидрометаллургических предприятиях систем контроля параметров процесса электролиза цинка показал, что они не предусматривают прямого контроля за величиной концентрации цинка в отработанном электролите, что может отрицательно сказаться на качестве оперативного управления процессом, особенно при непрерывном способе получения катодного цинка. Вследствие этого предлагается способ косвенного контроля за величиной концентрации цинка в отработанном электролите, основанный на выявленной зависимости между концентрацией цинка в отработанном электролите  $Y$  и плотностью отработанного электролита  $x$  (величина плотности определяется при помощи прямых замеров):

$$\hat{Y} = -316 + 330,226x . \quad (1)$$

Зависимость значима с доверительной вероятностью 0,95 по критерию Фишера. Величина коэффициента корреляции составляет 0,8096 с доверительным интервалом  $0,745 < r < 0,875$ . Найденная зависимость (1) была положена в основу разработанного алгоритма контроля концентрации цинка в отработанном электролите в промышленных условиях завода «Электроцинк». В алгоритме учитывается влияние таких внешних возмущающих факторов, как сезонное колебание температуры, изменение состава сырья [ 1 с. 270].

### **Литература**

1. Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении. – М.: Дело, 2002. – 440 с.

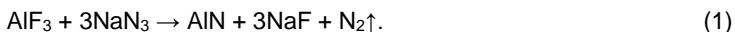
Связь с автором: Hadzaragova@mail.ru

## **ПОЛУЧЕНИЕ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ И КОМПОЗИЦИИ НА ЕГО ОСНОВЕ В РЕЖИМЕ СВС-АЗ**

Самарский государственный технический университет  
г. Самара, Россия

Нитрид алюминия был впервые синтезирован в 1877 году и благодаря его уникальным свойствам, области его практического применения увеличиваются с каждым годом. Практически все традиционные методы получения данного нитрида устарели и не оправдывают поставленных задач. Поэтому актуальной задачей являлось нахождение нового метода получения нитрида алюминия.

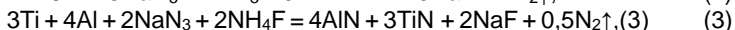
Нами был выбран самораспространяющийся высокотемпературный синтез с использованием неорганических азидов (СВС-Аз) в реакторе постоянного давления в отсутствие катализаторов. Стехиометрическое уравнение для получения нитрида алюминия выглядит следующим образом:



Полученные результаты исследования продуктов реакции показали, что данный метод позволяет получить порошок нитрида алюминия в виде наноразмерных волокон, что главным образом сказывается на физико-химических и механических свойствах конечных продуктов.

Для усовершенствования и повышения характеристик нитрида алюминия, нами была допущена возможность получения композиции нитридов. Для выполнения поставленных задач был выбран нитрид титана, обладающий высокими показателями: температурой плавления, модулем упругости, прочностью, стойкостью к окислению и возгоранию, огнеупорностью, диэлектрическими и полупроводниковыми свойствами.

Стехиометрические уравнения получения композиции нитрид алюминия – нитрид титана выглядят следующим образом:



Для определения возможности протекания представленных процессов, был проведен термодинамический расчет, показавший, что эти химические реакции взаимодействия являются экзотермичными. Ожидаемыми продуктами синтеза являются нитриды титана и алюминия, водород, а так же фторид натрия, удаление которого возможно с помощью промывки дистиллированной водой.

Конечные продукты синтеза исследовались с помощью растрового электронного микроскопа JSM-6390 и порошкового рентгенофазового дифрактометра ARL X'tra-138. Целевой продукт представляет собой композицию нитрид алюминия – нитрид титана (см. рисунки 1, 2), что согласуется с данными термодинамических расчетов. Присутствующий на рентгенограммах гексафторалюминат натрия содержится в небольшом количестве (менее 3 %) и удаляется путем повторной промывки.

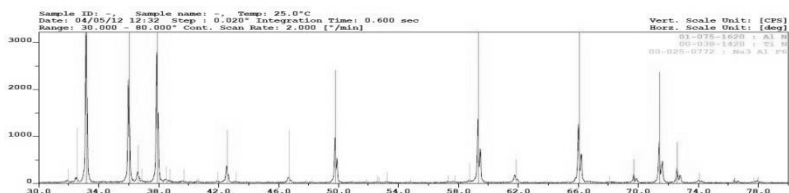


Рис. 1. Результаты рентгенофазового анализа конечных продуктов, синтезированных из системы (Ti - 8Al - 6NaN<sub>3</sub> - 2AlF<sub>3</sub>)

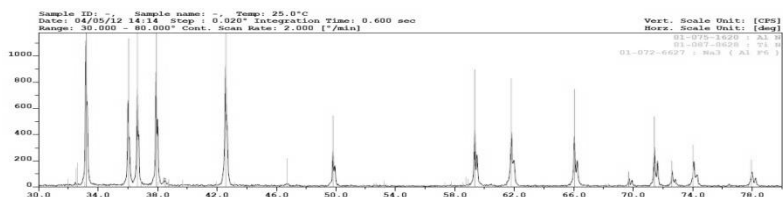


Рис. 2. Результаты рентгенофазового анализа конечных продуктов, синтезированных из системы (3Ti - 4Al - 2NaN<sub>3</sub> - 2NH<sub>4</sub>F)

Результаты исследования показали, что метод СВС-Аз позволяет синтезировать нитрид алюминия и композицию нитрид титана – нитрид алюминия высокого качества.

Связь с автором: 66btatyanka@mail.ru

**Секция 5**

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

*Д.Ю. Воронова, Г.Н. Черкасов*

## **АВТОМОБИЛИ ПРИ КВАРТИРЕ В МНОГОЭТАЖНОМ ЖИЛОМ ДОМЕ**

Российский университет дружбы народов  
г. Москва, Россия

Центры обеих российских столиц и других городов России заполнены автомобилями. Они стоят везде: на тротуарах, газонах, остановках общественного транспорта, во дворах и проездах между домами. Проблема парковочных мест стала сегодня одной из самых актуальных.

В России не только исторические центры, но и районы массовой застройки 1960-1980-х годов не приспособлены к высоким стандартам автомобилизации. Советские градостроительные нормы исходили из фактической автомобилизации населения в 60 автомобилей на 1000 жителей; втрое больший показатель принимался в качестве перспективного в расчете на светлое будущее.

В реальности крупнейшие города России преодолели отметку в 180 на 1000 жителей гораздо раньше достижения светлого будущего, в самые первые годы рыночных реформ. При этом они продолжали и продолжают интенсивно заполняться автомобилями. К сожалению, в процессе развития городов эта новая реальность была практически полностью проигнорирована.

Парковка - неотъемлемая часть жилого, офисного, административного комплексов, а также торговых и торгово-развлекательных центров. Сегодня практически для каждого объекта строительства, так или иначе, решается вопрос размещения автомобилей его посетителей.

В жилых домах парковочные места предусмотрены не везде. Парковка должна входить в проект строительства, но чаще всего, парковка стоит как проект второй очереди, который очень часто так и не воплощается в жизнь. В итоге - парковочное место находится даже не в соседнем доме, а в большинстве случаев за несколько кварталов от дома, а это от 15 до 25 минут ходьбы пешком.

Компания Selldorf Architects спроектировала 19-этажный жилой дом, оборудованный гаражами непосредственно в квартирах, куда автомобили будут поднимать специальный лифт, управляемый личным ключом. Такое здание призвано решить проблему парковки, а также защитить автомобиль от угона. Владельцы квартир с гаражами будут попадать в свою квартиру прямо из машины.

Балкон для автомобиля авторы проекта назвали CarLoggia – лоджия для автомобиля. Она имеет размеры 4x7 м. Подъем и спуск подъемника занимает 2,5 минуты.

Однако, такая конструкция является довольно дорогостоящей. Именно поэтому в проекте среднетажного жилого дома с парковкой

автором под руководством Черкасова Г.Н. предлагается совершенно другой механизм (см. рис. 1).



Рис. 1. Среднеэтажный жилой дом с парковкой. Фасад

Автомобиль размещается на одном уровне с квартирой владельца автомобиля на открытых площадках каркасно-решетчатого типа со стороны кухни. Это позволяет не закрывать вид из окна квартиры, при этом владелец всегда видит свой автомобиль. Балконы и лоджии вынесены на другую сторону дома, и таким образом выбросы от автомобиля не проникают внутрь квартиры.

Транспортировка автомобиля на этаж осуществляется специальным подъемным механизмом консольного типа.

Автомобиль подъезжает к дому, с помощью пульта управления владелец опускает кабину подъемного механизма, автомобиль заезжает в нее - механизм поднимает его на определенный этаж, затем автомобиль въезжает на открытую площадку. Чтобы спуститься вниз автомобиль заезжает в кабину и подъемный механизм опускает его на уровень земли (см. рис. 2).

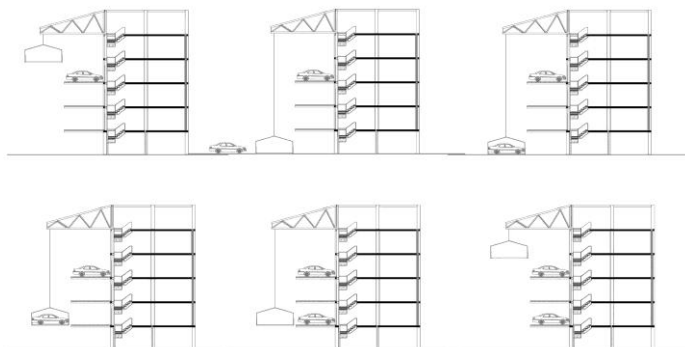


Рис. 2. Среднеэтажный жилой дом. Механизм

Устройство таких гаражей в среднеэтажных домах позволит существенно улучшить ситуацию с парковками в нашей стране. Вместе со строительством предлагаемых решений в новых домах, возможно применение подобного решения и в реконструируемых жилых домах.

## Литература

1. СНиП 21-02-99 Стоянки автомобилей

Связь с автором: [dufina@yandex.ru](mailto:dufina@yandex.ru)

---

*А.А. Исламов, А.А. Муратова, З.М. Муратова*

## ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Камская государственная  
инженерно-экономическая академия  
г. Набережные Челны, Республика Татарстан, Россия

В наше время в строительстве промышленных объектов существует ряд проблем, которые затрагивают, как и экономическую сторону вопроса, так и проблемы связанные с экологией и безопасностью.

Строительство промышленных зданий в современных условиях характеризуется короткими сроками постройки и достаточно большими размерами помещений. Также это подразумевает высокую степень прочности конструкции, удобство обслуживания и ремонта производственного оборудования, нормальная эксплуатация оборудования и других механизмов, необходимые условия аэрации и освещения зданий, долговечность конструкций, которая зависит в основном от степени агрессивности внутрицеховой среды, относительная безопасность при пожарах и взрывах. Несомненно, важным показателем является экологичность промышленных зданий, что означает экологичность материалов из которых построен объект. Традиционные материалы обладают довольно низкими показателями экологичности, ну и к тому же они достаточно дорогостоящи.

Эти и многие другие проблемы послужили поиску более разумных материалов и технологий, которые привели к широкому использованию сэндвич-панелей, каркасного метода и монолитного строительства.

Если отбросить архитектурные и эстетические требования к строительным объектам, то сэндвич-панели можно было бы назвать идеальным строительным материалом.

Во-первых, сэндвич-панели по теплотехническим характеристикам превосходят традиционные строительные материалы (кирпич,

дерево, бетон) примерно в 10 раз. Во-вторых, масса сэндвич-панелей в 10 - 20 раз меньше, чем у традиционных материалов. То есть можно значительно снизить нагрузки на фундамент, а в каких-то случаях обходиться и вовсе без него. Значительно снижаются и расходы на транспортировку - нет необходимости в перевозке тяжелых железобетонных панелей или кирпича.

В-третьих, сэндвич-панели - недорогие и надежные конструкции, они позволяют экономить буквально на каждом этапе строительства, причем не только деньги, но и время. Например, крепление сэндвич-панели к каркасу производится очень быстро при помощи самонарезающих болтов по металлу или дереву - в зависимости от того, из чего сделан каркас. Кстати, благодаря этому можно при необходимости даже демонтировать конструкцию и перевезти здание в другое место.

В четвертых, сэндвич-панели не требуют дополнительной отделки. Их поверхности - тонколистовая оцинкованная сталь - еще на заводе окрашиваются надежной краской или покрываются слоем полимера (Полиэстр, Пурал, PVF-2 и т.д.).

Высокие теплоизоляционные свойства - важная черта современных сэндвич-панелей. Сравните: сэндвич-панель с пенополистирольным либо минераловатным утеплителем толщиной 150 мм по теплоизоляционным свойствам соответствует стене из кирпича толщиной 900 мм. Благодаря этому при одинаковой толщине кирпичной стены и сэндвич-панели затраты на отопление снижаются в несколько раз.

Сегодня организуется все больше новых производств сэндвич-панелей, поскольку из них строится много объектов торгового и спортивного назначения. Сэндвич-панели широко применяются при строительстве рынков, складов, заводских цехов, административных зданий, станций технического обслуживания, сельскохозяйственных сооружений. Особенно хороши они для сооружения холодильных и морозильных камер промышленного назначения. Металлические стены хорошо удовлетворяют гигиеническим требованиям, легко моются и обрабатываются дезинфекционными средствами, не пропускают пар и т.д. А главное, обеспечивают хорошую теплоизоляцию.

Так как, осуществляя строительство промышленных зданий, нужно выдерживать большую нагрузку, то при их строительстве используется каркасный метод. Самыми распространенными каркасами являются всевозможные металлоконструкции, иногда применяется железобетон. В основе каркасного метода лежит закладка фундамента, строительство стен, сооружение перекрытий и установка кровли. Строительство промышленных объектов проводится поэтапно.

Строительство промышленных предприятий сейчас осуществляется на базе стандартов ЕС. При этом для отделки зданий снаружи используют пластмассу, оцинкованный металл, железобетонную

плитку. Внутренняя отделка при строительстве промышленных предприятий осуществляется из различных полимерных материалов.

Здания построенные по каркасной технологии, с использованием энергосберегающих материалов называют теплосберегающими. В теплосберегающих домах уровень потребления электроэнергии менее 160 киловатт в час на 1 м<sup>2</sup>. Сейчас мы расходует 200-240 киловатт. Таким образом, экономия электроэнергии составит 80 киловатт в час. Т.е. экономия электроэнергии более 60 %

Преимущества каркасной, древесной технологии промышленного строительства:

- экономия электроэнергии более 60% весь период эксплуатации здания;
- наилучшая тепло- и шумоизоляция в сравнении с традиционными материалами;
- нет неприятных запахов в помещениях весь период эксплуатации;
- нет загрязнений вредных для здоровья человека;
- нет содержания тяжёлых металлов;
- нет содержания формальдегидных смол;
- нет плесени;
- короткие сроки строительства в любое время года;
- быстрая реконструкция, термомодернизация старых зданий и помещений.

Выполнение строительных работ при строительстве монолитных промышленных зданий более трудоемкое, однако, монолитное строительство дает большую возможность для реализации сложных архитектурных решений. Проведение строительных работ такого типа предполагает интересные и просторные архитектурные решения. Эти сооружения легче, чем здания из кирпича, из-за этого материалоемкость фундамента становится намного меньше. Планировка внутри таких зданий не ограничена стандартными размерами панелей и может учитывать идеи заказчика, что вносит некоторые элементы новизны в проведении строительных работ.

Благодаря достижениям научно технического прогресса на сегодняшний день мы имеем ряд разумных альтернатив традиционным технологиям строительства промышленных зданий, которые позволяют нам максимально обезопасить производство, сделать его дешевле и с эстетической точки зрения приятнее.

### Литература

1. <http://specopalubka.ru/>
2. <http://ddt.strefa.ru/>
3. <http://uralrek.ru/uslugi/stroitel-nye-raboty>

Связь с автором: [mur\\_alianal@mail.ru](mailto:mur_alianal@mail.ru)

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СТАЛЬНОГО КАРКАСА МНОГОПРОЛЕТНОГО ЗДАНИЯ

Казанский государственный  
архитектурно-строительный университет  
г. Казань, Россия

В настоящее время при строительстве сооружений торгово-развлекательного назначения, логистических узлов широкое применение находят каркасы многопролетных зданий с применением легких металлических конструкций. При анализе существующих подходов по реализации каркасов многопролетных одноэтажных зданий были выявлены резервы по снижению металлоемкости на каркас, трудоемкости изготовления и монтажа [1].

Предлагается конструктивное решение стального каркаса многопролетного здания, включающего в продольном направлении V-образные колонны 1, по оголовкам которых между ветвями соседних колонн установлены распорки 2, а в поперечном направлении на оголовки ветвей всех колонн уложены стропильные фермы 3, по верхним поясам которых уложен стальной профилированный настил 4 с образованием жесткого диска по покрытию (см. рис. 1).

Для повышения эффективности предлагаемого конструктивного решения проводится его оптимизация по критерию минимума массы в зависимости от угла наклона  $\alpha$  ветвей V-образных колонн. Выражение для определения массы типовой ячейки каркаса многопролетного здания, включает массу V-образных колонн ( $G_K$ ), распорок ( $G_P$ ), профилированного настила ( $G_H$ ) и стропильных ферм ( $G_\Phi$ ), т.е. имеет вид:

$$G = 4G_K + 2G_P + G_H + 2G_\Phi.$$

Слагаемые формулы 1 выражаются через переменный угол наклона  $\alpha$  ветвей V-образных колонн. Оптимальное значение угла наклона ветвей колонны определяем из условия  $dG/d\alpha = 0$ . Значение производной массы типовой ячейки от угла наклона представляется достаточно сложным для решения в прямом виде.

В связи с этим используется численный метод для нахождения оптимального угла  $\alpha$ . Для этого в ПК «Excel» составляется последовательный алгоритм вычисления массы типовой ячейки стального каркаса многопролетного здания в зависимости от переменного значения угла наклона  $\alpha$  при заданных габаритах (высота здания, расстояние между опорами V-образных колонн, шаг конструкций). В результате чего выбираются значения углов наклона  $\alpha$ , соответствующие минимальному значению массы типовой ячейки. На рис. 2 приведен график зависимости массы типовой ячейки от угла наклона  $\alpha$

ветви колонны для высоты здания 8.6 м, шага между опорами колонн 12 м и пролетом стропильных ферм 18 м.

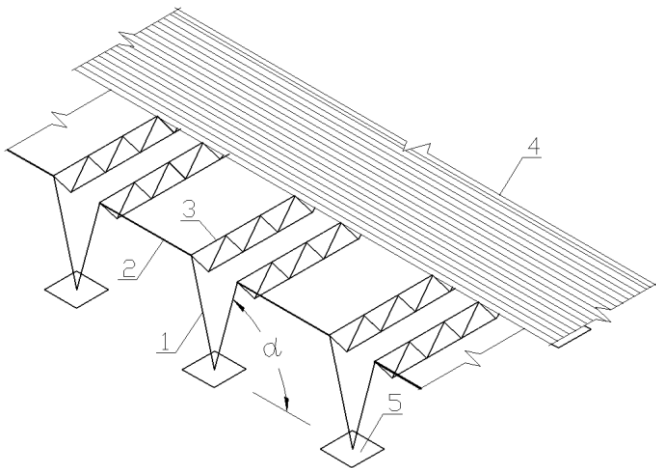


Рис. 1. Фрагмент стального каркаса многопролетного здания.

1 - V-образная колонна; 2 - распорка; 3 - стропильная ферма; 4 - стальной профилированный настил; 5 - фундамент.

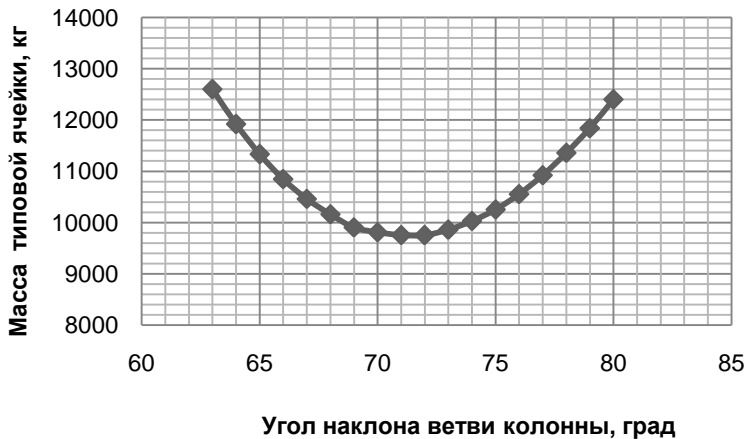


Рис. 2. Зависимость массы типовой ячейки от угла наклона ветви колонны

При реализации предлагаемого конструктивного решения стального каркаса многопролетного одноэтажного здания с учетом его оптимизации по критерию минимума массы в зависимости от угла наклона ветвей V-образных колонн можно снизить металлоемкость каркаса в сравнении с известной конструктивной схемой «Молодечно» на 16 % [2].

### Литература

1. Кузнецов И.Л., Салахутдинов М.А., Гимранов Л.Р. Новые конструктивные решения стальных каркасов легких многопролетных зданий. Известия КГАСУ, №1 (15). – 2011. – С. 88-92.

2. Стальные конструкции покрытий производственных зданий пролетами 18, 24 и 30м с применением замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения типа «Молодечно». Чертежи КМ. Серия 1.460.3-14/90. Вып 3. – М. – 1982. – С. 136.

Связь с автором: lider-kazann@yandex.ru

---

*А.Э. Фахрутдинов, И.Л. Кузнецов*

### **К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ОБЛЕГЧЕННОГО АРОЧНОГО ЗДАНИЯ С ОГРАЖДЕНИЕМ ИЗ ПРОФИЛИРОВАННОГО СТАЛЬНОГО НАСТИЛА**

Казанский государственный  
архитектурно-строительный университет  
г. Казань, Россия

Применение в качестве ограждения облегченного арочного здания профилированного стального настила обладает рядом преимуществ по сравнению с другими типами обшивок (тентовыми материалами, листовым поликарбонатом и т.д.): высокая прочность и жесткость, большой срок эксплуатации (~20 лет), низкая стоимость.

В изобретении [1] было предложено включать ограждение из профилированного настила в совместную работу с несущими арками, выполненными из тонкостенных унифицированных элементов. Рассмотрим данную возможность на примере численного исследования фрагмента арочного здания, расчетная схема которого смоделирована в ПК "ANSYS" и представляет собой три двухшарнирные круговые арки пролетом 12м и высотой подъема стрелы 6м, установленные с шагом 3м и объединенные системой прогонов из швеллера 160x40x3 [2] с уложенным по ним профилированным стальным настилом НС35-1000-0,6 [3] (см. рис. 1). Несущие арки выполнены из 8 унифицированных элементов с сечением из спаренных холоднугнутых швеллеров 200x50x3[2]. При этом опирание на арку прогонов, работающих по однопролетной схеме, осуществляется через шпаль-

ники. Расчетным для арок нагружением считаем комбинацию нагрузок от собственного веса конструкций и снегового покрова с учетом переноса снеговых масс согласно прил. Г [4]. Результаты статического расчета конструкций фрагмента арочного здания приведены в табл. 1.

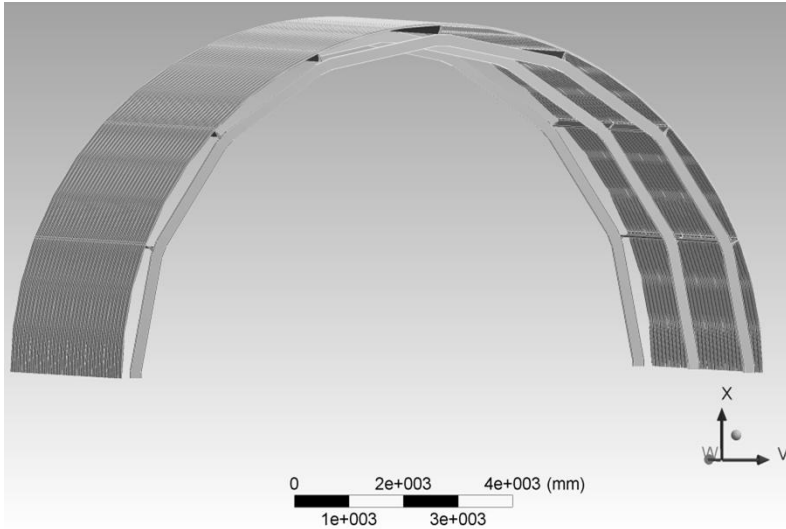


Рис. 1. Расчетная схема фрагмента арочного здания в ПК "ANSYS"

Таблица 1  
Результаты статического расчета конструкций фрагмента арочного здания

Характер работы несущих арок	Максимальные напряжения в средней арке, МПа	Максимальные перемещения средней арки, мм
Без учета включения обшивки в совместную работу	329	116
С учетом включения обшивки в совместную работу при коэффициенте жесткости*, равном 0,0001, и упругой работе стали настила	310 (94%)**	101 (87%)
С учетом включения обшивки в совместную работу при коэффициенте жесткости, равном 0,01, и упругой работе стали настила	292 (89%)	90 (78%)
С учетом включения обшивки в совместную работу при коэффициенте жесткости, равном 0,01, с учетом пластических свойств стали настила	302 (92%)	97 (84%)
С учетом включения обшивки в совместную работу при коэффициенте жесткости, равном 1,0, и упругой работе стали настила	271 (82%)	77 (66%)

\* Данный коэффициент учитывает степень жесткости соединения конструктивных элементов здания (арок, прогонов, шпальников, настила), при этом значению 0,0001 соответствуют соединения минимальной жесткости, предполагающие значительные смещения соединяемых элементов относительно друг друга, а значению 1,0 – соединения максимальной жесткости, исключающие любые смещения соединяемых элементов.

\*\* В скобках указано процентное соотношение полученных максимальных напряжений и перемещений в средней арке при включении обшивки в работу к аналогичным значениям, но без учета включения ограждения в совместную работу с арками.

Однако, соединения тонкостенных элементов арочного покрытия без соблюдения ряда конструктивных мер не могут гарантировать восприятие сдвигающих усилий между обшивкой и каркасом. Вместе с тем, ограждение из профилированного настила может быть рассмотрено как самостоятельная арочная конструкция, имеющая в пролете промежуточные опоры (в местах крепления к прогонам арки), гарантированно запрещающие лишь вертикальные перемещения (см. рис. 2). Тогда, варьируя шагом прогонов и их числом в пределах несущей способности ограждения, представляется возможность регулировать усилия в арке в определенном интервале. Рассмотрим конкретный пример реализации указанного принципа на круговой арке, геометрия и конструктив которой идентичны параметрам, рассмотренным в предыдущем примере. Варианты расстановки прогонов приведены на рис. 3. Подбор сечений конструктивных элементов арочного покрытия по результатам статического расчета, проведенного на ПК «ЛИРА», представлен в табл. 2.

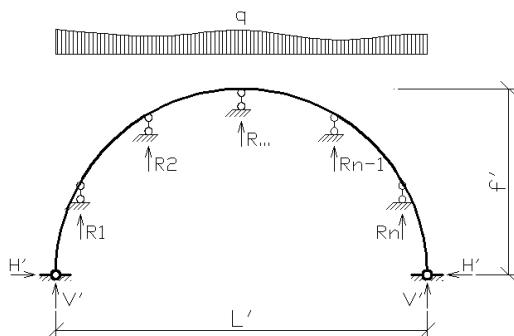


Рис. 2. Расчетная схема ограждения из профилированного настила при передаче прогонами на арку только вертикальных нагрузок

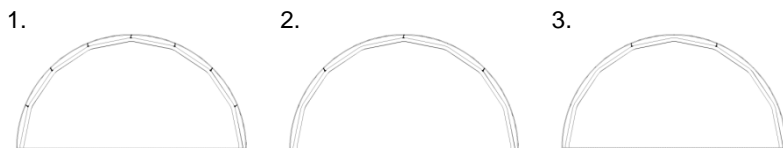


Рис. 3. Варианты расстановки прогонов

Таблица 2

Подбор сечений элементов арочного покрытия

Вариант расстановки прогонов арки по рис. 3	Марка профилированного стального настила по [3]	Сечение прогона по [2]	Сечение унифицированного элемента арки по [2]	Расход стали на кв.м. арочного здания, кг
1	НС35-1000-0,6	[160x60x3]	][250x60x3	22,36
2	Н60-845-0,7	[160x60x3]	][250x35x3	22,87
3	Н57-750-0,6	[160x80x3]	][250x60x3	21,67

Анализируя данные таблиц 1 и 2, можно сделать следующие выводы:

- включение ограждения в совместную работу с несущими арками в первом примере при средней жесткости соединения элементов (коэффициент жесткости равен 0,01) и упругой работе стали профилированного настила позволило снизить напряжение в арках на 11%, а их деформативность – на 22%;

- варьирование шага прогонов во втором примере позволило снизить их число с 7 до 2 при снижении расхода стали на здание на 3% за счет более полного использования несущей способности профилированного настила и рациональной трансформации нагрузки, передаваемой ограждением на арку.

### Литература

1. Кузнецов И.Л., Фахрутдинов А.Э. Способ возведения арочного здания. Патент РФ № 2423581. "Бюллетень" №19 от 10.07.2011.
2. ГОСТ 8278-83\*. Швеллеры стальные гнутые равнополочные. – М., 1998. – 16 с.
3. ГОСТ 24045-94. Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. – М., 2002. – 17 с.
4. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. – М., 2011. – 76 с.

Связь с автором: faxrutdoinoff@yandex.ru

**Секция 6**

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ,  
ЛЕСНОГО И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА, ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

*А.А. Абдурахимов, Г.Э. Пардаев, С. Юсупханов,  
К.П. Серкаев*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА НЕПРЕРЫВНОЙ РАФИНАЦИИ ХЛОПКОВОГО МАСЛА**

Ташкентский химико-технологический институт  
г. Ташкент, Узбекистан

Рафинация растительных масел является завершающим и самым ответственным этапом переработки масличных семян. Особенно, когда перерабатывают низкосортные семена и получают высококислотные черные масла, процесс усложняется в связи с содержанием в масле измененных форм госсипола и трудногидратируемых фосфатидов. Эти соединения, обладая амфифильностью, удерживают частицы образовавшегося соапстока во взвешенном состоянии. В результате, получается трудноосаждаемый соапсток, имеющий высокую маслоемкость.

Сырое хлопковое масло рафинируют щелочным раствором и в итоге получают светлое нейтрализованное масло и отход- соапсток, который преимущественно состоит из: натриевых мыл жирных кислот, госсиполата натрия, нейтрального жира, фосфатидов, воды и др.

Как видно, соапсток состоит из двух видов компонентов: 1- диэлектрики (нейтральные жиры); 2-электропроводники ( натриевые мыла жирных кислот, госсиполат натрия, фосфотиды, вода и др.)

В зависимости от технологии щелочной рафинации растительных масел соотношение 1 и 2 компонентов в нейтрализованном масле и соапстока меняется. Причем, доля диэлектриков в соапстоке стремятся максимально уменьшить и наоборот , в нейтрализованном масле- увеличит. Такую же задачу с обратным эффектом ставится и для соапстока.

По действующей технологии контроль за вышеназванными продуктами в основном осуществляется физико-химическими методами, без учёта электрофизических параметров. Это отрицательно влияет на скорость данного процесса и качества получаемых продуктов.

Учитывая это, нами исследовано влияние электромагнитной обработки смеси растительного масла с щелочным раствором на скорость экспозиции (коагуляции) хлопьев соапстока и качества получаемого масла.

При этом, изучено изменение качества, в частности структуры и свойств соапстока, а также цветности нейтрализованного масла.

На практике процесс коагуляции хлопьев соапстока осуществляется в колонных экспозиторах длительное время (5-6 часов и более), что снижает производительность линии и увеличивает энерго материальных расходы.

Для устранения этих недостатков, нами на основе результатов лабораторных исследований процесса экспозиции хлопьев соапстока с использованием электромагнитных сил разработан новый аппарат-электромагнитный экспозитор для интенсивной коагуляции хлопьев соапстока, который состоит из двух секций: первая-зона образования зародышей т.е. центров формирования хлопьев соапстока; вторая-зона укрупнения хлопьев соапстока. Причем, в обеих зонах поддерживаются режимы, отличающейся между собой в основном электрофизическими параметрами.

Отличительной особенностью в конструкции данного экспозитора является использование электромагнитного излучателя, который непрерывно омагничивает электропроводящие компоненты смеси и ускоряет их коагуляцию вокруг центров формирования хлопьев соапстока.

Сложный механизм образования хлопьев соапстока длительное время не позволяет оценить роль каждого фактора в отдельности. Результаты экспериментальных исследований данного процесса с использованием ЭМЭ показывают эффективность его применения в производстве.

Так например, после такой обработки длительность образования хлопьев соапстока сокращается в 10-25 раза (в зависимости от качества «чёрного» масла и понижается цветность масла на 5-8 кр. ед. (относительно обычной щелочной рафинации)). Кроме того, снижается концентрация и избыточный расход щелочного раствора, уплотняется соапсток, который содержит меньше нейтрального жира, чем при обычной рафинации масла.

Таким образом, проведенные исследования показатели, что для интенсификация процесса экспозиции хлопьев соапстока и повышения качества нейтрализованного масла образованную смесь растительного масла с щелочным раствором после турбулизатора целесообразно направить в электромагнитный экспозитор (ЭМЭ), где под воздействием магнитных сил значительно интенсифицируется процесс коагуляции (укрупнения) хлопьев соапстока. В итоге значительно повышается технико-экономические показатели рафинационного производства.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОБЕСГОССИПОЛЕННОЙ ХЛОПКОВОЙ МУКИ НА ОСНОВЕ ХЛОПКОВОГО ШРОТА**

Ташкентский химико-технологический институт  
г. Ташкент, Узбекистан

Применяемая в масложировой промышленности Республики Узбекистан технология обезвреживания нативного госсипола основана гидротермическом воздействии на хлопковую мятку, при котором образуется так называемый, «связанный» госсипол. Связанный госсипол представляет из себя совокупность его соединений со свободными аминокислотами, белками и фосфатидами. Связанный госсипол менее токсичен, чем свободный. В результате получают кормовой хлопковый шрот с содержанием свободного госсипола не более 0,02 %, который в основном используют в животноводстве. В птицеводстве обычный хлопковый шрот применять не рекомендуется, т.к. происходит госсиполовое отравление.

Для птицеводства нужен низкогоссипольный шрот, в котором должно содержаться не более 0,01 % свободного госсипола и клетчатки не более 10%. В настоящее время масложировые предприятия начали серийный выпуск низкогоссипольного шрота с содержанием протеина не менее 46% и госсипола не более 0,01%. Однако, вопрос снижения содержания клетчатки остается открытым, т.к. масложировые предприятия, из-за недостатков технологии комплексной переработки семян хлопчатника, выпускают шрот с содержанием клетчатки до 30%. В результате дефицит протеина в рационах птиц частично устраняется путем нерационального использования дорогостоящих зерновых культур, в которых содержание белка в 3 раза ниже, чем в хлопковом шроте.

Таким образом, решение вопроса снижения клетчатки и получения высокобелковой хлопковой муки и шелухи улучшенным белковым составом в условиях масложировых предприятий является актуальным и экономически целесообразным мероприятием.

Масложировая промышленность Республики Узбекистан на данный момент состоит из 23-х крупных масложировых заводов, которые вырабатывают около 800 тыс.т хлопкового шрота, 250 тыс т. из которого выпускается низкогоссипольным. Это дает возможность значительного улучшения кормовой базы, в том числе для птицеводства. Низкогоссипольный шрот вырабатывается на основе патентованного способа [1].

Сущность технологии заключается в том, что в едином комплексе решена задача, при которой максимальное обезвреживание свободного госсипола, снижение цветности и кислотности извлекаемых прессовых и экстракционных масел осуществляется как за счет воздействия карбамида, так и силиката натрия и каустической соды,

входящих в состав многокомпонентного раствора, которым увлажняется мятка перед жарением.

По разработанной технологии измельченную мятку перед жарением обрабатывают силикатно-карбамидным раствором в количестве до 2% от массы мятки. В составе раствора содержится до 10% карбамида, 1,0-2,0% силиката натрия и 0,2% каустической соды.

Вследствие такой обработки, за счет комплексного воздействия раствора в ходе жарения материала в жаровнях снижается содержание свободного госсипола в мезге за счет связывания с вышеуказанными реагентами и в конечном итоге получается легкорафинируемое хлопковое масло и шрот с низким содержанием свободного госсипола (менее 0,01%).

Внедрение технологии с одной стороны - привело к улучшению качественных показателей выпускаемого шрота, повышению эффективности в животноводстве и птицеводстве, т.к. новый продукт используется как заменитель соевого шрота.

Однако, как показала практика, не смотря на свои преимущества, технология получения низкогоссипольного шрота не сможет решать проблемы кормления птиц, т.к. вследствие недостатков применяемой техники и технологических узлов содержание клетчатки в шроте намного больше, чем допустимо для скармливания птиц.

Ранее проведенными исследованиями ученых определено исчезновение свободного госсипола до следов при биоконверсии обычного хлопкового шрота с помощью полезных микробов как пекарские дрожжи или молочнокислые бактерии. Как известно, микробный синтез обеспечивает увеличение содержания белков в продукте, в том числе растворимой их фракции, проводя в легкоусвояемую форму. Микробы в процессе культивации разрушают структуру госсипола, синтезируют белки, витамины и создают благоприятную ферментативную систему в среде.

Исходя из вышеуказанных, нами разработан метод биологической переработки хлопкового шрота, который предусматривает получение в конце процесса биопродукт с влажностью до 12%.

В хлопковом биопродукте, полученном из тостированного шрота содержится до 15% больше белков, растворимая фракция которого увеличивается от 55 до 70%. Содержание свободного госсипола уменьшается от 0,02 до 0,003% при обработке тостированного и до следов при обработке низкогоссипольного шрота. Помимо этого, вследствие предотвращения высоких температур, биопродукт содержит активную ферментативную систему, созданную при культивации микроорганизмов. Применение такого корма в рационе животных и птиц улучшает их иммунитет, предотвращает развитие патогенных микроорганизмов, создавая в пищеварительном тракте благоприятную среду.

## Литература

1. Патент РУз №IAP 03125. Технологии получения легкорафинруемого хлопкового масла и низкогоссипольного шрота. /Ильясов А.Т., Салихов Ш.И., Серкаев К.П., Шарипов Н.Ш.

---

*В.Н. Власова*

### **ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОЙ СНОВАЛЬНОЙ ПАКОВКИ**

Технологический институт – филиал Ульяновской  
государственной сельскохозяйственной академии  
г. Димитровград, Ульяновская обл., Россия

Исследованиями формы образующей намотки, установлено, что существуют резервы приближения формы образующей сновальной паковки к прямолинейной, в первую очередь за счет выравнивания плотности намотки в слоях, прилежащих к стволу сновального валика и в наружных слоях. Реализовать это можно путем модернизации механизма уплотнения намотки сновальной машины.

Исследования, установлено, что при постоянном давлении на сновальный валик со стороны укатывающего плотность намотки не остается постоянной[3]. Этот факт определил необходимость изменения величины усилия, с которым укатывающий валик воздействует на намотку, посредством разработки нового механизма уплотнения сновальной машины, позволяющего автоматически изменять величину давления укатывающего валика на сновальный. Базовый механизм, применяемый на машинах типа СВ или СП легко усовершенствовать, если заменить грузовые колеса механизма уплотнения намотки, кулачками, обеспечивающими заданное давление укатывающего валика на сновальный. Профиль проектируемого кулачка может быть определен из условия постоянства плотности намотки, полученной на сновальном валике: давление укатывающего валика на сновальный должно быть таким, чтобы плотность намотки по ширине сновального валика (см. рисунок 1) была максимально возможной и одинаковой во всех слоях сновальной паковки. При соблюдении этого условия на сновальном валике будет помещаться максимально возможная длина снующихся нитей. Кроме того, выравнивание плотности намотки нитей в радиальном сечении сновальной паковки обеспечит наилучшие условия сматывания в шлихтовании и формирования ткацкого навоя [1,2]. Профиль кулачка, устанавливаемого вместо грузовых колес, определен методом обращенного движения. Изготовленные кулачки были установлены вместо грузовых колес механизма уплотнения намотки сновальной машины.

Исследования механизма дифференциального уплотнения намотки проводилось на базе на машинах СП-140-2Л. Исследовались 20 партий сновальных валиков по 8 штук в партии (10 партий сновальных валиков нарабатывались с использованием традиционного метода уплотнения намотки и 10 партий – с применением дифференциального уплотнения намотки). Результаты эксперимента обрабатывались с помощью пакета программ Statistica.

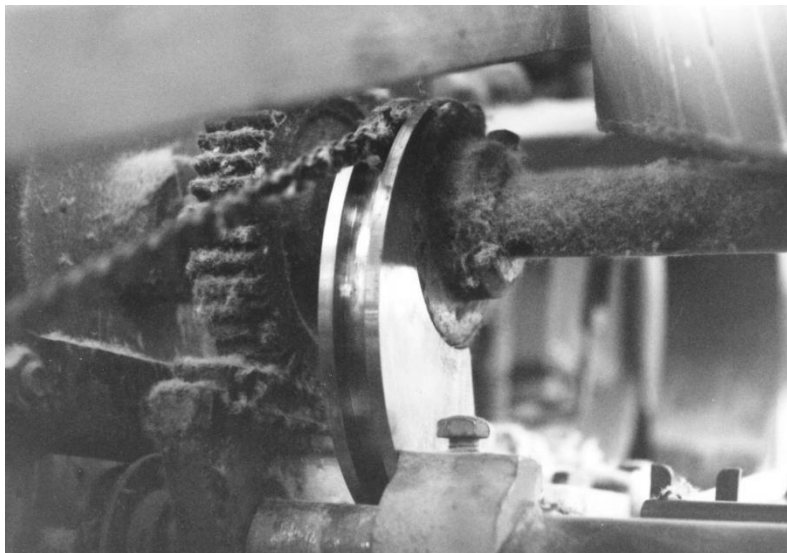


Рис. 1. Механизм дифференциального уплотнения намотки на базе сновальной машины СП-140-2Л

Применение дифференциального уплотнения намотки позволило уменьшить бугристость намотки на сновальном валике. Так, при формировании сновальной паковки на машине СП-140-2Л со скоростью 150 м/мин разность максимального и минимального диаметра намотки на сновальном валике с использованием традиционного метода уплотнения составила 2,9 мм, а с применением дифференциального уплотнения намотки – 1,8 мм. С увеличением скорости формирования сновальной паковки тенденция к уменьшению бугристости при использовании дифференциального уплотнения намотки сохраняется.

Исследованиями установлено, что применение дифференциального уплотнения намотки позволило увеличить длину нитей на сновальном валике при том же максимальном диаметре намотки на 5,5 – 6%. В целом увеличение длины нитей на сновальном валике способствует снижению отходов при шлихтовании в виде мягких концов. Кроме того, сход нитей при шлихтовании со сновальных вали-

ков, полученных на машинах, оборудованных механизмами дифференциального уплотнения намотки, более равномерный с меньшим количеством врезанных нитей.

Кольцевые утолщения намотки или впадины определяют различную длину снования отдельных нитей, что к тому же является причиной неравномерности натяжения отдельных нитей или групп нитей в последующих технологических переходах – шлихтовании и ткачестве. Установлено, что вследствие снижения бугристости намотки при применении дифференциального уплотнения, уменьшилась разnodлинность нитей на сновальном валике. Как показывают исследования, длина различных нитей в сновальной паковке, нарабатанной на машине с традиционным механизмом уплотнения намотки, колеблется в пределах 1,5%. Применение дифференциального уплотнения намотки позволило снизить разnodлинность нитей в намотке до 1%, что объясняется в первую очередь выравниванием образующей сновальной паковки.

Годовой экономический эффект от использования механизма дифференциального уплотнения намотки на одной машине СП-140-2Л в ткацком производстве составил более 84 тыс. руб в год и в основном достигнут за счет снижения в процентном отношении отходов при шлихтовании в виде мягких и клееных концов за счет увеличения длины нитей на сновальном валике и в виде мягких концов за счет снижения разnodлинности на сновальном валике. Кроме этого экономический эффект от применения дифференциального уплотнения намотки может быть получен путем повышения производительности оборудования вследствие снижения затрат времени на технологические простои сновальных и шлихтовальных машин за счет более редкой смены сновальных валиков, а также вследствие более равномерного схода нитей при шлихтовании со сновальных валиков, полученных с применением дифференциального уплотнения намотки.

## Литература

1. Кулида Н.А. Влияние типа натяжного прибора на неравномерность натяжения нитей при сновании // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002. – № 2. – С. 57...61.

2. Власова В.Н. Изыскание путей повышения качества партионных сновальных паковок. Дис... кандидата техн. наук. М., 2006. 193с.

3. Власова В.Н. Исследование параметров намотки нитей на сновальном валике с целью повышения качества тканей.//Современная наука: материалы научно-практической конференции. Краснодар,2012. 272с.

Связь с автором: valentina-vlasova-75@mail.ru

*А.Б. Йулчиев, А.Дж. Еркариев, Б. Аманов, К.П. Серкаев*

## **ИЗМЕНЕНИЕ ПОРИСТОСТИ И РАЗМЕРА ПОР ХЛОПКОВОЙ МЯТКИ ДО И ПОСЛЕ ЕЁ СВЧ-ОБРАБОТКИ**

Ташкентский химико-технологический институт  
г. Ташкент, Узбекистан

В традиционной технологии производства хлопкового масла одним из основных процессов считается влаготепловая обработка (жарение) мятки, которая определяет эффективность последующего процесса прессования масла.

Известно много работ, посвященных совершенствованию данного процесса и его аппаратного оформления.

Однако, большинство работ по переработки семян хлопчатника направлены на решение технологических вопросов, связанных с детоксикацией свободного госсипола, предотвращению денатурации белков и т.д. Изменение внутренней пористой структуры хлопковой мятки при влаготепловой обработке, особенно при нетрадиционных способах обработки мало изучены.

Сегодня, с развитием современных методов СВЧ-обработки материалов и необходимой техники для их осуществления раскрываются новые возможности влаготепловой обработки маслосодержащих материалов.

Как показывают наши опыты, равномерное распространение тепла по объему при СВЧ излучении позволяет раскрыть внутренние поры хлопковой мятки и создать легко прессуемую структуру, обеспечивающую высокий выход прессового масла улучшенными качественными показателями.

Учитывая вышеуказанные, нами проведено исследование пористости и размеров пор хлопковой мятки до и после её обработки СВЧ излучением.

Анализ пористости и распределения по размерам пор хлопковой мятки до и после её обработки СВЧ излучением производили стандартным методом на Итальянском ртутном порозиметре Модель–200 фирмы «Carlo erba strumantazion». При этом, длительность анализов составило 30 минут, максимальное давление вводимых паров ртути –  $20 \cdot 10^5$  кПа, а масса исследуемых образцов – 0,977 г, каждый.

СВЧ излучение хлопковой мятки проводили при частоте 2450 МГц и мощности 300 Вт в течении 20 минут. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели пористости хлопковой мятки до и после её СВЧ излучения

Давление паров ртути, кПа	Радиус изменяемых пор, Å	Хлопковая мятка, ( $\sum V_n$ ), см <sup>3</sup> /г	
		до СВЧ излучения	после СВЧ излучения
100	75000	0	0,008
500	15000	0,006	0,021
1000	7500	0,009	0,023
2000	3750	0,012	0,025
3000	2500	0,013	0,028
4000	1875	0,015	0,031
5000	1500	0,017	0,033

Анализ данных, представленных в табл. 1. показывает, что в хлопковой мятке супермакропор (от 75000 до 7500 Å) до СВЧ излучения практически нет, что вероятно также, связано с предыдущим процессом её вальцевания. После СВЧ излучения в хлопковой мятке образовались супермакропоры от 75000 до 7500 Å (от 0,008 до 0,019 см<sup>3</sup>/г). Это благоприятно скажется на процесс прессования из неё масла. При этом, объём макропор (от 1875 до 7500 Å) после СВЧ излучения хлопковой мятки повысился в среднем в 2,0 – 2,2 раза, что также положительно влияет на интенсивность прессования из неё масла. Причем, совокупность объемов мезопор (от 20 до 200 Å) и микропор (до 20 Å) также увеличивается, что подтверждается увеличением объема пор, размером до 1500 Å от 0,017 до 0,033 см<sup>3</sup>/г.

Как видно, СВЧ обработка хлопковой мятки способствует получению высокопористой структуры мятки, что благоприятствует диффузионному массопереносу в процессах её прессования.

С изменением лузжистости меняются размеры и объемы пор, что следует учесть при анализе влияния СВЧ излучения на внутреннюю структуру мятки.

На практике содержание шелухи в хлопковой мятке меняется в пределах от 10,0 до 25,0% от общей массы. Учитывая это, нами изучено влияния содержания шелухи в хлопковой мятке на её пористость до и после СВЧ излучения. Полученные результаты анализов представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что независимо от изменения содержания лузги в составе хлопковой мятки от 10,0 до 25,0% СВЧ излучение способствует повышению объема пор в среднем в 2,0-2,1 раза. Это еще раз подтверждает эффективность применения СВЧ излучения при влаготепловой обработке хлопковой мятки.

Таблица 2

Изменение пористости хлопковой мятки в зависимости от её лужистости

Лужистость хлопковой мятки, %	Пористость хлопковой мятки при давлении 2000 кПа, см <sup>3</sup> /г	
	До СВЧ излучения	после СВЧ излучения
10,0	0,009	0,019
15,0	0,012	0,025
25,0	0,018	0,032

Таким образом, проведенные исследования показывают, что для получения высокопористой хлопковой мезги целесообразно мятку обрабатывать СВЧ излучением т.к. при этом значительно повышаются объемы супермакропор – транспортных каналов для извлечения масла. Причем, изменение содержания шелухи в мятке не снижает положительное влияние СВЧ излучения на повышение её объема пор.

*А.Б. Йулчиев, М.О. Хамидова, Б. Аманов, К.П. Серкаев*

### **ВЛИЯНИЕ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МАСЛА В ХЛОПКОВОЙ МЕЗГЕ**

Ташкентский химико-технологический институт  
г. Ташкент, Узбекистан

Недостатком существующей технологии влаготепловой обработки хлопковой мятки считается большой расход пара, высокая степень денатурации белков и образование свободных жирных кислот из триглицеридов.

СВЧ излучение считается новым приёмом влаготепловой обработки хлопковой мятки, который может снизить вышеотмеченные недостатки. Обычные СВЧ установки, исходя из физических параметров, функционируют при 2450 МГц и регулируемыми параметрами считаются: мощность излучения ( $w$ , Вт) и время обработки ( $t$ , мин.).

Нами изучено влияние параметров СВЧ обработки на физико-химические показатели мезги и масла. Результаты приведены в рис. 1.

Из рис. 1 видно, что соответственно к увеличению связанного госсипола в зависимости от мощности и продолжительности СВЧ обработки уменьшается свободный госсипол. Результаты экспериментов показывают, что с увеличением мощности СВЧ излучения от 100 до 600 Вт, изменения госсипола прекращаются уже в течении 10-

15 мин. С увеличением продолжительности и мощности обработки госсипол претерпевает более глубокие изменения.

Однако, как показали наши лабораторные исследования, при обработке мятки в интервале мощности излучения от 100 до 300 Вт, госсипол в мезге значительно меньше изменяется, чем в промышленном способе. Это объясняется сокращением времени взаимодействия и более низкой температурой обрабатываемого материала в сравнении с промышленным способом.

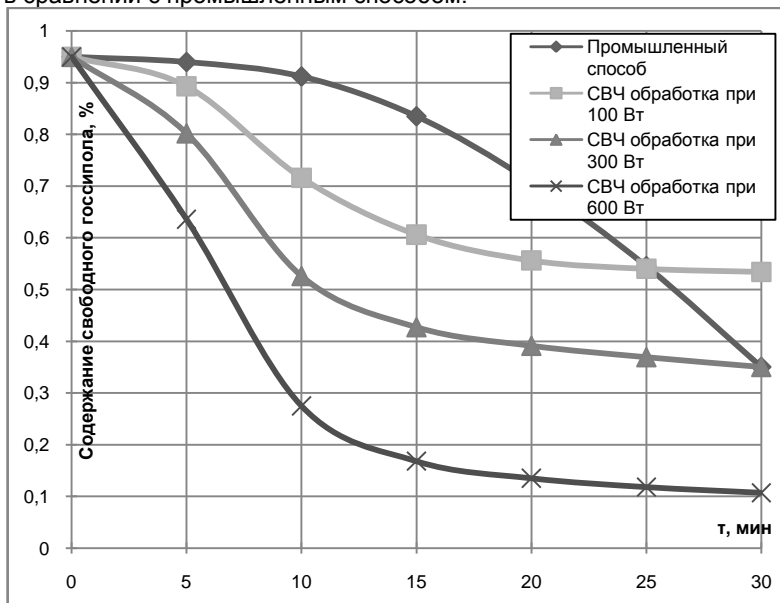


Рис. 1. Изменение содержания свободного госсипола в мезге в зависимости от способа переработки мятки

Во время гидротермической обработки и жарения, на ряду с вышеуказанными изменениями происходит изменение цветности масла. Изменения цветности зависит от многих факторов, как изменения красящих веществ, госсипола, фосфолипидов, белков, сахаридов и др.

Степень окрашенности масла зависит от способа и продолжительности подготовки мятки к прессованию. Изменения мезге в промышленном (конвективном и кондуктивном) способе жарения широко известны. В отличие от промышленного, СВЧ обработка происходит с интенсивным ускорением давления жидкостей в обрабатываемом материале.

В целях определения изменения цветности при СВЧ обработки проводили эксперименты, в которых материал обрабатывали в обыч-

ных промышленных условиях (контроль) и лабораторной установке по СВЧ обработке (опыт).

Как видно из таблицы 1, когда материал обрабатывали по промышленному способу, первые 10-15 мин цвет масла изменяется не значительно, так как это время обработки уходит на повышение температуры и влажности материала. Последующие 20-25 мин происходит интенсивные изменения госсипола, красящих веществ и др. вследствие чего цветность масла в красных единицах (кр.ед.) ухудшается резко и увеличивается от 30 до 54 кр.ед.

Когда мятку обрабатывали СВЧ излучением при мощности излучения 100 Вт, цветность масла начинает изменяться уже после 10 мин. и к концу обработки повышается до 45 кр.ед.

Таблица 1

Изменение цветности масла в мезге в зависимости от способа и продолжительности обработки

Способ обработки	Цветность масла в мезге, кр.(син.) ед. по Ловибонду в 1 см слое кюветы при продолжительности обработки, мин							
	5	10	15	20	25	30	40	60
Промышленный способ								
Продолжительность обработки 60 мин	20(3)	22(3)	26(3)	30(3)	35(2)	40(2)	49(1)	54(1)
СВЧ обработка при мощности излучения:								
W=100 Вт	21(3)	26(3)	30(2)	36(2)	40(2)	45(2)	-	-
W=300 Вт	30(2)	34(2)	38(2)	43(2)	46(2)	48(2)	-	-
W=600 Вт	34(1)	42(1)	56(1)	68(1)	Не пр.	-	-	-

Аналогичные изменения наблюдаются при обработке мятки СВЧ излучением при 300 и 600 Вт. Только с повышением мощности обработки продолжительность изменений сокращается. Например, при обработке материала мощностью СВЧ нагрева в 600 Вт, интенсивное изменение цветности продолжается до 20 мин, затем материал пережаривается и цвет становится не просматриваемым.

Не смотря на то, что цветность масла в мезге при СВЧ нагреве ухудшается интенсивно, изменения остаются низкими, вследствие кратковременного нагрева материала, чем в промышленным способе.

*А.С. Мустафина, К.С. Федяев, А.Ф. Сорокопуд*

## **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПЛОДОВ РЯБИНЫ В ВИБРОЭКСТРАКТОРЕ НА ВЫХОД И СОХРАННОСТЬ ВИТАМИНА С**

Кемеровский технологический институт  
пищевой промышленности  
г. Кемерово, Россия

Одним из способов извлечения биологически активных веществ (БАВ) из плодово-ягодного сырья является экстрагирование. В настоящее время широко известен традиционный способ получения экстрактов [1], который включает стадии: дробление сырья, дефростирование и экстрагирование. Данный способ имеет ряд недостатков: длительность процесса; наличие нескольких последовательных операций, для проведения которых требуется энергоёмкое оборудование. При размораживании, измельчении и прессовании теряется сок, что отрицательно сказывается на качестве продукта. Для устранения перечисленных недостатков предложен способ получения экстрактов [2] в аппарате с вибрационной тарелкой. Суть метода заключается в том, что замороженное плодово-ягодное сырье сразу помещается в вибрационный экстрактор, куда заливается вода и с помощью вибрационной тарелки создается поле низкочастотных механических колебаний. В результате плоды или ягоды интенсивно размораживаются, измельчаются, создается высокоразвитая и интенсивно обновляющаяся поверхность контакта фаз, экстрагент лучше проникает в поры сырья, и процесс, объединяющий три операции, протекает без потерь сока в одном аппарате. Однако, несмотря на все преимущества, технологические аспекты способа изучены не полностью (в частности не исследованы сохранность и выход витамина С в процессе получения экстрактов). Поэтому целью исследований, представленных в данной работе, послужило изучение влияния режимных и конструктивных параметров экстрактора на выход и сохранность витамина С.

В качестве объекта исследования выбраны замороженные до - 18 °С плоды рябины обыкновенной (*Sorbus Aucuparia*) урожая октября 2011 г. Уникальность рябины заключается в том, что она является поливитаминной культурой и источником нескольких БАВ. Так, по содержанию витамина С (до 100 мг%) она не уступает некоторым сортам черной смородины.

В качестве экстрагента, согласно способа [2], использовалась вода дистиллированная с температурой 18 °С. При проведении исследований приняты постоянными следующие параметры: расстояние от дна аппарата до плоскости тарелки  $h=45$  мм; соотношение массы экстрагента (Ж) и ягоды (Т)  $Ж/Т=2,5$  ( $Ж=937,5$  мл,  $Т=375$  г);

амплитуда колебаний тарелки  $A=14$  мм; живое сечение отверстий тарелки 16,5 %.

В качестве варьируемых факторов выбраны: диаметры отверстий ( $d_0=2,5; 3; 3,5$  и  $4$  мм) и частота колебаний вибрационной тарелки ( $n=52,36; 62,83; 73,30; 83,78$  и  $94,25$  с<sup>-1</sup>). Выбор минимального диаметра отверстий связан с тем, что дальнейшее его уменьшение ведет к значительному росту сопротивления сжатию и разрушению ягод, следствием чего является повышение температуры и рост потерь БАВ. С другой стороны, увеличение диаметра выше 4 мм приводит к частичному проскальзыванию ягод через отверстия вибрационной тарелки, так как средний диаметр плодов рябины равен  $5\pm 1$  мм. Выбор верхнего предела частоты колебания тарелки обусловлен тем, что дальнейшее повышение приведет к повышению энергозатрат. С другой стороны уменьшение частоты колебания ниже  $52,36$  с<sup>-1</sup> приводит к увеличению числа неразрушенных ягод.

Для определения содержания витамина С применялся иодатный метод по ГОСТ 7074-55. Контроль частоты колебаний вибрационной тарелки осуществлялся магнитоиндукционным тахометром типа ТЭ-4В.

Оценка результатов исследований представлена в виде отношения массы витамина С, перешедшей в раствор, к первоначальному содержанию в замороженной ягоде ( $47,5\pm 2$  мг%).

На рисунке 1 показано, что максимальный выход витамина С наблюдается при диаметре отверстий вибрационной тарелки 3 мм. Полученный результат можно объяснить тем, что экстрагирование в этих условиях дает оптимальное измельчение плодов рябины и невысокое разрушение витамина С.

Зависимость выхода витамина С от продолжительности экстрагирования и частоты колебания вибрационной тарелки представлена на рисунке 2. Из графика видно, что повышение частоты колебания вибрационной тарелки ведет к увеличению скорости экстрагирования. Максимальный выход витамина С при  $n=62,83$  с<sup>-1</sup> наблюдается за 30...40 минут. Частота колебаний  $n=94,25$  с<sup>-1</sup> сокращает продолжительность экстрагирования до 20 минут. Это можно объяснить тем, что степень измельчения ягод больше при  $n=94,25$  с<sup>-1</sup> и тем самым витамин С быстрее переходит в экстракт. Таким образом, наибольший выход витамина С наблюдается при  $n=62,83$  с<sup>-1</sup> (52%) за 30 минут экстрагирования.

Из рисунков 1 и 2 следует, что выход витамина С увеличивается в процессе экстрагирования, однако после 10 минут наблюдается снижение скорости его извлечения. В среднем через 20...30 минут выход витамина С достигает своего максимального значения при данных условиях, а после 30 минут начинается его разрушение вследствие активного пенообразования (насыщения экстракта кислородом воздуха) в аппарате. По истечении данного времени экстрагирование необходимо прекратить, а экстракт (по причине того, что витамин С довольно неустойчивое соединение) как можно быст-

ее подвергнуть дальнейшей переработке, то есть фильтрованию и упариванию.

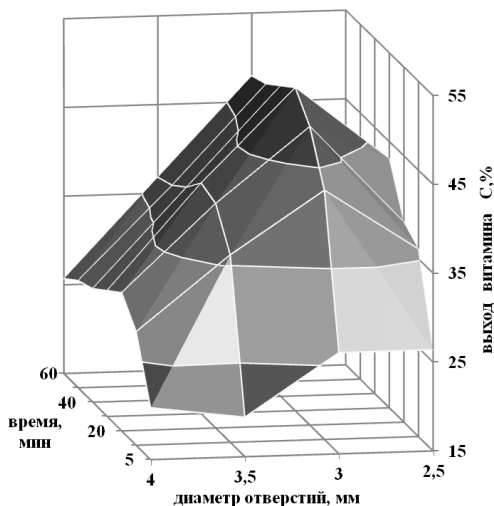


Рис. 1. Зависимость выхода витамина С от продолжительности экстрагирования и диаметра отверстий вибрационной тарелки ( $n=62,83 \text{ c}^{-1}$ )

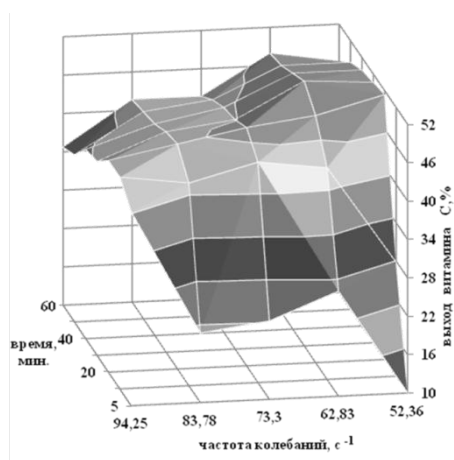


Рис. 2. Зависимость выхода витамина С от продолжительности экстрагирования и частоты колебания вибрационной тарелки ( $d_0=3 \text{ мм}$ )

Наибольший выход витамина С при экстрагировании по способу [2] получен при частоте колебания тарелки  $n=62,83 \text{ с}^{-1}$  и диаметре отверстий  $d_0=3 \text{ мм}$  и составил 52%, что примерно на 5% больше данных, полученных экстрагированием по традиционному способу при аналогичных условиях ( $J/T=2,5$ , экстрагент – вода дистиллированная с температурой  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Преимущество способа [2] перед способом [1] заключается в сокращении времени экстрагирования с 1 часа до 20...30 минут, а также отсутствие потерь сока (на технологических стадиях измельчения и дефростирования) и снижение энергозатрат, по причине совмещения стадий измельчения, размораживания и экстрагирования в одном аппарате.

### Литература

1. Сборник технологических инструкций по производству консервов. Том II: Консервы фруктовые, часть 2. М.: Петит, 1992. - С.178...180.
2. Патент РФ 2341979, МПК7 А23L 1/212. Способ получения экстрактов / Сорокопуд А.Ф., Суменков М.В.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. - 2007116408/13; заявл. 02.05.2007; опубл. 27.12.2008, Бюл. 36.

Связь с автором: [const.fedyaeff@yandex.ru](mailto:const.fedyaeff@yandex.ru)

---

*А.В. Усов, Н.Н. Воробьева*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГАЗИРОВАНИЯ МОРОЖЕНОГО НА МИКРОФЛОРУ ПРИ ХОЛОДИЛЬНОМ ХРАНЕНИИ

Кемеровский технологический институт  
пищевой промышленности  
г. Кемерово, Россия

Появление на российском рынке разнообразных видов мороженого ставит задачу многостороннего изучения их свойств. Была разработана технологическая схема производства газированного низкокалорийного мороженого [1, с. 16].

Целью данной работы являлось исследование влияния газирования мороженого на изменение микробиологических показателей при низкотемпературном хранении.

Объектом исследования служили шесть образцов мороженого «Зеленый чай», пять из которых были разморожены до жидкого состояния (температуры  $+4 \text{ }^\circ\text{C}$ ) и загазированы углекислым газом. Га-

зирование мороженого производилось в течении 5 минут. Первый образец не размораживался и принят в качестве контрольного. После газирования пять образцов были помещены в морозильную камеру с температурой минус 35,8 °С на 30 минут. После замораживания 2 образца (один из которых контрольный негазированный, а другой газированный) были взяты на исследование, а остальные образцы помещены на хранение при температуре минус 18 °С. Температура мороженого закладываемого на хранение должна быть возможно более низкая, что в большей степени способствует сохранению исходной структуры. В соответствии с технической документацией на закаленное мороженое температура воздуха в камере хранения составляет минус 18 – минус 20 °С. Допустимые сроки хранения мороженого основных видов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Допустимые сроки хранения мороженого основных видов, мес.

Мороженое	На молочной основе				Из плодов и ягод, фасованное
	весовое		фасованное		
	Без наполнителя	С наполнителем	Без наполнителя	С наполнителем	
1. Молочное	1,0	1,0	1,5	1,0	-
2. Сливочное	2,0	1,5	2,0	1,5	-
3. Пломбир	3,0	2,0	2,0	2,0	-
4. Фруктово-ягодное	-	-	-	-	1,5

В процессе холодильного хранения образцы мороженого брали на исследования через 15, 30, 45 и 60 суток. Перечень контролируемых микробиологических показателей определялся по обязательным показателям безопасности, предусмотренным СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов». Определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов КМАФАнМ, в КОЕ/г и бактерии группы кишечной палочки БГКП производили в соответствии с ГОСТ 9225-84 в Кемеровской межобластной ветеринарной лаборатории.

Результаты экспериментов приведены в табл. 2.

Установлено, что добавление углекислоты в фруктовое мороженое не влияет на микробиологические показатели (КМАФАнМ и БГКП) при холодильном хранении.

По норме содержание мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов КМАФАнМ, в КОЕ/г не должно превышать  $1,0 \times 10^5$ , фактически во всех образцах было менее  $1,0 \times 10^2$ , бактерии группы кишечной палочки не было обнаружено.

Таблица 2

## Изменение микробиологических показателей мороженого

Сроки хранения	КМАФАнМ, КОЕ/г		БГКП в 0,01 г	
	Норма	Фактически	Норма	Фактически
Контроль – негазированное мороженое	$1,0 \times 10^5$	менее $1,0 \times 10^2$	не допускается	не обнаружено
Газированное мороженое 0 суток	$1,0 \times 10^5$	менее $1,0 \times 10^2$	не допускается	не обнаружено
Газированное мороженое 15 суток	$1,0 \times 10^5$	менее $1,0 \times 10^2$	не допускается	не обнаружено
Газированное мороженое 30 суток	$1,0 \times 10^5$	менее $1,0 \times 10^2$	не допускается	не обнаружено
Газированное мороженое 45 суток	$1,0 \times 10^5$	менее $1,0 \times 10^2$	не допускается	не обнаружено
Газированное мороженое 60 суток	$1,0 \times 10^5$	менее $1,0 \times 10^2$	не допускается	не обнаружено

Микробиологические показатели качества является основой безопасности всех пищевых продуктов. Только соответствие качества микробиологическим нормативам гарантирует безопасность мороженого для потребителей и определяет степень стабильности продукта при хранении.

### Литература

1. Усов А. В., Лифенцева Л. В., Воробьева Н. Н. Разработка линии производства газированного мороженого // Пищевая промышленности. – 2009. – № 8. – С. 16.

**Секция 7**

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА, МЕТРОЛОГИЯ,  
СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ,  
БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА, СМЕЖНЫЕ ВОПРОСЫ**

## **ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ**

Азербайджанский технический университет  
г. Баку, Азербайджан

Болонский процесс, который Азербайджан официально присоединился в мае 2005 года, предусматривает выполнение ряд ключевых принципов: двухступенчатая подготовка специалистов, мобильность студентов, кредитная система оценки знаний, востребованность выпускников и обеспечение привлекательности Европейского образования. Реализация этих и других основополагающих принципов и критериев Болонского процесса требует повышения качества высшего образования в Азербайджанских вузах.

Одной из сложных требований Болонского процесса для системы образования Азербайджана является создание системы управления (менеджмента) качеством в высших учебных заведениях. Создание системы менеджмента качества в сфере высшего образования предусмотрено и в Государственной Программе по модернизации высшего образования в Азербайджанской Республике в период 2009-2013 годы. Как отмечается в Программе, основной целью программы является повышения качества образования в соответствии современным требованиям. Для достижение этой цели Программа выдвигает ряд конкретных задач, которые в конечном счете должны создать условия для непрерывного и устойчивого развитие системы высшего образования.

Приоритетными задачами системы образования Азербайджана являются: достижение современного уровня в развитии дошкольного, среднего и высшего профессионального образования; обеспечение государством равных возможностей для получения качественного образования; повышение социального статуса и профессионального уровня работников образования; формирование механизмов для привлечения внебюджетных средств в образовательную сферу на основе разработки нормативно-правовых документов и экономико-организационных условий.

В соответствии Государственной Программой модернизация высшего образования должна осуществляется в три этапа. На первом этапе основное направление модернизации в области образования включает разработку и обновление содержания образовательных программ и совершенствования механизмов управления качеством образования. На первом этапе необходимо очистить образовательные программы, учебные планы и учебные дисциплины от ненужных и не пригодных сведений и информации в современных условиях.

Необходимо учить только фундаментальные знания, которые будут востребованы в будущей профессиональной и социальной деятельности человека. Должна быть обеспечена базовая подготовка как минимум одного иностранного языка выпускника средней школы на уровне функциональной грамотности. Очень важно добиться более глубокой интеграции, взаимодействия и взаимосвязи высшего профессионального образования с практикой и научными исследованиями. Должна быть повышена роль самостоятельной работы студентов, предпочтение должно быть отдано новым образовательным технологиям, самостоятельной и аналитической работе студентов, а также интерактивным методам обучения и самообучения.

Программа предусматривает приоритетное финансирование сферы образования, расширение сети учреждений высшего образования с охватом всех регионов республики. Предусмотрено укрепление материально-технической базы вузов, их переориентация на нужды рынка труда, тесное взаимодействие с предприятиями и работодателями, изучение их запросов и их учет при подготовке специалистов в сфере высшего профессионального образования. Необходимо также осуществлять меры по повышению профессионального уровня и социального статуса работников образования.

Вторая стадия модернизации высшего образования охватывает 2010-2012 годы и будет направлена на реализацию результатов уже проведенных экспериментальных реформ в сфере образования. На этом этапе будут расширены возможности бюджетного финансирования, обеспечена внедрение инновационных проектов, достижений ИКТ и улучшено ресурсное обеспечение отрасли. При реализации второго этапа модернизации особая роль отводится к развитию гражданского общества в системе образования, участие общественности в управлении образованием, в частности в мониторинге и оценке качества образования. Предусмотрены расширение финансовой возможности и поддержки вузов на основе прямых договоров с работодателями и потребителями образовательных услуг, сохранением государственного заказа на подготовку специалистов.

Третий этап модернизации образования предусматривает значительное повышение уровня качества общего и среднего и высшего профессионального образования, достижение школами и вузами современного материально-технического уровня развития, подъем уровня высшего профессионального образования до мировой уровень и повышение качества подготовки специалистов в вузах и обеспечение их конкурентоспособности на мировых рынках образовательных услуг.

Все указанные инновационные мероприятия возможны при внедрении системы менеджмента качества (СМК), на основе международных стандартов ИСО 9000. Полноценная реализация их требований создает предпосылки для повышения качества образования в Азербайджанских вузах, так как в последние 15-20 лет Европейские

вузы успешно применяют различные модели повышения качества образования.

К сожалению, системы менеджмента качества, несмотря на требования Болонской декларации, еще не нашли применение в системе высшего образования в Азербайджане. Для создания СМК в вузах Азербайджана необходимы несколько исходных условий: во-первых нужны кадры, обладающие современными знаниями в области управления, в частности управлением качеством образования. Необходимы финансовые ресурсы для реализации СМК, которые к тому же требуют огромных усилий и заинтересованности руководителей высшего звена вузов. Наконец, необходимо создать структурное подразделение, которая отвечала бы за внедрение и успешной функционирование СМК. Для создания СМК в вузах необходимо решение следующих задач: определение политики, цели и задачи в области качества; разработка нормативно-правовых документов для СМК; определение полномочий структурного подразделения по качеству. Структурное подразделение по качеству может быть образована при проректоре по учебной работе и может решать следующие задачи: определять политику и цели в области качества в вузе; разрабатывать инструкции по управлению качеством в вузе; обеспечивать выполнение требований СМК в вузе, и т.д.

Для реализации и успешного функционирования СМК необходимо систематическое изучение запросов всех групп потребителей образовательных услуг. Как показывает международный опыт, для повышения качества образовательных услуг необходимы независимые аттестация и аккредитация высших учебных заведений. Но к этому, очень важному мероприятию должна предшествовать внутренний аудит в вузе, который охватывает следующие задачи: ориентация вуза (учебного процесса, подготовку специалистов) на запросы потребителей (работодателей) образовательных услуг; установление соответствия содержания образовательных программ на требования рынка труда.

Таким образом, успешное функционирование СМК во многом зависит от степени информатизации деятельности университета, или состоянии внедрения проекта «электронный университет». Главным результатом реализации СМК в высших учебных заведениях может стать рост конкурентоспособности выпускников, которого невозможно добиться, используя морально устаревшие представления в области управления качеством.

Связь с автором [nizism@mail.ru](mailto:nizism@mail.ru)

## **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СИСТЕМОГО ПЕРСОНАЛ-КОНТРОЛЛИНГА В ПРОМЫШЛЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ**

«Воронежский государственный промышленно-  
гуманитарный колледж  
г. Воронеж, Россия

В существующих концепциях контроллинга, в том числе тех, которые наиболее фундаментально отражают его возможности, значимость и роль в менеджменте организации, тем не менее, превалирует финансовая, но не трудовая составляющая.

Основное понимание концепции контроллинга персонала, находится на пересечении двух плоскостей управления персоналом для достижения целей организации:

- как технология инструментарного управления персоналом, представляющий сложный объект управления, тонко, неоднозначно и неопределенно воспринимающий управленческое воздействие;
- как системный процесс управления персоналом на базе возможности критически оценивать ситуацию, самостоятельно или коллективно принимать управленческие решения [5].

В связи с этим появляется необходимость условного разграничения понятия «персонал» с точки зрения объекта и субъекта управления. В качестве объекта управления должно выступать следующее:

- весь коллектив работников, отдельная группа работников, каждый отдельный работник;
- отношения между участниками, возникающие по поводу выполнения ими производственных функций, решения производственных задач и достижения целей организации.

Для выработки технологии управления персоналом, базирующейся на соответствующем философии, миссии и целям организации методологическом и инструментарном оформлении, необходимо глубоко и сущностно изучить все признаки, свойственные персоналу как объекту и субъекту управления. Такая характеристика персонала приведена в таблице 1.

Знание персонала с позиции перечисленных признаков дает основу для разработки точно действующего инструментария и тонкой технологии мотивированного управленческого воздействия и мониторинга в контроллинге персонала [3].

Широкое понимание персонала в персонал-контроллинге инициирует утверждение, что он должен одновременно рассматриваться и как объект и как субъект управления. Такое понимание комментируется рисунком 1.

Таблица 1

Характеристика человека в составе персонала  
организации, как субъекта и объекта управления

Классификационные признаки человека в составе персонала	Характеристика по признакам
Человек экономический	Производитель и потребитель жизненных благ в одном лице
Человек социальный	Член коллектива: производственного, семейно-родственного; носитель определенного социального, профессионального статуса
Человек политический	Гражданин государства, член политической, общественной организации по интересам
Представитель класса	Наемный работник, собственник
Человек биологический	Носитель физической, интеллектуальной, эмоциональной энергии
Человек культурно-нравственный	Носитель определенной системы ценностей, культурных традиций и норм морали
Человек этнический	Представитель определенной национальности, нации, этноса
Человек разумный	Обладатель определенной системы знаний, носитель определенного интеллекта
Человек эмоционально-психологический	Носитель определенного темперамента и характера
Человек духовный	Обладатель атеистического или религиозного сознания, член той или иной религиозной концессии

В силу показанной на рисунке 1 двойственности проявления персонала в персонал-контроллинге в схему введены понятия «рефлексивное воздействие», которое персонал как субъект управления применяет для формирования комментирующей функции в управлении, и «комментирующая функция», реализуемая для выработки управленческого воздействия, направленного на персонал как на объект управления.

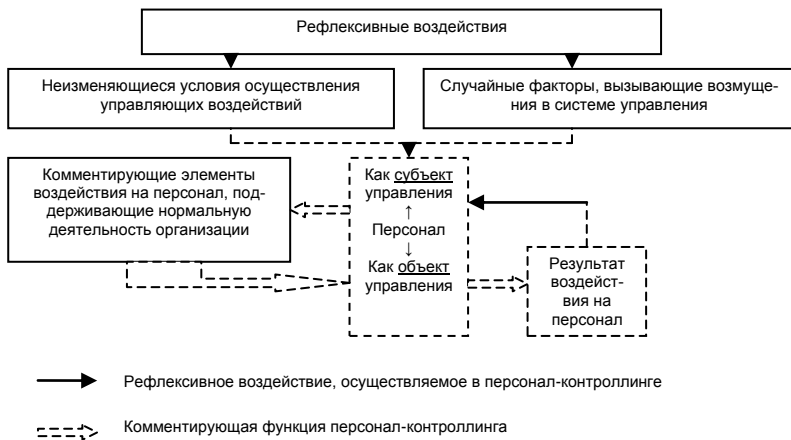


Рис. 1. Двойственность проявления персонала в персонал-контроллинге организации

Рефлексивные воздействия включают в себя следующее:

- неизменяющиеся условия осуществления управленческих решений, в том числе: производственно-технические факторы, структура фонда рабочего времени, система управления организацией и т.д.;
- случайные факторы, вызывающие возмущения в системе управления, неконтролируемые и заранее неизвестные, вызываемые различными форс-мажорными обстоятельствами;
- результаты воздействия на персонал (обратные связи в системе управления).

Таким образом, формирование системы контроллинга персонала базируется на следующих методологических положениях:

- формулирование и обеспечение требований к информационной базе контроллинга;
- установление границ функционального пространства контроллинга в персонал-менеджменте и менеджменте организации;
- установление целей персонал-контроллинга в организации и определение круга задач для достижения поставленных целей;
- разработка технологических процедур персонал-контроллинга организации [2].

В соответствии с излагаемой концепцией контроллинга показатели должны иметь свойства предупредительных сигналов об опасных отклонениях от нормального хода производственного процесса, работать на опережение.

Функциональное пространство персонал-контроллинга в управлении персоналом и менеджменте организации ограничено в пределах выполняемых функций:

- мониторинга использования человеческих ресурсов как фактора состояния экономики организации;
- сервисных услуг по обеспечению аналитической информацией для выработки обоснованных управленческих решений;
- комментирующего воздействия для реализации управляющей функции персонал-менеджмента;
- контроля и анализа экономичности системы персонал-контроллинга [6].

Персонал-контроллинг, имея конечной целью обеспечение прибыли и высокого экономического потенциала промышленных организаций, должен для этого достигнуть соответствующего кадрового потенциала. В соответствии с поставленной целью информацию о персонал-контроллинге с точки зрения его эффективности нужно оценивать в аспектах, указанных в таблице 2 с помощью приведенных в ней показателей.

Таблица 2

Оценка целей персонал-контроллинга

Аспект оценки	Содержание оценки	Показатели оценки
Эффективность	Вклад персонала в результат бизнес-деятельности организации	<u>Результаты</u> Затраты
Результативность	Использование персонала как трудового ресурса	<u>Расходы</u> Процесс
«Цена» персонал-контроллинга	Бюджетирование персонал-контроллинга	<u>Издержки</u> Период времени

В соответствии с выдвинутыми принципами, персонал-контроллинг базируется на трех основных составляющих:

- информационной поддержке процессов разработки и реализации комментирующих воздействий;
- набор типовых процедур для решения задач;
- система активизации персонала.

Эти составляющие образуют постоянно возобновляемый технологический цикл персонал-контроллинга в промышленной организации, схема которого приведена на рисунке 2.



Рис. 2. Схема технологического цикла персонал-контроллинга в промышленной организации

Важную роль в технологическом цикле также играет мониторинг выполнения заданий персонал-менеджмента. Он предусматривает такую последовательность действий, которая показана на рисунке 3.

Конечным управляемым элементом персонал-контроллинга является человек, коллектив, персонал. Только мотивированный персонал способен использовать и развивать свой главный резерв – трудовой потенциал. Поэтому существенным в системе мониторинга технологического цикла персонал-контроллинга, в единстве с персонал-менеджментом, является программа мотивации персонала к труду.

Через призму мотивации к труду должны формироваться все составляющие технологии контроллинга:

- подбора, отбора и найма персонала;
- развития персонала в соответствии со стратегией развития потенциала организации;
- служебного продвижения кадров;
- материальной компенсации и стимулирования результатов труда;
- работы с кадровым составом и «ключевыми» работниками персонала [4].

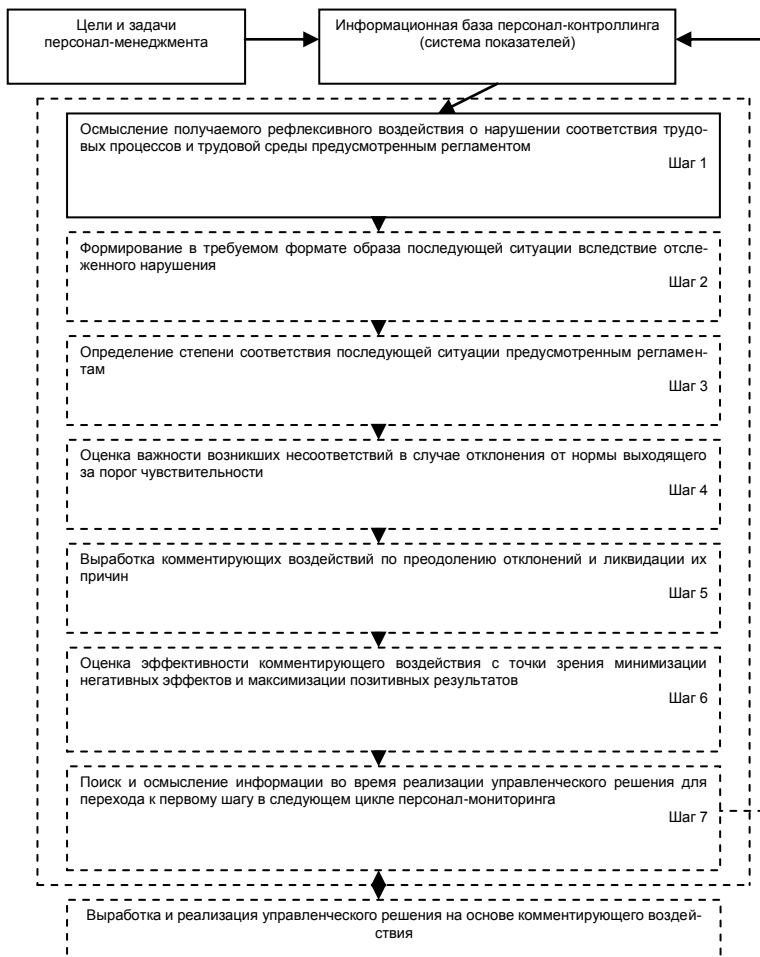


Рис. 3. Мониторинг в персонал-контроллинге промышленной организации

Формирование системы персонал-контроллинга промышленной организации в русле изложенной концепции должно быть адекватным его бизнес-деятельности, создавать условия для организации активизации персонала на основе системного подхода, обеспечивать оптимальное разделение и кооперацию управленческого труда, организационную структуру, технологию и инструментарий управления, мотивирующие персонал на развитие организационного потенциала, обеспечивая тем самым рост конкурентоустойчивости организации [1].

## Литература

1. Белоусов В.В. Стратегия развития персонала как фактор повышения конкурентоспособности промышленного предприятия [Текст]: автореферат диссерт. на соискание уч. степени канд. экон. наук. – Ижевск, 2007. – 25 с.

2. Воронин В.П. Технологии контроллинга в системе управления хлебопекарными предприятиями [Текст] / В. П. Воронин, В. М. Самойлов, Л. В. Смачкова. – Воронеж: ВГТА, 2006. – 136 с.

3. Воронин В.П. Трудовые конфликты в организации и пути их разрешения [Текст]: монография / В. П. Воронин, В. Ю. Падалкин, М. В. Олемский. – Воронеж: изд-во им. Е. А. Болховитинова, 2007. – 168 с.

4. Мерманн Э. Мотивация персонала. Инструменты мотивации для успеха организации [Текст] / Э. Мерманн; пер. с нем. Е. И. Высочинова. – Х.: Гуманитарный центр, 2007. – 184 с.

5. Полозова А.Н. Формирование системы персонал-контроллинга в производственных организациях [Текст] / А. Н. Полозова, С. В. Евсева // Проблемы региональной экономики. Вестник ЦИРЭ; под ред. проф. Ю. А. Корчагина. – Воронеж: ЦИРЭ, 2008. – Вып. 20. – С. 21-31.

6. Хорев А.И. Персонал-контролинг: концепция и инструментарий [Текст]: монография / А. И. Хорев, А. Н. Полозова, С. В. Евсева, Е. В. Горковенко. – Воронеж: «Научная книга», 2009. – 213 с.

Связь с автором: [boykovaek@yandex.ru](mailto:boykovaek@yandex.ru)

Подписано в печать 10.05.2012 г.  
Формат 84x108 1/16. Объем – 12,5 п.л.  
Тираж 77 экз. Заказ №136.  
Издательский центр ООО «Гравис».  
398002, г. Липецк, ул. Тельмана, 116  
Тел.: +7 (4742) 39-18-04





«Наука не является и никогда не будет являться законченной книгой. Каждый важный успех приносит новые вопросы. Всякое развитие обнаруживает со временем все новые и более глубокие трудности».

Альберт Эйнштейн

издательский центр

Гр̃авис