



**Министерство образования и науки  
Российской Федерации  
Рубцовский индустриальный институт (филиал)  
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический  
университет им. И.И. Ползунова»**

**СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ:  
ПРОБЛЕМЫ, СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Материалы III Всероссийской научно-технической конференции  
18-19 декабря 2013 г.

Рубцовск 2013

Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: Материалы III Всероссийской научно-технической конференции 18-19 декабря 2013 г. / Под ред. к.т.н., доцента Н.И. Черкасовой / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2013. – 295 с.

В сборник материалов научно-технической конференции «Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы», проходившей в Рубцовском индустриальном институте 18-19 декабря 2013 года, вошли статьи ученых, аспирантов и студентов вузов России, посвященные различным направлениям естественных и технических наук.

Материалы конференции могут быть интересны студентам, аспирантам, преподавателям школ, средних специальных и высших учебных заведений, широкому кругу читателей.

**Стилистика текстов сохранена в авторской редакции.**

**Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов.**

**Научные редакторы:**

**Обухова Г.А.** – к.ф.-м.н., доцент, заведующая кафедрой «Высшая математика, физика и химия», председатель секции «Фундаментальные и прикладные исследования в современной математике, физике, химии»

**Чернецкая Н.А.** – к.т.н., доцент кафедры «Наземные транспортные системы», председатель секции «Проблемы экологической безопасности»

**Шашок А.В.** – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Техника и технологии машиностроения и пищевых производств», председатель секции «Прогрессивные технологии в современном машиностроении»

**Площаднов А.Н.** - к.т.н., профессор кафедры «Наземные транспортные системы», председатель секции «Наземные транспортные системы»

**Черкасова Н.И.** – к.т.н., доцент, заведующая кафедрой «Электроэнергетика», председатель секции «Электроэнергетика и электротехника»

**Денисенко А.А.** – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Строительство и механика», председатель секции «Современные строительные технологии, машины, механизмы»

**Дудник Е.А.** – к.ф.-м.н., доцент, заведующая кафедрой «Прикладная математика», председатель секции «Информационные технологии в современном мире»

**Гриценко В.В.** - к.т.н., доцент, кафедры «Техника и технологии машиностроения и пищевых производств», председатель секции «Перспективы развития машинно-аппаратурного оформления пищевых производств»

## Содержание

### Секция 1. Фундаментальные и прикладные исследования в современной математике, физике, химии

<b>Аветисян Н.М., Цыганков А.Н., Самойлов В.С.</b> Математическое моделирование профиля скорости нелинейной вязкоупругой жидкости с использованием современного программного обеспечения	8
<b>Браксмейер Н.В., Темерев С.В.</b> Особенности распределения ионных форм мышьяка (III) в системе вода-антипирин-сульфосалициловая кислота	11
<b>Пономарев А.С.</b> Первый нанодвигатель	14
<b>Расказова Н.В.</b> Применение математического моделирования для решения геометрических задач	18
<b>Тыливанова Ю.А., Лейтес Е.А.</b> Исследование качества вод участков бассейнов рек Алей и верхней Оби	20
<b>Чеботарев В.К., Терентьев Р.А., Пасека А.Е., Аветисян Н.Н., Гордиенко А.Ю., Мурашкин Д.Е.</b> Аналитические возможности бутилдитиокрабамата натрия в титриметрических методах анализа	22

### Секция 2. Проблемы экологической безопасности

<b>Доровских А.К., Ильина Е.Г.</b> Правовое регулирование обращения с отходами за рубежом и в Российской Федерации	26
<b>Краснокутская Т.Ю., Краснокутский В.В.</b> Виолентность и пациентность трав в агрофитоценозе	30
<b>Никишин В.Н., Хлюпин В.Б.</b> Анализ экспериментальных исследований дизеля с впрыском воды в воздухозаборный трубопровод	33
<b>Никишин В.Н., Хлюпин В.Б.</b> Впрыск воды в цилиндры дизелей	38
<b>Никишин В.Н., Хлюпин В.Б.</b> Теоретические исследования дизеля с впрыском воды в воздухозаборный трубопровод	42
<b>Огрызкова О.С., Эйрих А.Н., Ильина Е.Г.</b> Содержание растворенных форм микроэлементов в воде Новосибирского водохранилища	46
<b>Уварова В.А.</b> Полимерные материалы на предприятиях подземной угледобычи и их пожарная и экологическая безопасность	49
<b>Чернецкая Н.А.</b> Применение программных комплексов для расчёта рассеивания вредных примесей в атмосфере от стационарных источников	52
<b>Чернецкая Н.А.</b> Ресурсосберегающие факторы приготовления питательной смеси в аппарате с лопастной мешалкой	56
<b>Чернецкая Н.А., Федоров Д.В.</b> Экологические аспекты утильных автошин	61

### Секция 3. Прогрессивные технологии в современном машиностроении

<b>Алексеев Н.С., Иванов С.В., Капорин В.А.</b> К вопросу определения износостойкости абразивных зерен при микрорезании	64
<b>Алексеев Н.С., Иванов С.В., Капорин В.А.</b> Методика исследования условного напряжения микрорезания и коэффициента трения	67

<b>Боровин Ю.М., Овчинников В.В.</b> Зарядовое распределение ионов в плазме дугового разряда при использовании различных катодов имплантера	72
<b>Демин А.А., Титов И.А.</b> Определение припуска высоты втулки при сборке трехэлементных прессовых соединений	76
<b>Иконников А.М., Силивакин В.С., Гребеньков Р.В.</b> Конструирование оснастки для магнитно-абразивного полирования путем имитационного моделирования	80
<b>Кангезова Е.А., Овчинников В.В.</b> Влияние температуры и длительности старения на структурно-фазовые превращения в стали 08X18H10T	83
<b>Маслов А.В., Епифанцев А.Н., Маслов А.А.</b> Особенности электрохимического калибрования отверстий	85
<b>Мустафин Г.А., Мустафина Т.В., Марширов И.В., Шаповалова Е.С., Верховская А.А.</b> Технология изготовления художественных отливок	88
<b>Мухаметшин И.Г., Мельников Л.В., Розов Е.В.</b> Гидромеханический дифференциальный механизм	92
<b>Мухаметшин И.Г., Розов Е.В., Мельников Л.В.</b> Автоматическая планетарная коробка передач	97
<b>Мухаметшин И.Г., Розов Е.В., Мельников Л.В.</b> Свойства дифференциальных механизмов с ведущим водилом	99
<b>Попов А.В., Пини Б.Е.</b> О револьверных головках токарных станков с дополнительным приводом вращения осевых инструментов	104
<b>Решетникова О.П., Королев А.В.</b> Перспективный способ лобового шлифования фасонных поверхностей	109
<b>Розов Е.В., Мухаметшин И.Г., Мельников Л.В.</b> Автоматическая трансмиссия с динамическими связями	112
<b>Светлова Т.Г., Балашов А.В., Фёдоров В.А.</b> Портативный плазмотрон для напыления порошковых покрытий	116
<b>Скормонов В.М., Васин А.Н.</b> Влияние свойств технологической смазки на геометрическую точность волочения инструментом с регулярной микрогеометрией рабочей поверхности	120
<b>Файзуллина Р.Ф., Мухтарова Т.И., Гусева Т.Н.</b> Методы модификации углеродных волокон	125
<b>Файзуллина Р.Ф., Мухтарова Т.И., Гусева Т.Н.</b> Методы повышения прочности сцепления углеродных волокон с полимерной матрицей на основе эпоксидной смолы	130
<b>Цень О.П., Попович П.В., Цень А.Б., Хомик Н.И.</b> Результаты экспериментальных исследований активных плоских ножей свеклоуборочных машин	135
<b>Цыганков А.В., Балашов А.В.</b> Способы управления показателями точности изготовления нежестких корпусных деталей	138

#### **Секция 4. Наземные транспортные системы**

<b>Алешков Д.С., Аюпова Н.Ю.</b> К вопросу создания снегоочистителей отбрасывающего действия	145
<b>Альмухаметов Д.Н., Валенцев М.С.</b> К вопросу применения гибридных подвесок в многоопорных машинах	148



<b>Артеменко М.И., Артеменко Е.М.</b> Рациональный подбор масла и периодичность замены, влияющей на износ деталей силовой передачи автомобилей КамАЗ и Урал	150
<b>Ахметханов Б.А., Басыров Р.Р.</b> Основные проблемы износа сцепления автомобиля	152
<b>Бахмацкий С.С., Зуев С.С., Камерлохер В.А.</b> Влияние дорожного полотна на устойчивость автомобиля	154
<b>Букин В.С.</b> Компоненты отработавших газов	159
<b>Войнаш А.С.</b> Многофункциональность навесных толкателей лесозаготовительных машин	163
<b>Войнаш А.С., Площаднов А.Н.</b> Энергосберегающая технология перемещения грузов по поверхности Луны	165
<b>Войнаш С.А., Площаднов А.Н.</b> Механизация возделывания картофеля при малых формах хозяйствования	167
<b>Гайнуллин Р.А., Басыров Р.Р.</b> Особенности контроля качества на заводах Форд	170
<b>Джевакаев А.А.</b> Математическая модель пневматической подвески с воздушным демпфированием	173
<b>Зимин С.А., Басыров Р.Р.</b> Анализ конструкции односкатной пневматической подвески для прицепов грузовых автомобилей	176
<b>Искалиев А.И., Победин А.В.</b> Опыт исследования шума в кабине трактора К-700а	179
<b>Касаев А.В., Войнаш А.С.</b> К вопросу о перспективной технологии отображения информации на рабочем месте оператора	181
<b>Мамин Л.Р., Румянцев В.В.</b> Сравнительная оценка потребительских свойств грузовых автомобилей с аналогами конкурентов	182
<b>Молчанов А.С.</b> Пневматическая подвеска сидения	185
<b>Периков Д.С., Окладников Д.Л., Сорокин А.А., Евсеев П.П.</b> К вопросу использования электромагнитных устройств в подвесках автомобилей	187
<b>Площаднов А.Н., Песков С.Г., Столяров М.А.</b> Повышение устойчивости и управляемости МТА регулируемым упругим элементом	191
<b>Соломатин А.В.</b> Экспериментальная проверка эффективности шумопоглощающих материалов для снижения уровня шума в кабине трактора	193
<b>Чернецкая Н.А., Алёшина А.Г., Добродомова Е.И.</b> Городские остановочные пункты. Безопасная и удобная организация	195
<b>Шилин В.В.</b> Виды конструкций планетарных роликовинтовых механизмов	198
<b>Шилин В.В.</b> Применение домкратов в вывешивании и горизонтировании пусковой установки (ПУ)	201
<b>Шилин В.В.</b> Сравнение роликовинтовой пары с гидравлическими и пневматическими системами	203
<b>Яковлев П.Ю., Зейгерман А.С., Курсов И.В.</b> Условие обеспечения управляемости трактора при установившемся повороте в междурядьях пропашных культур	205

## Секция 5. Электроэнергетика и электротехника

<b>Быковский Ю.В.</b> Светодиодные лампы, модули и дополнительное оборудование к ним – эффективный метод решения проблемы энергосбережения в г. Рубцовске	209
<b>Дмитроняк Р.Е.</b> Введение социального тарифа в Алтайском крае. Расчет изменения материальных расходов на электроэнергию	212
<b>Есаулов Е.Ю.</b> Компенсация реактивной мощности как средство сокращения затрат	215
<b>Иванова И.Ю., Черников К.Ю.</b> Производство светодиодных ламп	218
<b>Квачиненко А.С.</b> Тенденция развития альтернативных источников энергии в Алтайском крае	222
<b>Кузьяков С.С.</b> Влияние светодиодного освещения на здоровье человека	226
<b>Плеханов Г.В.</b> Анализ возможностей реализации нетрадиционной энергетики в условиях Алтайского края	230
<b>Рахимов Р.В., Трофимов А.С.</b> Снижение потерь в электрических сетях 10 кВ	233
<b>Тарасов А.С., Перекрест И.М., Бондаренко С.С.</b> Анализ методов хищения электрической энергии и борьбы с ними в бытовом секторе	238
<b>Тарская М.Е., Паль Ю.В.</b> Коммерческие потери электроэнергии	241
<b>Тарская М.Е., Паль Ю.В.</b> Пути снижения коммерческих потерь	244
<b>Татарникова А.Н.</b> Основные риски в системах сельского электроснабжения в условиях неопределенности	247

## Секция 6. Современные строительные технологии, машины, механизмы

<b>Бесклубова С.А., Швецов Г.И.</b> Рациональное распределение ресурсного потенциала Алтайского края в области индивидуального жилищного строительства	249
<b>Грузин А.В., Дедов А.С., Крутиков Е.И., Куликов А.В.</b> Пневматический ударный механизм с дифференциальным ударником и дроссельным каналом впуска воздуха во втулке цилиндрического корпуса	254
<b>Грузин А.В., Корнеев А.Н., Кутумов А.А., Писаный А.Д., Попова А.С.</b> Пневмоударный механизм с дроссельным каналом впуска воздуха на штоке дифференциального ударника	255
<b>Заикин А.Ю., Куликов А.В., Кутумов А.А., Писаный А.Д., Попова А.С.</b> Пневмоударный механизм с комбинированной системой впуска воздуха в рабочие камеры	257
<b>Заикин А.Ю., Кутумов А.А.</b> Новое оборудование для очистки автомобильных дорог от снежно-ледяных образований	258
<b>Калиниченко В.С.</b> Экспериментальные исследования мобильного подъемника пантографного типа тепловизионным методом	263

## Секция 7. Информационные технологии в современном мире

<b>Бузмаков А.Н., Дудник Е.А.</b> Численное решение задач Коши с краевыми условиями при моделировании процессов на атомном уровне	267
<b>Корженко Н.Б.</b> Планирование затрат кормовой базы	271

<b>Кудрявцева Е.К., Обухович Т.М.</b> Оптимизация формирования оборотного капитала предприятия	273
<b>Панчин Д.А., Обухович Т.М.</b> Оптимизация плана загрузки оборудования промышленного предприятия	275
<b>Ситник О.С.</b> Аспекты разработки графических изображений в Delphi	279
<b>Токарев Д.А.</b> Алгоритм использования мультимедийных технологий при создании аудиоплеера	281
<b>Токарев Д.А.</b> Анализ динамики отношений клеток на игровом поле игры «жизнь»	283
<b>Торопов М.Е.</b> Алгоритм моделирования процесса структурной деформации	286

#### **Секция 8. Перспективы развития машинно-аппаратурного оформления пищевых производств**

<b>Гребнева З.В., Корохов Д.А.</b> Получение экстракта травы вида Иван-чай на вибрационном экстракторе	288
<b>Корохов Д.А., Гребнева З.В.</b> Получение экстракта листьев облепихи на вибрационном экстракторе	292

## **Секция 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ МАТЕМАТИКЕ, ФИЗИКЕ, ХИМИИ**

**Председатель секции: кандидат физико-математических наук, заведующая кафедрой «Высшая математика, физика и химия» Обухова Галина Александровна**

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОФИЛЯ СКОРОСТИ НЕЛИНЕЙНОЙ ВЯЗКОУПРУГОЙ ЖИДКОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

**Н.М. Аветисян, А.Н. Цыганков, В.С. Самойлов**  
*Рубцовский индустриальный институт (филиал)*  
*ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный*  
*технический университет им. И.И. Ползунова»*

В статье описываются результаты моделирования динамики полимерной среды, находящейся в вязкотекучем состоянии. Динамика полимерной среды, находящейся в вязкотекучем состоянии, описана в рамках реологической модели нелинейной вязкоупругой жидкости с одним тензорным внутренним термодинамическим параметром.

Полимерные материалы и изделия на их основе находят все большее применение на практике. Это связано не только с тем, что они используются в качестве заменителей дерева, металлов, растительных волокон и пр., но и с тем, что полимеры демонстрируют ряд уникальных свойств, позволяющих использовать их в качестве матрицы при производстве наноматериалов и нанокompозитов. Что приводит к увеличению мирового производства полимеров и к необходимости разработки новых технологий их переработки. Одним из преимуществ использования полимеров является то, что они легко переходят в вязкотекучее состояние, что существенно упрощает их переработку. Это повышает актуальность задачи о математическом моделировании динамики полимерных сред, находящихся в вязкотекучем состоянии.

При описании течений растворов и расплавов линейных полимеров в различных узлах технологического оборудования важную роль играет формулировка реологического определяющего соотношения, которое устанавливает связь между кинематическими характеристиками потока и внутренними термодинамическими параметрами.

В настоящее время можно отметить наличие устойчивого развития математических методов в области моделирования полимерных жидкостей. Это связано с применением микроструктурного подхода к получению реологических определяющих соотношений и выражается в том, что удалось сформулировать замкнутую систему уравнений динамики и выполнить ряд нетривиальных расчетов на базе этой системы. Достоинством микроструктурного подхода является возможность проследить связь между

макро- и микро- характеристиками полимерной системы, а его основу составляют уравнения динамики макромолекулы.

Для математического моделирования в качестве реологической модели выбрана модифицированная модель Виноградова-Покровского, как хорошо зарекомендовавшая себя при описании стационарных и нестационарных вискозиметрических функций. Рассматривалась система уравнений в частных производных первого порядка, для решения которой был использован метод конечных элементов.

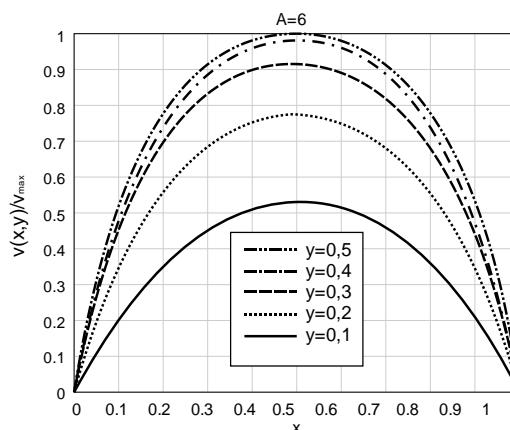


Рис. 1. Влияние градиента давления на вид профиля скорости при различных расстояниях до оси канала

Параметр  $A$  – градиент давления характеризует гидродинамические свойства потока и достаточно просто может изменять свои значения в опытах. Поэтому рассматривалось влияние этого параметра на вид профиля скорости. Рассчитанная численно зависимость  $w = w(x, y)$  представляет собой гладкую поверхность с одним максимумом, достигаемым в точке  $(0,5; 0,5)$ . Максимальное значение скорости растет с ростом перепада давления  $A$ . Профиль скорости  $w = w(x, y)$  симметричен относительно плоскостей  $x = 0,5$  и  $y = 0,5$ . На рисунке 2 представлены сечения профиля скорости  $w = w(x, y)$  плоскостью  $y = 0,5$  для различных значений перепада давления  $A$ .

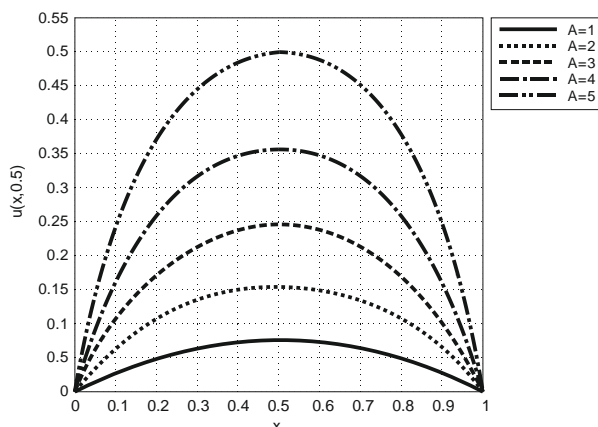


Рис. 2. Профиль скорости

Также можно отметить, что при малых значениях параметра  $A$  сечения профиля скорости мало отличаются от параболического, а с ростом  $A$  отклонение от параболического профиля увеличивается, как это видно из рисунка 2.

Отмеченное здесь отклонение сечений профиля скорости от параболического наблюдается и в экспериментальных данных [4,5].

COMSOL Multiphysics – это мощная интерактивная среда для моделирования и расчетов большинства научных и инженерных задач, основанных на дифференциальных уравнениях в частных производных (PDE) методом конечных элементов.

На «вход» канала подается треугольный профиль продольной скорости (рис. 3). На «выходе» канала необходимо получить установившееся течение полимерной среды, имеющей параболический профиль продольной скорости (рис. 4).

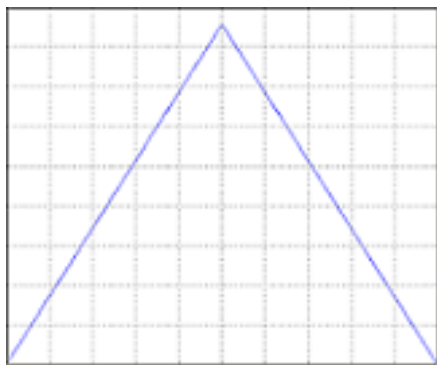


Рис. 3. Треугольный профиль скорости

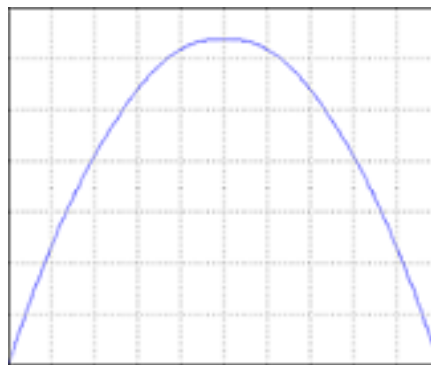


Рис. 4. Параболический профиль скорости

Вводим все необходимые параметры модифицированной реологической модели Виноградова-Покровского [1] в среду моделирования COMSOL Multiphysics. Выполнив расчет задачи средствами математического программного обеспечения, получаем результат, изображенный на рис. 5.

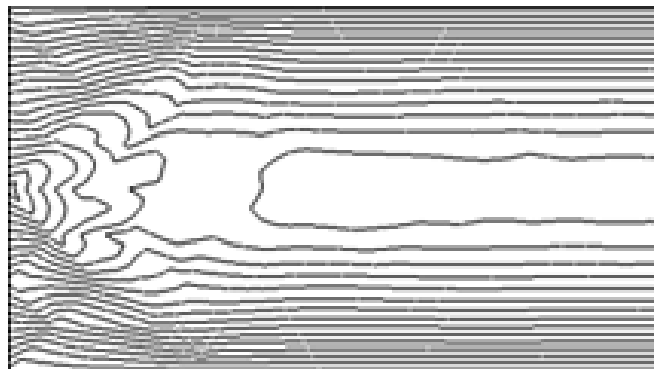


Рис. 5. Результат расчета

### Список литературы

1. Пышнограй Г.В., Покровский В.Н., Яновский Ю.Г., Карнет Ю.Н., Образцов И.Ф. Определяющее уравнение нелинейных вязкоупругих (полимерных) сред в нулевом приближении по параметрам молекулярной теории и следствия для сдвига и растяжения // Докл. АН, 1994, Т. 335, №9, С. 612-615.
2. Кузнецова Ю.Л., Скульский О.И., Пышнограй Г.В. Течение нелинейной упруговязкой жидкости в плоском канале под действием заданного градиента давления // Вычислительная механика сплошных сред, 2010, Т. 3, №2, С. 55-69.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: учебное пособие. В 10 томах. Т. 6, Гидродинамика. М.: Наука, 1988, 736 с.
4. Schmidt M., Wassner E., Munshtedt H. Setup and Test of a Laser Doppler Velocimeter for Investigations of Flow Behaviour of Polymer Melts// Mechanics of Time-Dependent Materials, 1999, v. 3, h. 371-393.
5. Wassner E., Schmidt M., Munstedt H. Entry flow of a low-density-polyethylene melt into a slit die: An experimental study by laser-Doppler velocimetry // J. Rheol., 1999, 43(6), P. 1339-1353.

## **ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИОННЫХ ФОРМ МЫШЬЯКА (III) В СИСТЕМЕ ВОДА – АНТИПИРИН – СУЛЬФОСАЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА**

Н.В. Браксмейер, С.В. Темерев

*ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет»*

В работе обсуждены особенности распределения ионных форм As (III) в системе вода – антипирин – сульфосалициловая кислота.

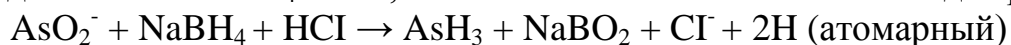
Методом вольтамперометрии определена эффективность извлечения As (III) *in situ* в гидрато-сольватный концентрат органической фазы, формирующийся в нижней части системы вследствие протолитического взаимодействия между компонентами.

На модельных системах методом «введено-найдено» определены степень извлечения ( $89 \pm 3\%$ ) и коэффициент распределения ( $25 \pm 6$ ) мышьяка. Величины степени извлечения As (III), вводимого в виде хлоридного комплекса, свидетельствует о побочных реакциях окисления ионных форм As(III) до As(V) растворенным кислородом в кислых хлоридных растворах.

### **Методическая часть**

Аналитический сигнал мышьяка регистрировали с помощью компьютерного анализатора «Экотест-ВА» стеклоуглеродным рабочим электродом, хлоридсеребряным электродом сравнения и платиновым вспомогательным электродом. Для взятия аликвот ГСО  $1 \text{ мкг As(III) в см}^3$  использовали дозаторы пипеточные типа П 1 по ТУ 64-13329-81 с дискретностью установки доз  $0,01 - 1,00 \text{ см}^3$  (10-1000 мкл). Для приготовления кислых водных хлоридных растворов использовали хлороводородную концентрированную кислоту, «х.ч»,  $\rho^{20} = 1190 \text{ кг/м}^3$ , ГОСТ 3118-95, разбавляя до необходимой концентрации, либо  $0,1 \text{ М HCl}$  готовили из фиксаля. Антипирин – фармакопейный препарат. Сульфосалициловая кислота –

дигидрат, «ч.д.а.» ГОСТ 4478-78. Для восстановления мышьяка(III) до арсина – щелочной 3%-ный щелочной раствор  $\text{NaBH}_4$ , который готовили из гидроксида натрия, «ч.д.а.», ГОСТ 4228-77 и борогидрида натрия, «ч.д.а.». По литературным данным [1], электроактивный мышьяк в степени окисления (+3) при взаимодействии с  $\text{NaBH}_4$  на 99,9% химически восстанавливается до арсина:



Арсин концентрировали в приэлектродной области при потенциале стеклоуглеродного электрода (-1,4В) в течение 30 секунд относительно хлоридсеребряного электрода сравнения [2]. При электролизе арсина в электроде протекала следующая реакция восстановления  $\text{As(III)}$  до  $\text{As(0)}$  из гидроксида в рабочем растворе:  $\text{AsH}_3 \rightarrow \text{As}^0 + 3\text{H}^+ + 3\text{e}^-$  ( $E^0 = -0,54$  В [3, С. 233]) Развертку проводили из катодной области в анодную с использованием квадратно-волнового режима регистрации вольтамперных кривых со скоростью 50 мВ/сек. Таким образом, получены вольтамперограммы рабочих растворов мышьяка в области определяемых концентраций от 3,2 мкг/л до 38,7 мкг/л, приготовленных из ГСО  $\text{As(III)}$  1 мг/см<sup>3</sup> путем последовательного разбавления. В дальнейших экспериментах перед каждой серией определений мышьяка стеклоуглеродный электрод протирали спиртом с активированием рабочей поверхности в кипящей дистиллированной воде. Активированный стеклоуглеродный рабочий электрод помещали в анализируемый раствор. Избыток газообразного водорода из анализируемого раствора удаляли аргоном. Ранее методика использована для определения мышьяка в поверхностных водах бассейна Оби [4].

*Приготовление модельных расслаивающихся систем вода – антипирин – сульфосалициловая кислота.* Серии модельных расслаивающихся систем готовили в 5-мерных градуированных центрифужных пробирках. В мерных пробирках смешивали 1,0 г антипирина (фармакопейный препарат) и 0,5 г сульфосалициловой кислоты (ч.д.а.) (мольное соотношение реагентов около 2:1) и добавляли по 4 мл воды. Далее в каждую пробирку вносили соответственно 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,50 мг  $\text{As(III)}$ , добавляли дистиллированную воду до общего объема 5 мл. После встряхивания системы расслаивались. Затем отдельно исследовали водную (верхнюю) и органическую (нижнюю) фазы. Для взятия аликвот ОФ объемом 5 мкл использовали хроматографический шприц объемом 10 мкл. ОФ наносили на активированный, как описано выше, стеклоуглеродный электрод и помещали в 0,1 М раствор  $\text{HCl}$ , тщательно обработанный аргоном. В результате получены вольтамперограммы рабочих растворов ГСО  $\text{As(III)}$  органической и водной фаз. Значимый статистически свободный член уравнения линейной регрессии  $h$ , см =  $0,09 + 0,29 C_{\text{As}}$ , [мкг/л] связан с непосредственным влиянием матрицы. Линейность ( $r=0,992$ ) градуировочного графика и малый коэффициент неучтенных факторов (0,10) при значимом статистически тангенсе угла наклона (0,30) подтверждают правильность полученных результатов определения мышьяка в рафинате модельных систем без органического растворителя.

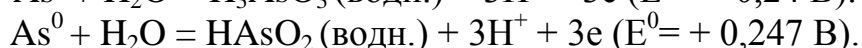
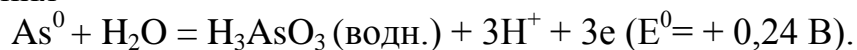


Результаты исследования модельных систем с добавками мышьяка представлены в таблице 1.

Таблица 1

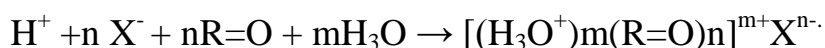
Результаты метода «введено-найденно» модельных систем вода – антипирин – сульфосалициловая кислота				
Введено As(III), мг	Найдено As(III), мг/мл		R, %	D
	В водной фазе	В органической фазе		
0,10	0,006	0,094	84,6	15,7
0,20	0,008	0,192	88,3	24,0
0,30	0,011	0,289	90,2	26,8
0,40	0,013	0,385	91,2	29,6
0,50	0,015	0,486	91,1	32,4
Средние величины			89±3	25±6

Электроактивной формой для ИВ-измерений использован мышьяк в степени окисления (+3); электронакопление выполняли на коммерческом стеклоуглеродном электроде в форме  $As^0$ . Аналитический сигнал на вольтамперной кривой получали в виде предельного диффузионного тока при потенциалах около  $E = 0,10$  В относительно хлоридсеребряного электрода сравнения. В результате электрохимической реакции по схеме  $As^0 \rightarrow As(III) + 3e^-$  [3, С. 233]. При этом фазовый состав формирующихся продуктов окисления дополнительно не исследовали. Вероятно, протекают согласно [13, с. 233] реакции окисления

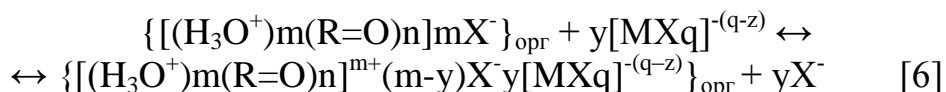


Уровень аналитического сигнала можно увеличить путем введения в раствор ионов золота, меди и других ионов, но дополнительные операции могут вызвать увеличение уровня контрольного опыта. Несмотря на гидрофильность органической фазы модельных систем (введено 4,0 мл воды, а объем водной фазы 3,7-3,8 мл) и незначительное отношение объемов расслаивающихся фаз (2,8-3,2), гидратосольват органической фазы оказался эффективным экстрагентом As(III) при однократной экстракции.

Вода выступает единственным жидким компонентом расслаивающейся системы с кислотно-основным взаимодействием [5]. При контакте кислородсодержащего экстрагента  $R=O$  с кислым раствором микроэлемента  $M^{+z}$  происходит образование в органической фазе катионных гидрато – сольватов, заряд которых скомпенсирован анионами соответствующей кислоты:



Переход экстрагируемого, например, хлоридного ( $X^-$ ) ацидокомплекса  $[MXq]^{-(q-z)}$  в органическую фазу можно рассматривать как реакцию анионного обмена



При экстракции по гидрато-сольватному механизму существенную роль играет форма существования экстрагируемого вещества в водном растворе. Расслаивание в подобных системах, а главное, селективность извлечения в ОФ зависит от анионного фона.

#### Список литературы

1. Добош Д. Электрохимические константы. Справочник для электрохимиков. – М.: Мир, 1980. – 365 с. С. 229.
2. Немондрук А.А. Аналитическая химия мышьяка. – М.: Наука, 1976. – 244.
3. Новый справочник химика и технолога. Аналитическая химия в 2 частях: часть 1.: НПО «Профессионал». – Санкт – Петербург, 2007. – 984 с.
4. Петров Б.И. Диантипирилметаны как экстракционные реагенты // Журнал аналитической химии. – 1983. Т. 38, №11. С. 2051-2077.
5. Темерев С.В. Электрохимический способ определения мышьяка в природных объектах: Патент РФ №2269711 от 05.10.2004 г.
6. Темерев С.В., Кондакова И.Ю. Определение мышьяка в поверхностных водах бассейна Оби // ЖАХ. Т. 61, №11. С. 108-119.

### ПЕРВЫЙ НАНОДВИГАТЕЛЬ

А.С. Пономарев

*Рубцовский индустриальный институт (филиал)*

*ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова»*

Немецкие теоретики из университета Аугсбурга предложили оригинальную модель электродвигателя, работающего на законах квантовой механики. К двум атомам, помещенным в кольцеобразную оптическую решетку при очень низкой температуре, прикладывается специально подобранное внешнее переменное магнитное поле. Один из атомов, который ученые назвали «носителем», начинает свое движение по оптической решетке и через некоторое время выходит на постоянную скорость, второй атом играет роль «стартера» – благодаря взаимодействию с ним «носитель» начинает свое движение. Вся конструкция получила название квантового атомного двигателя. Первый работающий электрический двигатель был сконструирован и продемонстрирован в 1827 году венгерским физиком Аньошом Йедликом. Совершенствование разнообразных технологических процессов приводит к миниатюризации разнообразных приборов, включая устройства по преобразованию электрической или магнитной энергии в механическую. Спустя почти 200 лет с момента создания первого электродвигателя их размеры достигли микрометрового рубежа и шагнули уже в нанометровую область.

Один из многочисленных проектов электродвигателя в микро/наномасштабе был в 2003 году предложен и реализован американскими учеными.

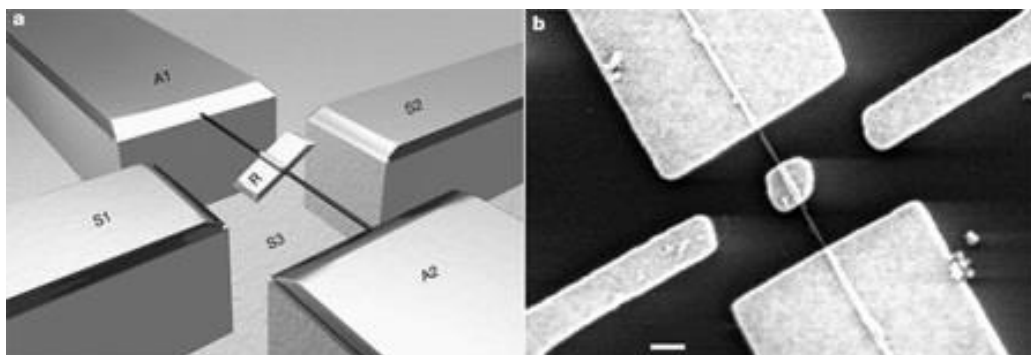


Рис. 1. Схематический рисунок наноэлектродвигателя

а) Металлическая пластина-ротор (R) крепится на многостенную углеродную нанотрубку. Электрический контакт к плоскости ротора осуществляется через углеродную нанотрубку и анкеры (A1, A2). Три электрода-статора (S1, S2, S3), находящихся на подложке из оксида кремния  $\text{SiO}_2$ , играют роль контролирующих элементов вращения ротора – на них независимо друг от друга подается электрическое напряжение. б) Изображение электродвигателя, сделанное при помощи сканирующего электронного микроскопа. Длина масштабной линейки 300 нм.

А недавно физики-теоретики из Германии предложили модель двигателя, обладающего микрометровыми размерами и работающего на законах квантовой механики.

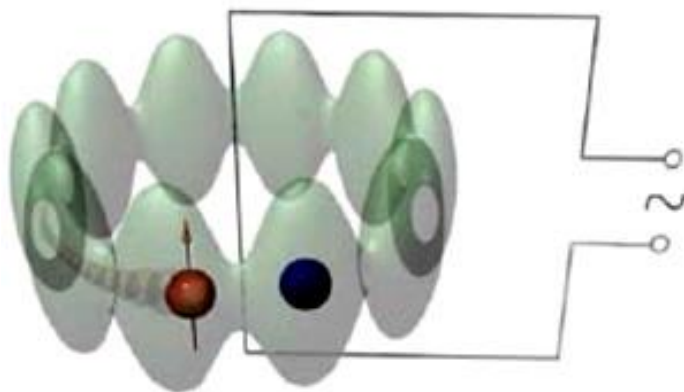


Рис. 2. Атомный квантовый двигатель. Два различных ультрахолодных атома (коричневый и синий шары) находятся в кольцеобразной оптической решетке

Двигатель представляет собой две взаимодействующие частицы – два атома, располагающихся в кольцеобразной оптической решетке и находящихся при очень низкой температуре (рис. 2). Оптическая решетка – это ловушка для таких ультрахолодных атомов (с температурой порядка милли- или микро-кельвинов), создаваемая интерферирующими лазерными лучами.

Первый атом – «носитель» (коричневый шар на рис. 2), второй атом – «стартер» (синий шар). Изначально частицы не возбуждены и находятся на дне энергетической ямы решетки (на уровне с минимально возможным значением энергии). К оптической решетке прикладывается внешнее переменное во времени магнитное поле (управляющий сигнал), влияющее на «носитель» и не влияющее на «стартер». Запуск этого двигателя, в результате которого «носитель» начинает свое круговое движение в оптической решетке, осуществляется посредством взаимодействия с другой частицей – «стартером». Наличие атома-«стартера» в таком устройстве необходимо для полноценной работы квантового двигателя. Если бы второй частицы не было, то атом-«носитель» не смог бы начать свое направленное движение по оптической решетке. То есть задача атома-«стартера» – инициировать запуск этого двигателя, дать ему старт. Собственно, отсюда и название второй частицы. Спустя некоторое время «носитель», уже под действием переменного сигнала в виде внешнего магнитного поля, выходит на пик своей мощности – скорость движения атома достигает максимума и в дальнейшем остается постоянной.

Теперь несколько слов об условиях эффективной работы такого квантового атомного двигателя. Теоретические изыскания немецких ученых показали, что внешнее переменное магнитное поле должно состоять из двух гармонических компонент с заданными амплитудами и с некоторым сдвигом фаз между ними. Этот сдвиг фазы между компонентами играет в работе двигателя ключевую роль – он позволяет управлять двигателем, то есть менять скорость и направление движения «носителя». Если бы использовался просто гармонический сигнал и магнитное поле изменялось во времени, например, по закону синуса, то «носитель» с равной вероятностью мог бы двигаться в оптической решетке по или против часовой стрелки, и регулировать направление и скорость его движения было бы невозможно. На рис. 3 приведен график, представляющий скорость и направление вращения «носителя» как функцию разности фаз двух гармоник, рассчитанную с помощью разных квантово-механических подходов.

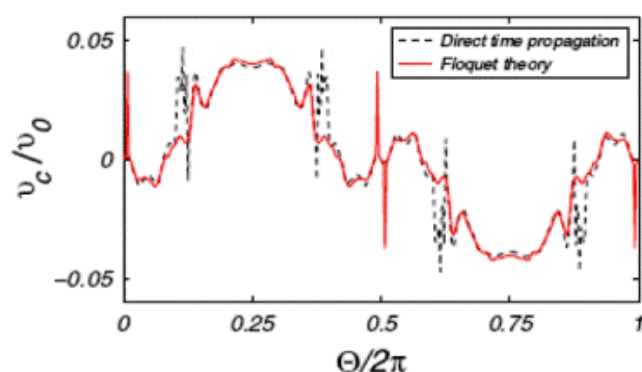


Рис. 3. Зависимость скорости движения атома-«носителя» от разности фаз гармоник (компонент) и управляющего магнитного поля, рассчитанная двумя разными квантово-механическими методами (сплошная линия и пунктирная)

Отрицательное значение скорости соответствует другому направлению вращения. Скорость носителя измеряется в единицах некоторой характерной скорости  $v_0$ . Видно, что максимум скорости «носителя» будет наблюдаться, когда разность фаз равна  $\pi/2$  и  $3\pi/4$ . Отрицательное значение скорости означает, что атом («носитель») вращается в противоположную сторону. Кроме того, удалось установить, что скорость атома-«носителя» будет выходить на свое постоянное значение лишь тогда, когда число узлов оптической решетки будет больше или равно 16 (см. рис. 3, число узлов – это, грубо говоря, число перемычек между «холмами»). Так, на рис. 3 зависимость скорости «носителя» от разности фаз рассчитана для 16 узлов оптической решетки. Чтобы описываемое здесь устройство можно было назвать полноценным двигателем, необходимо еще выяснить, как оно работает под действием какой-либо нагрузки. В обычном двигателе величину нагрузки можно описать как момент каких-либо внешних сил или силы. Увеличение нагрузки приводит к уменьшению скорости вращения двигателя, при дальнейшем увеличении момента сил двигатель может начать с возрастающей скоростью вращаться в обратную сторону. Если же изменить направление приложения момента сил, то увеличение нагрузки приведет к увеличению скорости вращения двигателя. В любом случае, здесь важно то, что плавное непрерывное увеличение нагрузки дает такое же плавное и непрерывное изменение скорости вращения двигателя. Можно сказать, что зависимость скорости вращения от величины нагрузки двигателя является непрерывной функцией.

Совершенно иначе обстоит дело с квантовым атомным двигателем. Во-первых, существует множество запрещенных значений момента внешних сил, при которых квантовый двигатель работать не будет – скорость «носителя» будет равна нулю (если, конечно, исключить тепловое движение атома). Во-вторых, при увеличении разрешенных значений нагрузки скорость двигателя ведет себя немонотонным образом: рост момента сил приводит вначале к возрастанию скорости «носителя», потом к его уменьшению, а после этого – к смене направления вращения атома с одновременным ростом скорости движения. Вообще говоря, зависимость скорости движения «носителя» от величины нагрузки будет дискретной функцией, обладающей еще и фрактальными свойствами. Свойство фрактальности означает, что вышеописанное поведение квантового атомного двигателя будет повторяться в регулярно уширяющемся интервале значений нагрузки.

Экспериментаторы уже успели отреагировать на опубликованную статью немецких теоретиков. Они считают, что поместить два отдельно взятых атома в такую кольцеобразную оптическую решетку технически, может, и реально, но очень сложно. Кроме того, неясно, как извлечь полезную работу из такого двигателя. Так что неизвестно, будет ли реализован проект такого квантового атомного двигателя или он так и останется красивой моделью на бумаге у теоретиков.

#### Литература

1. <http://220.kovalevi.ru/463-pervyy-nanoelektrodvigatel.html>.

# ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ<sup>1</sup>

Н.В. Рассказова

*Рубцовский индустриальный институт (филиал)  
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова»*

В работе рассматривается применение методов математического моделирования для нахождения экстремальных значений интегралов поперечных мер Минковского для прямоугольных параллелепипедов с заданным геодезическим диаметром.

*Математическое моделирование* – процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью, и исследование этой модели, позволяющее получать характеристики рассматриваемого реального объекта. Математическое моделирование применяется в самых различных областях знаний, в том числе его можно также применять и для решения геометрических задач.

Рассмотрим следующую задачу. Пусть  $P = ABCDA'B'C'D'$  – прямоугольный параллелепипед в трехмерном евклидовом пространстве с ребрами длины  $|AB|=a$ ,  $|AD|=b$ ,  $|AA'|=c$ , где  $0 \leq a \leq b \leq c$ . Введем следующие обозначения:  $\partial(P)$  – поверхность параллелепипеда  $P$  (его граница в естественной топологии трехмерного евклидова пространства);  $d(M, N)$  – геодезическое (внутреннее) расстояние между точками  $M \in \partial(P)$  и  $N \in \partial(P)$ , то есть минимум длин ломаных, лежащих в  $\partial(P)$  и соединяющих точки  $M$  и  $N$ ;  $D(P)$  – геодезический (внутренний, в другой терминологии) диаметр параллелепипеда  $P$  (точнее, его поверхности).

Параллелепипеду  $P$  можно сопоставить следующие интегралы поперечных мер Минковского  $W_i$ ,  $i = 0, 1, 2, 3$  [8]:

$$W_0(P) = V(P), \quad W_1(P) = F(P)/3, \\ W_2(P) = M(P)/3, \quad W_3(P) = 4\pi/3,$$

где  $V(P) = abc$  – объем,

$F(P) = 2(ab + ac + bc)$  – площадь поверхности,

$M(P) = \pi(a + b + c)$  – интеграл средней кривизны.

Найдем экстремальные значения интегралов поперечных мер Минковского (исключая тривиальный случай константы  $W_3(P) = 4\pi/3$ ) для прямоугольного параллелепипеда  $P$  с заданным геодезическим диаметром.

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента РФ для поддержки молодых российских ученых и ведущих научных школ (код проекта НШ-921.2012.1) и гранта ФЦПК (соглашение №8206, заявка №2012-1.1-12-000-1003-014).

Для решения поставленной задачи были применены численные, а затем и аналитические методы математического моделирования. На начальном этапе решения задачи большим подспорьем являлась система аналитических вычислений Maple, которая позволяет производить расчеты, используя готовые математические функции и методы. Далее для нахождения экстремальных значений вышеприведенных характеристик были разработаны вычислительные алгоритмы с применением таких численных методов, как метод градиентного спуска для поиска экстремума функции нескольких аргументов, метод золотого сечения для поиска экстремума функции одного аргумента.

Аналитические доказательства рассматриваемых задач (см. [4, 5]) подтвердили адекватность решений, полученных с помощью численных методов математического моделирования. Более того, теоретическое обоснование полученных численных решений гораздо легче получить, когда уже известны предварительные численные результаты.

Соотношения сторон, на которых достигаются экстремальные значения интегралов поперечных мер Минковского, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Мера прямоугольного параллелепипеда	Соотношение сторон для максимума	Соотношение сторон для минимума	Автор
Площадь поверхности	$1:1:\sqrt{2}$	$a = b = 0$	Ю.Г. Никоноров, Ю.В. Никонорова [9]
Интеграл средней кривизны	$0:1:1$	$0:0:1$	Н.В. Рассказова [4]
Объем	$1:1:\sqrt{2}$	$a = 0$	Н.В. Рассказова [5]

Заключительным этапом работы над поставленной задачей было написание программного комплекса «Экстремальные значения интегралов поперечных мер Минковского для параллелепипедов» [6]. В программе реализованы численные методы расчета следующих экстремальных значений интегралов поперечных мер Минковского для прямоугольных параллелепипедов с заданным геодезическим (внутренним) диаметром: максимального объема, максимальной площади поверхности, максимального и минимального значений интегралов средней кривизны; расчет геодезического (внутреннего) диаметра и других основных формул для прямоугольного параллелепипеда.

#### Список литературы

1. Вялый М.Н. Кратчайшие пути по поверхности параллелепипеда // Математическое просвещение, сер. 3, М.: Изд-во МЦНМО. 2005. Т. 9. С. 203-206.
2. Голованов Н.Н. Геометрическое моделирование. М.: Издательство Физико-математической литературы, 2002. 472 с.

3. Никоноров Ю.Г., Никонорова Ю.В. О внутреннем расстоянии на поверхности параллелепипеда / Труды Рубцовского индустриального института. 2000. Т. 9. С. 222-228.

4. Рассказова Н.В. Экстремальные значения интеграла средней кривизны на множестве параллелепипедов с заданным геодезическим диаметром // Владикавказский математический журнал. 2013. Т. 15. Вып. 2. С. 78-82. URL: [http://vmj.ru/articles/2013\\_2\\_9.pdf](http://vmj.ru/articles/2013_2_9.pdf).

5. Рассказова Н.В. Экстремальные значения объема на трехмерных параллелепипедах с заданным геодезическим диаметром // Владикавказский математический журнал (в печати).

6. Рассказова Н.В. Программа для ЭВМ «Экстремальные значения интегралов поперечных мер Минковского для параллелепипедов» // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013619348 от 02.10.2013.

7. Сантало Л.А. Интегральная геометрия и геометрические вероятности. М.: Наука, 1983. 360 с.

8. Хадвигер Г. Лекции об объеме, площади поверхности и изопериметрии. М.: Наука, 1966. 416 с.

9. Nikonorov Yu.G., Nikonorova Yu.V. The intrinsic diameter of the surface of a parallelepiped // Discrete and Computational Geometry. 2008. Vol. 40. P. 504-527.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОД УЧАСТКОВ БАССЕЙНОВ РЕК АЛЕЙ И ВЕРХНЕЙ ОБИ**

Ю.А. Тыливанова, Е.А. Лейтес

*ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет»*

Для исследования вод непитьевого назначения взяты пробы реки Алей (г. Рубцовск), рек Барнаулки (г. Барнаул) и сточные воды (г. Камень-на-Оби), питьевого назначения – водопроводная вода (г. Барнаул и г. Рубцовск), колодезная вода (г. Рубцовск), вода из скважины и водонапорной башни (г. Камень-на-Оби).

Изучение химического состава и определение физико-химических характеристик проводили традиционными химическими и инструментальными методами анализа.

Содержание железа, марганца и нитрит-ионов в водах рек Алей и Барнаулки превышает предельно допустимые концентрации данных веществ в воде. Нитриты появляются в воде главным образом в результате биохимического окисления аммиака или восстановления нитратов. В поверхностных водах в присутствии достаточных количеств кислорода при высоких значениях окислительно-восстановительного потенциала доминируют процессы биохимического окисления. Восстановление нитратов с образованием нитритов протекает в условиях дефицита кислорода в придонных слоях воды и в донных отложениях. Повышенное содержание марганца и железа имеется в колодезной воде г. Рубцовска и реке Барнаулке.



Таблица 1

Результаты химического анализа исследования вод питьевого назначения  
(мг/дм<sup>3</sup>)

№	рН ед	Ок-сть	Щел-ть	Железо	Хлорид	Марганец	Нитрит-ион	Жест-сть
1	8,1±0,1	5,6±1,7	4,9±0,2	3,14±0,03	16±0,1	4,80±0,001	0,02±0,005	0,67±0,2
2	7,8±0,1	4,0±1,7	5,0±0,2	0,52±0,03	35,2±0,1	0,10±0,001	0,016±0,005	0,29±0,2
3	8,4±0,1	4,8±1,7	5,3±0,2	0,40±0,03	45,3±0,1	0,05±0,001	0,015±0,005	0,15±0,2
4	6,3±0,1	4,7±1,7	1,5±0,2	0,20±0,03	4,3±0,1	0,05±0,001	0,018±0,005	1,60±0,2
5	7,7±0,1	5,2±1,7	5,0±0,2	0,20±0,03	4,9±0,1	0,05±0,001	0,680±0,005	5,50±0,2
6	6,5-8,5	<15	-	<0,3	<350	<0,1	<3,3	<10

1. Колодезная вода (Рубцовск); 2. Водопроводная вода (Рубцовск); 3. Водопроводная вода (Барнаул); 4. Водонапорная башня (Камень-на-Оби); 5. Скважина (Камень-на-Оби); 6. Величина допустимого уровня.

В течение всего периода наблюдений, с ноября по май, содержание железа в реке Барнаулке варьировало в пределах значений 4,9-8,3 мг/дм<sup>3</sup>, что в 3,8-27 раз превышает значения ПДК. В этот же период времени содержание железа в колодезной воде составляло 0,15-0,25 мг/дм<sup>3</sup>, что превышает ПДК в 0,5-0,8 раз. Содержание марганца в реке Барнаулке – 0,60-2,34 мг/дм<sup>3</sup>, что превышает в 2-8 раз значение ПДК (0,3 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание в колодезной воде марганца – 0,70-0,85 мг/дм<sup>3</sup>, что превышает в 2-3 раза значение ПДК (СанПиН 2.1.5.980 – 00). Концентрация нитрит-ионов в разные периоды времени в реке Барнаулке находится в пределах 3,7-4,9 мг/дм<sup>3</sup>, что в 1,1-1,5 раза превышает значение ПДК. При изучении сезонной динамики данных показателей установлено, что их значения максимальны в весенний период, что связано с весенним паводком.

Таблица 2

Результаты химического анализа исследования вод непитьевого назначения (мг/дм<sup>3</sup>)

№	рН ед	Ок-сть	Щел-ть	Железо	Хло-рид	Марганец	Нитрит-ион	Жест-сть
1	8,0±0,1	4,4±1,7	4,7±0,2	0,3±0,03	25±01	0,05±0,001	0,49±0,01	5,2±0,2
2	8,2±0,1	5,0±1,7	5,1±0,2	2,19±0,03	32±0,1	1,20±0,001	3,4±0,01	0,2±0,2
3	8,2±0,1	5,0±1,7	5,1±0,2	2,19±0,03	32±0,1	1,20±0,001	3,4±0,01	0,2±0,2
4	8,3±0,1	5,3±1,7	4,9±0,2	2,34±0,03	45±0,1	1,00±0,001	3,7±0,01	0,19±0,2
5	6,5-8,5	<15	-	<0,3	<350	<0,1	<3,3	<10

1. Сточная вода (Камень-на-Оби); 2. Река Алей (Рубцовск); 3. Река Барнаулка (Барнаул); 4. Величина допустимого уровня.

# АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ БУТИЛДИТИОКАРБАМАТА НАТРИЯ В ТИТРИМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДАХ АНАЛИЗА

В.К. Чеботарев, Р.А. Терентьев, А.Е. Пасека, Н.Н. Аветисян,  
А.Ю. Гордиенко, Д.Е. Мурашкин

*ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет»,  
Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский  
государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

В работе с использованием пороговых степеней протекания реакций ( $СП_{\text{пор}}$  и  $СП'_{\text{пор}}$ ) рассчитана возможность титрования индивидуальных сульфидобразующих ионов и их двух- и многокомпонентных смесей бутилдителиокарбаматом и диэтилдителиокарбаматом натрия. Спрогнозирована избирательность этих определений.

Алкильные производные дителиокарбамовой кислоты, особенно дизамещенные, достаточно широко используются в титриметрических и других методах анализа. Наиболее полно изученным и используемым реагентом-титрантом этой группы является диэтилдителиокарбамат натрия  $(C_2H_5)_2NCSSNa$  (ДЭДТКNa), к недостаткам которого относится неустойчивость в растворах с рН ниже 4. Данное свойство затрудняет его использование для определения легко гидролизующихся ионов. Монозамещенные производные дителиокарбамовой кислоты, к которым относится бутилдителиокарбамат натрия  $C_4H_9NHCSSNa$  (БДТКNa), реагент с таким же числом атомов углерода и молекулярной массой, как и ДЭДТКNa, достаточно устойчив в кислой среде (до 2 моль/л по HCl) и реагирует со всеми 36 сульфидобразующими ионами. Для ДЭДТК и БЭДТК известны 19 ионных производений, характеризующих прочность малорастворимых внутрикомплексных соединений [1, 2].

Используя методологический подход, основанный на степенях протекания индивидуальных реакций (СП) и реакций в двухкомпонентных смесях (СП'), рассчитанных по уравнениям Чеботарева и Краева, теоретически обосновали возможность титрования индивидуальных ионов, избирательность определения каждого из них, ряд последовательности протекания реакций и возможность титрования многокомпонентных смесей. Погрешность определения объемов титранта в точках эквивалентности лимитирована  $СП_{\text{пор}}=99,80\%$  и выше, при которых погрешность менее 1,0% и  $СП'_{\text{пор}}=99,40\%$  и выше, при которых погрешность менее 5,0%, при этом вблизи точек эквивалентности возникают достаточные по величине скачки на кривых титрования.

Для индивидуальных реакций  $M^{m+}(\text{опр})+A^-(\text{титр})\rightleftharpoons MA_m\downarrow$  ( $A^-=C_4H_9CSS^-$ ) СП рассчитывается по уравнению (1):

$$СП = 100\% = \sqrt[m+1]{\text{ИП}_{MA_m}/m^m} (c_{M^{m+}} + mc_{A^-}) c_{M^{m+}}^{-1} c_{A^-}^{-1} \times 100\%, \quad (1)$$

где  $m$  – стехиометрический коэффициент реакции при ионе титранта,

ИП – ионные произведения образующихся внутрикомплексных соединений;

$\sqrt[m+1]{\text{ИП}_{MA_m}/m^m} = S_{MA_m}$  – ионная растворимость образующихся внутрикомплексных соединений,

$c_{M^{m+}}, c_{A^-}$  – исходные концентрации ионов, моль/л.

Для реакций с двумя определяемыми ионами  $M^{m+}(\text{опр})+M^{n+}(\text{опр})+(m+n)A^-$  (титр)  $\rightleftharpoons MA_m\downarrow + MA_n\downarrow$  ( $A^-=C_4H_9CSS^-$ ) СП рассчитывается по уравнению (2):

$$СП = 100 - 100 \frac{ИП_{M_1A_m}}{ИП_{M_2A_n}} \times \left( V_{\text{опр}} + V_{\text{титр}} \right)^{\frac{n-m}{n}} c_{M_2^{n+}}^{\frac{m}{n}} \times V_{\text{опр}}^{\frac{m-n}{n}} c_{M_1^{m+}}^{-1}, \quad (2)$$

где  $ИП_{M_1A_m}, ИП_{M_2A_n}$  – ионные произведения двух последовательно реагирующих ионов металлов,

$m, n$  – стехиометрические коэффициенты реакции,

$V_{\text{опр}}$  – объем аликвоты,

$V_{\text{титр}}$  – объем титранта, израсходованного к моменту достижения точки эквивалентности,

$c_{M_1^{m+}}, c_{M_2^{n+}}$  – концентрации определяемых компонентов, моль/л [3, 4].

Для прогноза индивидуальных титрований по уравнению (1) рассчитаны СП, по значениям ИП вычислены ионные растворимости.

Таблица 1

Ионные произведения и степени протекания индивидуальных реакций различных катионов с диэтил- и бутилдитиокарбамат ионами

$c_M = 0,1000$  моль экв/л,  $c_T = 0,1000$  моль экв/л)

Опред. ион	ИП <sub>ДЭДТКNa</sub>	S, моль/л	СП, %	Опред. ион	ИП <sub>БДТКNa</sub>	S, моль/л	СП, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Au <sup>+</sup>	$1,58 \times 10^{-30}$	$1,26 \times 10^{-15}$	100,0	Au <sup>+</sup>	$1,58 \times 10^{-31}$	$3,79 \times 10^{-16}$	100,0
Hg <sup>2+</sup>	$1,58 \times 10^{-41}$	$1,58 \times 10^{-14}$	100,0	Hg <sup>2+</sup>	$1,26 \times 10^{-41}$	$1,47 \times 10^{-14}$	100,0
Ag <sup>+</sup>	$1,58 \times 10^{-20}$	$1,26 \times 10^{-10}$	100,0	Ag <sup>+</sup>	$1,26 \times 10^{-21}$	$3,55 \times 10^{-11}$	100,0
Pd <sup>2+</sup>	$3,98 \times 10^{-39}$	$9,98 \times 10^{-14}$	100,0	Pd <sup>2+</sup>	$7,94 \times 10^{-41}$	$2,71 \times 10^{-14}$	100,0
MoO <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	$1,26 \times 10^{-28}$	$3,16 \times 10^{-10}$	100,0	MoO <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	$6,31 \times 10^{-30}$	$1,16 \times 10^{-10}$	100,0
Cu <sup>2+</sup>	$1,26 \times 10^{-28}$	$3,16 \times 10^{-10}$	100,0	Cu <sup>2+</sup>	$7,94 \times 10^{-29}$	$2,71 \times 10^{-10}$	100,0
Se (IV)	$2,51 \times 10^{-55}$	$3,95 \times 10^{-12}$	100,0	Se (IV)	$1,00 \times 10^{-54}$	$5,23 \times 10^{-12}$	100,0
Bi <sup>3+</sup>	$6,31 \times 10^{-38}$	$2,19 \times 10^{-10}$	100,0	Bi <sup>3+</sup>	$1,00 \times 10^{-37}$	$2,47 \times 10^{-10}$	100,0
Sb <sup>3+</sup>	$2,51 \times 10^{-36}$	$5,52 \times 10^{-10}$	100,0	Sb <sup>3+</sup>	$1,58 \times 10^{-36}$	$4,92 \times 10^{-10}$	100,0
Te (IV)	$1,00 \times 10^{-43}$	$8,28 \times 10^{-10}$	100,0	Te (IV)	$6,31 \times 10^{-44}$	$7,56 \times 10^{-10}$	100,0
Pb <sup>2+</sup>	$1,58 \times 10^{-22}$	$3,40 \times 10^{-8}$	100,0	Pb <sup>2+</sup>	$6,31 \times 10^{-21}$	$1,16 \times 10^{-7}$	100,0
Cd <sup>2+</sup>	$2,51 \times 10^{-20}$	$1,84 \times 10^{-7}$	100,0	Sn <sup>2+</sup>	$5,01 \times 10^{-19}$	$1,36 \times 10^{-6}$	100,0
Co <sup>2+</sup>	$5,01 \times 10^{-20}$	$2,32 \times 10^{-7}$	100,0	Co <sup>2+</sup>	$6,31 \times 10^{-19}$	$5,40 \times 10^{-6}$	100,0
Ni <sup>2+</sup>	$1,00 \times 10^{-19}$	$2,92 \times 10^{-7}$	100,0	Ni <sup>2+</sup>	$7,94 \times 10^{-19}$	$5,83 \times 10^{-6}$	100,0

1	2	3	4	5	6	7	8
In <sup>3+</sup>	$1,99 \times 10^{-27}$	$3,69 \times 10^{-7}$	100,0	Ga <sup>3+</sup>	$1,26 \times 10^{-26}$	$1,47 \times 10^{-7}$	100,0
Tl <sup>+</sup>	$6,31 \times 10^{-10}$	$2,51 \times 10^{-5}$	100,0	In <sup>3+</sup>	$1,58 \times 10^{-26}$	$3,55 \times 10^{-5}$	100,0
Sn <sup>2+</sup>	$5,01 \times 10^{-18}$	$1,08 \times 10^{-6}$	99,93	Cd <sup>2+</sup>	$1,00 \times 10^{-17}$	$5,00 \times 10^{-7}$	100,0
Ga <sup>3+</sup>	$5,01 \times 10^{-25}$	$4,85 \times 10^{-7}$	99,98	Tl <sup>+</sup>	$1,26 \times 10^{-9}$	$3,55 \times 10^{-5}$	99,93
Zn <sup>2+</sup>	$6,31 \times 10^{-17}$	$2,51 \times 10^{-6}$	99,99	Zn <sup>2+</sup>	$1,99 \times 10^{-15}$	$7,94 \times 10^{-6}$	99,98%

\*СП>99,995≈100%

Как видно из табл. 1, ИП диэтилдитиокарбаматных и бутилдитиокарбаматных внутрикомплексных соединений мало отличаются друг от друга, т.к. алкильные производные имеют одинаковое число атомов углерода в молекуле и одинаковые молекулярные массы. Все СП близки к 100%, т.е. все ионы будут определяться количественно и с погрешностями до 1%.

Для расчёта избирательности титрования индивидуальных ионов, двух и многокомпонентных смесей рассчитан ряд последовательности протекания реакций ионов с реагентом-титрантом и с какими СП' они протекают:

AuA-100,0%, HgA<sub>2</sub>-65,64%, AgA-46,03%, PdA<sub>2</sub>-100,0%, MoA<sub>2</sub>-92,06%,  
 CuA<sub>2</sub>- 62,35%, SeA<sub>4</sub>-100,0%, BiA<sub>3</sub>-93,69%, SbA<sub>3</sub>-99,90%, TeA<sub>4</sub>-100,0%,  
 PbA<sub>2</sub>-98,74%, SnA<sub>2</sub>-20,57%, CoA<sub>2</sub>-59,00%, NiA<sub>2</sub>-59,00%, GaA<sub>3</sub>-26,57%,  
 InA<sub>3</sub>-91,92%, CdA<sub>2</sub>-74,70%, TlA-87,79%, ZnA<sub>2</sub>-99,98%.

Размещение указанного ряда по горизонтали и по вертикали позволило рассчитать степени протекания реакций двухкомпонентных смесей ионов вертикального ряда с каждым из ионов горизонтального ряда по уравнению (2). В результате получена весьма информативная табл. 2. По данным табл. 2 можно определить избирательность возможного титрования для каждого индивидуально титруемого иона.

Ионы Au<sup>+</sup> титруются специфично, так как СП' с каждым из 18 ионов ряда выше пороговой – 99,4% и будет титроваться с двумя скачками концентраций. Определению ионов Hg<sup>2+</sup> мешают ионы Ag<sup>+</sup> и Pd<sup>2+</sup> (СП' = 65,64%, Pd<sup>2+</sup> СП' = 84,15%). Титрованию ионов Ag<sup>+</sup> в смеси мешают соответственно ионы Hg<sup>2+</sup>, Pd<sup>2+</sup>. Определению ионов Sn<sup>2+</sup> мешают ионы Co<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Ga<sup>3+</sup>, In<sup>3+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Tl<sup>+</sup> из ряда последовательности и т.д. Вручную и по программе можно рассчитать возможность дифференцированного титрования всех смесей, состоящие из различных сочетаний ионов. Расчеты показали, что возможно титрование 141 смеси из двух различных ионов, из трех ионов – 545, из четырех ионов – 1213, из пяти ионов – 1605, из шести ионов – 1243, из семи ионов – 519, из восьми ионов – 90. Девятикомпонентную смесь в водном растворе теоретически оттитровать нельзя. Реальная возможность титрования многокомпонентных смесей ограничивается 4-7 ионами, так как возрастает ионная сила раствора, увеличиваются коэффициенты разбавления, возникают конкурирующие

реакции по определяемым ионам и ионам титранта и не совпадают условия протекания реакций по оптимальным значениям рН.

Таблица 2

Степени протекания реакций двухкомпонентных смесей  
с диэтил- и бутилдитиокарбамат ионами  
( $c_{M1}=c_{M2}= 0,1000$  моль экв/л,  $c_T = 0,1000$  моль экв/л)

	Au <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Pd <sup>2+</sup>	MoO <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Se <sup>4+</sup>	Bi <sup>3+</sup>	Sb <sup>3+</sup>	Te <sup>4+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Ga <sup>3+</sup>	In <sup>3+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
Au <sup>+</sup>	-	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Hg <sup>2+</sup>	100,0	-	<b>65,64</b>	<b>84,15</b>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Ag <sup>+</sup>	100,0	<b>65,64</b>	-	<b>46,03</b>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Pd <sup>2+</sup>	100,0	<b>84,15</b>	<b>46,03</b>	-	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
MoO <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	-	<b>92,06</b>	<b>96,58</b>	99,99	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Cu <sup>2+</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	<b>92,06</b>	-	<b>62,35</b>	99,89	99,98	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Se <sup>4+</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	<b>96,58</b>	<b>62,35</b>	-	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Bi <sup>3+</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	99,99	99,89	100,0	-	<b>93,69</b>	99,99	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Sb <sup>3+</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,98	100,0	<b>93,69</b>	-	99,90	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Te <sup>4+</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,99	99,90	-	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Pb <sup>2+</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	-	<b>98,74</b>	<b>99,00</b>	99,21	99,64	99,69	99,94	99,99	100,0
Sn <sup>2+</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	<b>98,74</b>	-	<b>20,57</b>	<b>36,90</b>	<b>73,07</b>	<b>76,68</b>	<b>94,99</b>	<b>98,94</b>	99,97
Co <sup>2+</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	<b>99,00</b>	<b>20,57</b>	-	<b>20,57</b>	<b>66,69</b>	<b>71,08</b>	<b>93,69</b>	<b>98,66</b>	99,97
Ni <sup>2+</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,21	<b>36,90</b>	<b>20,57</b>	-	<b>59,00</b>	<b>64,28</b>	<b>92,06</b>	<b>98,31</b>	99,96
Ga <sup>3+</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,64	<b>73,07</b>	<b>66,69</b>	<b>59,00</b>	-	<b>20,57</b>	<b>93,55</b>	99,60	100,0
In <sup>3+</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,69	<b>76,68</b>	<b>71,08</b>	<b>64,28</b>	<b>20,57</b>	-	<b>91,82</b>	99,50	100,0
Cd <sup>2+</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,94	<b>94,99</b>	<b>93,69</b>	<b>92,06</b>	<b>93,55</b>	<b>91,82</b>	-	<b>74,70</b>	99,50
Pb <sup>2+</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,99	<b>98,94</b>	<b>98,66</b>	<b>98,31</b>	99,60	99,50	<b>74,70</b>	-	<b>87,79</b>
Zn <sup>2+</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,97	99,97	99,96	100,0	100,0	99,50	<b>87,79</b>	-

Если сравнивать возможность титрования ионов металлов ДЭДТКNa и БЭДТКNa, то можно сделать вывод, что легко гидролизующиеся ионы: Hg<sup>2+</sup>, Tl<sup>3+</sup>, Bi<sup>3+</sup>, Sb<sup>3+</sup>, Sb<sup>5+</sup>, Sn<sup>2+</sup>, Sn<sup>4+</sup>, Te<sup>4+</sup>, Se<sup>4+</sup>, Ga<sup>3+</sup>, In<sup>3+</sup> ДЭДТКNa при рН=4,00 определять нельзя. Хотя есть и более сложный вариант смещения рН гидролиза с помощью конкурирующего комплексообразования. БДТКNa можно использовать для титрования всех сульфидобразующих ионов в кислых средах по С<sub>НСI</sub> от 20 моль/л до рН=4,00, так как реагент в этих условиях достаточно устойчив.

Нами подтверждены возможности использовать бутилдитиокарбамат натрия для определения Cu<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup> и In<sup>3+</sup>.

Разработаны программы [5] по прогнозированию возможности индивидуального определения 19 сульфидобразующих ионов, титрования двух- и многокомпонентных смесей ионов, избирательности их титрований, по расчёту интервалов определяемых концентраций ионов металлов и титранта. Авторами спрогнозирована возможность направленного синтеза производных этого класса соединений с улучшенными свойствами.

### Список литературы

1. Тулюпа Ф.М. Химико-аналитические свойства дитиокарбаминатов и их комплексов с металлами [Текст] : дисс. ... док. хим. наук : 02.00.02 / Ф.М. Тулюпа. – Днепропетровск, 1970. – 342 с.
2. Бырько В.М. Дитиокарбаматы [Текст] / В.М. Бырько. – М.: Наука, 1984. – 342 с.
3. Chebotarev V.K. Prognostication criterion of potential and practical use of analytical reagents in titrimetria of individual substances [Text] / V.K. Chebotarev, Y.K. Kraev, I.V. Voroncina and other // Talanta. – Elsevier, 1998. – Vol. 47 – P. 1043-1051. – Ref.: p. 1051.
4. Чеботарев В.К. Прогнозирование в титриметрических методах анализа с использованием реакций комплексообразования и осаждения [Текст]: Монография / В.К. Чеботарев. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 1999. – 114 с. – Библиогр.: с. 76-80. – 100 экз. – ISBN 5-7904-0113-9.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2012618928. Программа расчета критериев возможности титриметрического анализа «Gnose» [Текст] / Терентьев Р.А., Чеботарев В.К. (РФ). – №2012616720; заявл. 07.08.12; зарег. 03.10.12. – 2 с.

## **Секция 2. ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**Председатель секции:** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Наземные транспортные системы» Чернецкая Наталья Анатольевна

### **ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ЗА РУБЕЖОМ И В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

А.К. Доровских, Е.Г. Ильина

*Алтайский государственный университет*

В «Основах государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» [1], утвержденных Президентом Российской Федерации 30 апреля 2012 г., значимое место отведено обеспечению экологически безопасного обращения с отходами, предусмотрено «снижение образования отходов по видам экономической деятельности до уровня, соответствующего аналогичным показателям, достигнутым в экономически развитых странах». В связи с этим представляет интерес анализ системы обращения с отходами в развитых странах, в частности, странах ЕС и сравнение его с Российской системой.

Первая стратегия по обращению с отходами в ЕС вышла в 1989 г. В 1996 г. она была переработана с учетом условий, сложившихся в странах – участницах ЕС к концу XX века. В итоге Рамочная Директива об отходах 75/442/ЕЭС и Стратегия до сегодняшнего момента устанавливают основные, принципиальные ориентиры политики Европейского союза по обращению с отходами, которые не были принципиально изменены даже Шестой экологи-

политической программой действий. Очень кратко их формулируют следующим образом: возникновение отходов и в особенности опасных отходов необходимо предотвращать, в частности путем внедрения экономящих ресурсы и чистых технологий; связь между экономическим ростом и ростом количества отходов должна быть разорвана; повторное использование веществ и материалов необходимо поощрять путем льгот, финансовой поддержки, информирования общественности и т.д.; повторное использование веществ, извлеченных из отходов, обычно приоритетно по сравнению с использованием энергетических ресурсов (сжигание и повторное использование полученной энергии); уничтожение отходов нужно производить, не создавая опасности для человека и окружающей среды, и, если это возможно, в максимальной близости от места возникновения отходов.

Количество специальных актов, принятых для регулирования обращения с отходами, достаточно велико. Основными можно считать следующие: уже упомянутая Директива 75/442/ЕЭС об отходах, являющаяся рамочной; Директива 1999/31 Европейского сообщества о полигоне для складирования отходов, Директива 2000/76 Европейского сообщества о сжигании отходов. Кроме того, к ним относятся: Директива 91/689/ЕЭС об опасных отходах, Директива 94/62/ЕЭС об упаковках и отходах от упаковок, Директивы 89/429/ЕЭС и 89/360/ЕЭС о сжигании коммунальных отходов, 94/67/ЕЭС о сжигании опасных отходов, Директива 89/369/ЕЭС по вопросам предупреждения загрязнения атмосферы новыми предприятиями по сжиганию коммунальных отходов, Директива 75/438/ЕЭС по вопросам удаления отходов масел, Директива 96/59/ЕС по вопросам удаления полихлорированных дифенилов и полихлорированных трифенилов (РСВ/РСТ), Директива 91/157/ЕЭС по вопросам батареек и аккумуляторов, содержащих вредные субстанции, Директива 78/176/ЕЭС по вопросам отходов производства двуоксида титана, Директива 92/112/ЕЭС по вопросам процедуры гармонизации программ редукции и элиминирования загрязнений, вызываемых отходами при производстве двуоксида титана, Директива 86/278/ЕЭС по вопросам охраны окружающей среды, в особенности недр, при использовании осадков сточных вод в сельском хозяйстве. Также крайне важными актами, сыгравшими существенную роль в регулировании обращения отдельных видов отходов, считаются предписания (ЕЭС) Европейского совета от 1993 г. по надзору и контролю за перемещением отходов в Европейское сообщество и от 1981 г. о повторном использовании макулатуры и бумаги, происходящей из рециклинга, решение Совета 2003/33/ЕС от 2002 г., устанавливающие критерии и процедуры допуска отходов на хранение, резолюции Совета от 1990 г. о политике в области отходов, от 1997 г. по вопросам стратегии Сообщества в области управления отходами, распоряжение Европейского парламента и Совета 2150/2002 по вопросам статистики в области отходов.

В Российской Федерации на федеральном законодательном уровне в конце 90-х годов также были приняты соответствующие решения: с 1998 года действует Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» [2], а

в иных актах (федеральных законах и кодексах содержатся нормы об обращении с отходами при охране водных объектов, лесов, животного мира, особо охраняемых природных территорий, об ответственности – уголовной, административной, гражданско-правовой – за их нарушение).

Однако сравнение их с системой, принятой в ЕС, показывает отсутствие конкретного правового регулирования достаточно высокого уровня в области обращения с отдельными видами отходов, например, строительных, медицинских, образуемых в отдельных секторах промышленного производства. Кроме того, не регламентирован должным образом порядок осуществления этапов обращения с отходами – их сбор, сепарация, переработка и иные действия применительно к конкретным видам опасных и нейтральных для окружающей среды отходов.

По мнению многих специалистов [3], это «не только создает угрозу для охраны окружающей среды в стране, но и ставит под сомнение соблюдение принятых на себя Россией международных обязательств по обеспечению надлежащего порядка в сфере обращения с опасными и иными видами отходов, подрывает профилактический потенциал уголовного и административного законодательства об ответственности за нарушение правил обращения с опасными и иными отходами, наносит существенный вред экономическим интересам государства и престижу страны». Помимо этого, затрудняется использование механизмов обеспечения экологически безопасного обращения с отходами, приведенных в вышеуказанных «Основах государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года»: «а) предупреждение и сокращение образования отходов, их вовлечение в повторный хозяйственный оборот посредством максимально полного использования исходного сырья и материалов, предотвращения образования отходов в источнике их образования, сокращения объёмов образования и снижения уровня опасности отходов, использования образовавшихся отходов путём переработки, регенерации, рекуперации, рециклинга; б) внедрение и применение малоотходных и ресурсосберегающих технологий и оборудования; в) создание и развитие инфраструктуры экологически безопасного удаления отходов, их обезвреживания и размещения; г) поэтапное введение запрета на захоронение отходов, не прошедших сортировку, механическую и химическую обработку, а также отходов, которые могут быть использованы в качестве вторичного сырья (металлолом, бумага, стеклянная и пластиковая тара, автомобильные шины и аккумуляторы и другие); д) установление ответственности производителей за экологически безопасное удаление произведённой ими продукции, представленной готовыми изделиями, утратившими свои потребительские свойства, а также связанной с ними упаковки; е) обеспечение экологической безопасности при хранении и захоронении отходов и проведение работ по экологическому восстановлению территорий объектов размещения отходов после завершения эксплуатации указанных объектов» [3].



Нельзя сказать, что законодательство ЕС в области обращения с отходами не требует совершенствования. Специалисты в области европейского экологического права в первую очередь указывают на проблемы в области вывода из эксплуатации промышленных объектов, зданий и объектов по обращению с отходами, приводящего к возникновению отходов, и нередко – опасных. На эту деятельность распространяются общие правила по обращению с отходами, хотя по оценкам не только ученых-экологов, но и практиков, значительно более эффективным было бы специальное регулирование (в форме принятия Директивы). Кроме того, проблемой является восстановление отравленных почв, т.е. закрытых (ликвидированных) свалок, военных объектов (что особенно важно для территорий бывшей ГДР и других постсоциалистических стран, вступивших ныне в Европейский союз) и другие.

С точки зрения охраны окружающей среды по сравнению с любыми методами уничтожения преимуществом обладает предотвращение образования отходов, но на протяжении длительного периода все усилия экологов и представителей естественных наук, техников и инженеров были направлены на улучшение мер по уничтожению отходов, но не на повышение эффективности их предотвращения.

Переработка отходов – это второе по значимости направление, поскольку там, где отходы нельзя предотвратить или уменьшить их количество, их желательно перерабатывать. При вещественной переработке отходов они сразу либо после предварительной сортировки отходов запускаются в новый производственный цикл. Например, бумага, картон, стекло, пластик или после предварительной переработки либо в результате глубоких процедур могут быть превращены в новую продукцию. В процессе термической обработки дополнительно может быть получена электрическая энергия, тепло, газ и т.д. Такая переработка может происходить как внутри, так и вне предприятия, являющегося производителем отходов.

Одной из технологий термической обработки отходов, используемой, например, в Германии, является криоресалтинг. Эта технология обеспечивает лучшую переработку бытовых отходов, которые помещаются в холодном туннеле при температуре – 140 градусов по Цельсию. Определенные вещества – даже такие как стекло – перерабатываются при сравнительно низкой затрате энергии. При этом опасные вещества и пластик могут быть тщательно отсортированы. По такой технологии около 6% остаточных отходов с экономической и экологической точек зрения выгодно могут перерабатываться в целях производства новой продукции, хотя, как указывается в литературе, этот метод пока еще не опробован в крупном промышленном масштабе.

Пожалуй, наиболее острая проблема, возникающая при обращении с отходами, это проблема их захоронения. Сегодня речь идет о постоянном аккумулирующем и контролируемом захоронении на безопасных полигонах, однако считается, что и они все равно могут привести к существенному нанесению вреда окружающей среды в будущем. Основой для планирования строительства и эксплуатации всех наземных хранилищ является

мультибарьерная концепция. Она основана на создании разветвленной системы независимых друг от друга барьеров, которые препятствуют проникновению веществ из хранилища в окружающую среду.

Эти проблемы также актуальны и для Российской Федерации, и опыт их решения в странах ЕС может быть взят за основу.

Таким образом, во многом проблемы европейского и российского правового регулирования обращения с отходами совпадают. Законодательство в области обращения с отходами в Российской Федерации требует дальнейшего совершенствования. Прежде всего, по нашему мнению, необходимо переработать и дополнить Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» в соответствии с международными нормами, дополнить законодательство в отношении отдельных видов отходов (радиоактивных, отходах от упаковок и других). При решении этих задач использование опыта ЕС может оказаться полезным и даже необходимым.

#### Список литературы

1. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года от 30.04.2012 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/acts/15177> (дата обращения 27.11.2013).

2. Российская Федерация. Законы. [Электронный ресурс]. Об отходах производства и потребления: федер. закон: [принят Гос. думой 22 мая 1998 г.: одобр. Советом Федерации 10 июня 1998 г.]. URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=131656> (дата обращения: 27.11.2013).

3. Степаненко В.С. Экологическая политика в области обращения с отходами в ЕС и в России // NB: Национальная безопасность. 2012. №2. С.48-102. DOI: 10.7256/2306-0417.2012.2.297. [Электронный ресурс]. URL: [http://e-notabene.ru/nb/article\\_297.html](http://e-notabene.ru/nb/article_297.html) (дата обращения 27.11.2013).

### **ВИОЛЕНТНОСТЬ И ПАТИЕНТНОСТЬ ТРАВ В АГРОФИТОЦЕНОЗЕ**

Т.Ю. Краснокутская

*Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
«Средняя общеобразовательная школа №21» г. Миасс*

В.В. Краснокутский

*Южно-уральский государственный университет (национальный  
исследовательский университет), филиал в г. Миассе*

Для определения математического прогнозирования процессов в агрофитоценозах был заложен опыт. Участок засеяли смесью трав люцерны желтой и кострцом безостым. Определили виолентность и пациентность трав. Данную закономерность описали уравнением.

Биология, как известно, это изучение закономерностей строения и изменения во времени живого на разных уровнях организации – молекулярном, клеточном, тканевом, организменном, популяционном, биогеоценоотическом и,

наконец, на уровне биосферы в целом. Математика, как принято считать, – это мир точных знаков, строгих количественных отношений. Часто приходится слышать, что живая природа слишком разнообразна и сложна для математического описания. Это во многих отношениях верно. Результаты биологических экспериментов, поставленных, казалось бы, в строго контролируемых условиях, могут расходиться очень значительно.

И все же использование математики в биологии возможно и в ряде случаев необходимо. Конечно, роль математики в биологии существенно отличается от ее роли в физике и технике. Для того чтобы правильно рассчитать траекторию полета спутника, надо численно решить соответствующие уравнения движения, следующие из закона всемирного тяготения где уравнения известны заранее. В биологии же аналогичных уравнений просто не существует.

В 1925 году знаменитый итальянский математик Вито Вольтера решил попытаться найти математическое объяснение биологическим процессам. Результат превысил ожидания: было не только получено объяснение любопытного конкретного факта, но и была создана математическая теория борьбы за существование, которая легла в основу современной математической экологии [1].

Необходимость в создании математической модели прогнозирования возникает из наблюдений над конкретными особенностями поведения биологического объекта, не поддающимися объяснению на уровне здравого смысла и профессиональных знаний биолога. Основная сложность при этом состоит в том, что при создании математического прогнозирования целью является описание не самого биологического объекта и явления, а лишь очень немногих особенностей явления, существенных с точки зрения исследователя. Другими словами, требуется максимальная идеализация явления. Умение отличить существенное от второстепенного и не выплеснуть при этом с водой и ребенка – дело интуиции и таланта исследователя. Готовых рецептов для этого не существует. Это путь, который каждый «исследователь – модельер» должен проделать самостоятельно с самого начала.

После того как решено, какие величины считать принципиально важными, а какие – несущественными, как устроены связи между этими величинами, процесс построения модели практически завершен и можно переходить к ее исследованию [4].

Для математического прогнозирования процессов в агрофитоценозах, был заложен опыт на ботаническом участке. Участок был засеян смесью трав люцерны желтой и кострцом безостым. Наблюдения велись на протяжении трех лет, укосы снимались два, три раза за сезон [2; 3].

Чтобы определить виолентность и пациентность данных трав и описать математическим уравнением, воспользуемся методом Вольтера. По оси абсцисс отложим процентное содержание урожая в травостое кострца безостого, а по оси ординат – люцерны желтой. Из графика видно, что кострец безостый является – виолентом, так как его урожайность в травостое по годам является

преобладающей, а люцерна желтая – пациентом. Данную закономерность можно описать полиномом первого порядка. Уравнение регрессии примет вид:

$$Y = -1 + 100.$$

Результаты обработки экспериментальных данных приведены в таблице. Может показаться, что полученные путем моделирования результаты носят чисто академический характер и не имеют никакого отношения к практическим задачам биологии. Это не совсем так. Модели, построенные на основе идей и методологии В. Вольтера, позволяют предсказать важные качественные эффекты, имеющие практическое значение, причем не только в отношении экологических проблем, но и областях, не имеющих, казалось бы, отношения к математической экологии.

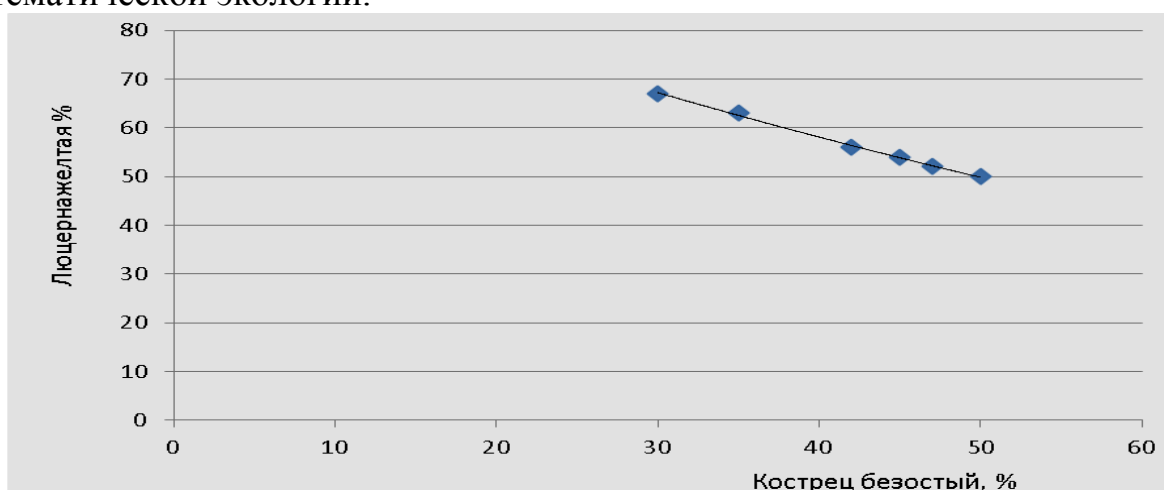


Рис. 1. Модель взаимоотношений люцерны желтой и кострца безостого в агрофитоценозах

Таблица 1

#### Проверка значимости коэффициентов и уравнения регрессии

Дисперсия	Значение
Критерий Фишера:	
Расчетный	$7,645 \cdot 10^{20}$
табличный	4,21
Табличное значение Стьюдента	0,958
Степень свободы	6
Уровень значимости %	20
Математическое ожидание	39,822
Дисперсия	76,934
Среднеквадратическое отклонение	8,771
Асимметрия	- 0,009
Левосторонняя асимметрия распределения	- 2,999
Коэффициент вариации	0,220

Полученная закономерность позволяет прогнозировать дальнейшее развитие в агрофитоценозе и определить виолентность и пациентность трав кострца безостого и люцерны желтой. Данные эксперимента могут быть

полезны для восстановления и возделывания земельных угодий, агрономам и экологам, а также в учебном процессе по дисциплинам биологическим и экологическим.

#### Список литературы

1. Вольтера В. Математическая теория борьбы за существование. М.: Наука, 1976.
2. Краснокутская Т.Ю. Повышение экологической эффективности агроценозов – завтрашний день земледелия // Совершенствование агротехники и технологии возделывания сельскохозяйственных культур // Труды ЧГАУ, Челябинск, 1996.
3. Краснокутская Т.Ю. Урожайность и видовой состав трав в агрофитоценозах // Труды ЧГАУ, Челябинск, 1998.
4. Краснокутский В.В., Штыка М.Г. К вопросу экологии наземных транспортных средств // Состояние и перспективы развития социально-культурного и технического сервиса: Материалы 1 Всероссийской научно-практической конференции 25-26 апреля 2013 года, г. Бийск.
5. Лепехин А.Т., Краснокутский В.В., Гоглачева Т.А. Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения // Труды ЧГАУ, Челябинск, 2002.

### **АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИЗЕЛЯ С ВПРЫСКОМ ВОДЫ В ВОЗДУХОЗАБОРНЫЙ ТРУБОПРОВОД**

В.Н. Никишин, В.Б. Хлюпин

*Набережночелнинский институт (филиал) ФГБОУ ВПО  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»*

В работе дан сравнительный анализ теоретических и экспериментальных исследований дизеля с впрыском воды в воздухозаборный трубопровод.

Расчетные исследования экологических характеристик дизеля с впрыском воды в воздухозаборный трубопровод проведены по методике [2].

Эксперименты проведены на номинальном режиме при частоте вращения коленчатого вала  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$  с нагрузкой  $p_e = 0,33 \text{ МПа}$  и на режиме  $n = 900 \text{ мин}^{-1}$  с нагрузкой  $p_e = 0,4 \text{ МПа}$ .

Анализ зависимостей эффективных показателей дизеля с впрыском воды в воздухозаборный трубопровод выявил на номинальном режиме снижение крутящего момента и мощности на 4,7% по сравнению с дизелем без впрыска воды (рис. 1).

Удельный эффективный расход топлива  $g_e$  при подачах воды в диапазоне  $0 < w \leq 1$  увеличивается на 1,2%, а в диапазоне  $1 < w \leq 2$  на 15,6%. Это подтверждает теоретические выводы о том, что вода увеличивает теплоемкость рабочего тела и должна привести к ухудшению мощностных и экономических показателей. На режиме  $n = 900 \text{ мин}^{-1}$  в диапазоне  $0 < w < 1,5$  крутящий момент и мощность снижаются на 4,7-7,1%. Удельный эффективный расход топлива с ростом значений подач воды в пределах от  $w=0$  до  $w < 1$  снижается на 1,8-7,3%.

Снижение  $g_e$  связано с тем, что в этом диапазоне  $w$  и на данном режиме, где времени на протекание процессов больше, полнее используется изменение массы и удельного объема рабочей смеси газов из-за фазового перехода воды в цикле. В диапазоне  $1,5 < w \leq 2$   $M_e$  и  $N_e$  такие же, как и у стандартного дизеля. Отсутствие ухудшения  $M_e$  и  $N_e$  можно объяснить тем, что при больших подачах воды для поддержания процесса сгорания требуется повышение цикловой подачи топлива. Это подтверждает рост  $g_e$  на 6,3-16% при увеличении подач воды от  $w=1$  до  $w=2$  (рис. 1).

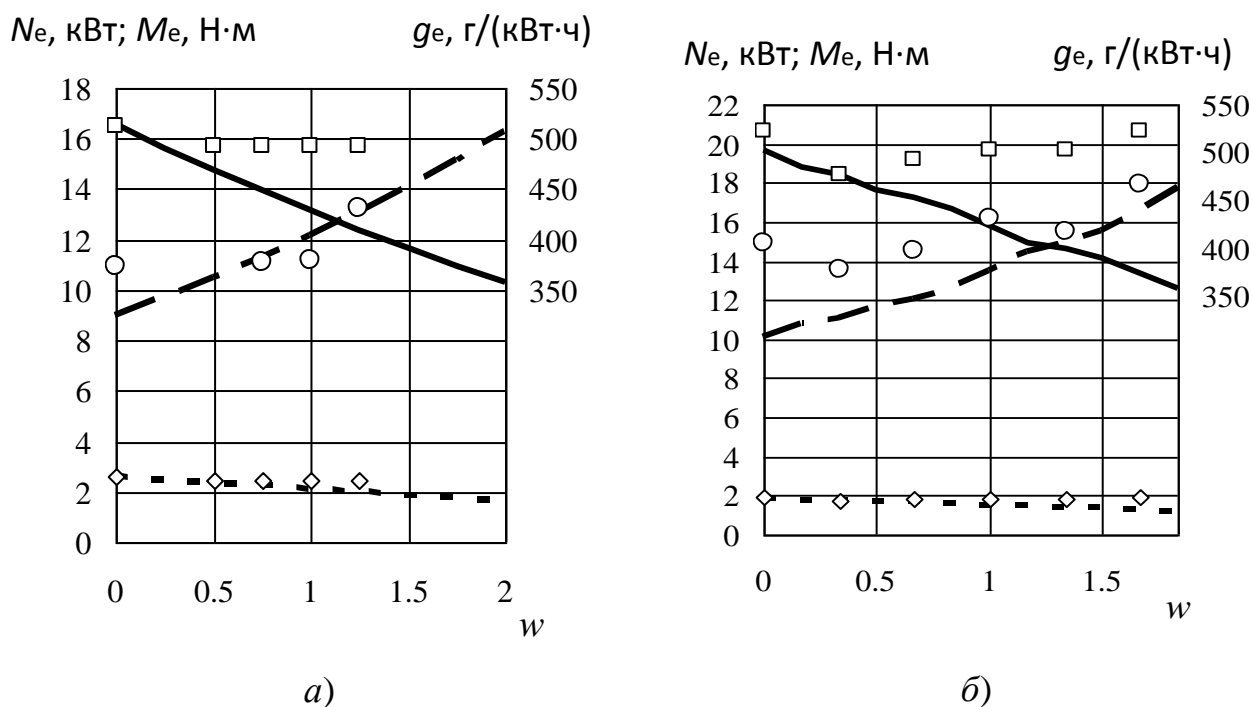


Рис. 1. Зависимость эффективных показателей от относительного количества впрыскиваемой воды  $w$ :

а) при  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ ; б) при  $n = 900 \text{ мин}^{-1}$ ;

— — — — —  $M_e$ , Н·м; - - - - -  $g_e$ , г/(кВт·ч); - - - - -  $N_e$ , кВт; □ —  $M_e$ , Н·м;  
○ —  $g_e$ , г/(кВт·ч); ◇ —  $N_e$ , кВт

Анализ зависимостей содержания оксида азота в ОГ показал, что с увеличением впрыска воды происходит трех- четырехкратное снижение концентрации NO, в зависимости от режима (рис. 2). Время реакции образования оксида азота  $\tau$  обычно не превышает 8...10 мс, после чего количество NO фиксируется на достигнутом в ходе реакции уровне и дальше уже не изменяется. Сравнительный анализ полученных теоретических и экспериментальных данных выявил, что длительность реакции на номинальном режиме составляет — 6,3 мс, на промежуточном режиме — 8,1 мс. Поскольку природа образования NO термическая, а температуры  $T_c$  и  $T_z$  в цикле снижены, то время  $\tau$  также снижено.

Анализируя экспериментальные данные по содержанию оксида углерода в ОГ, можно отметить снижение CO на обоих режимах в диапазоне  $0 < w < 1$

(рисунки 3 и 4). Здесь проявляется химический эффект активных радикалов  $\dot{O}H$  и  $\dot{H}$ , способствующих активному окислению топлива. Увеличение  $w \geq 1$  приводит к росту количества CO на обоих режимах вследствие большого содержания в свежем заряде воды, которая с этого момента начинает ухудшать процесс сгорания.

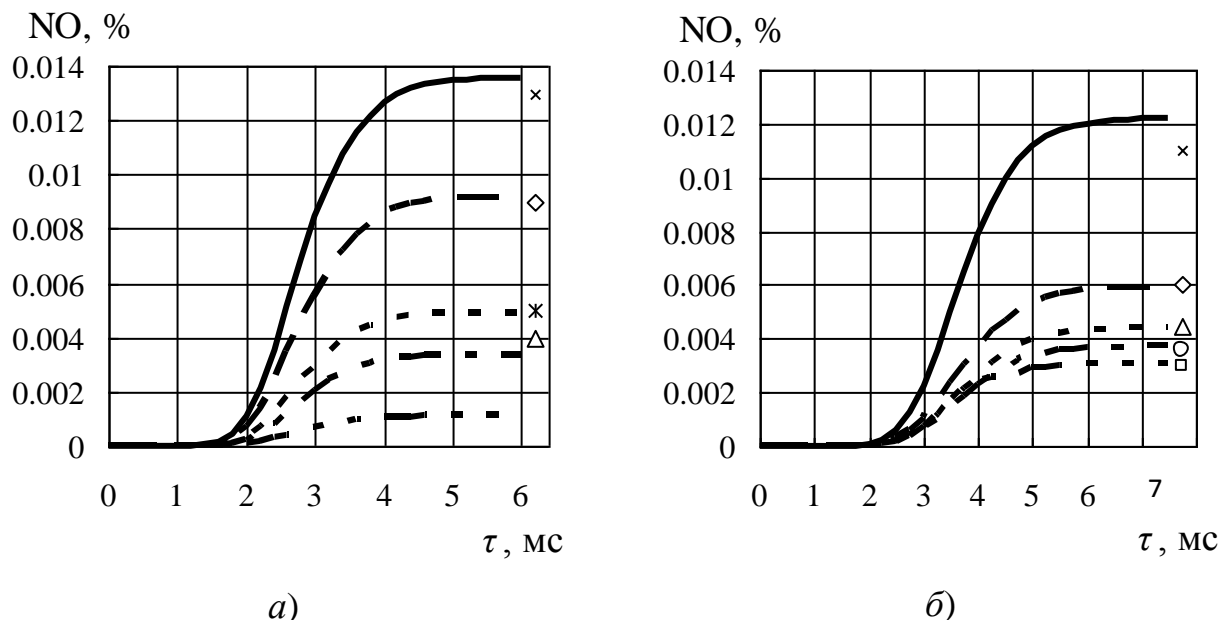


Рис. 2. Зависимость содержания оксида азота в ОГ при впрыске воды:  
 а) при  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ ; б) при  $n = 900 \text{ мин}^{-1}$ ;

—  $w = 0$ ; — —  $w = 0,5$ ; - -  $w = 1$ ; — - —  $w = 1,5$ ; — - - —  $w = 2$ ;  
 $\times$  —  $w = 0$ ;  $\diamond$  —  $w = 0,5$ ;  $\Delta$  —  $w = 1$ ;  $\text{Ж}$  —  $w = 1,25$ ;  $\circ$  —  $w = 1,5$ ;  $\square$  —  $w = 2$

Содержание диоксида углерода в ОГ неоднозначное. На номинальном режиме отмечено увеличение этого компонента в ОГ по мере роста  $w$  (рисунки 5 и 6). На промежуточном режиме, наоборот, при увеличении впрыска воды отмечено снижение  $CO_2$ . То есть можно отметить, что при частотах вращения коленчатого вала меньше номинальных происходит более полное сгорание топлива при впрыске воды, вследствие увеличения времени на фазовый переход вода – пар.

Анализ зависимостей содержания оксида и диоксида углерода в ОГ выявил неадекватность рассмотренной математической модели по CO и  $CO_2$  с полученными экспериментальными данными. Теоретические исследования показывают, что основное влияние на содержание CO и  $CO_2$  в ОГ дизеля оказывает химическая реакция  $2CO + O_2 \leftrightarrow 2CO_2$  и ее константа равновесия  $k_1 = \frac{29791}{T} + 0,000169 \cdot T - \frac{32400}{T^2} - 9,495$ . Расчет с использованием этой константы приводит к завышенным значениям по выбросу CO и заниженным значениям по выбросу  $CO_2$  в сравнении с экспериментальными данными (рисунки 3,4,5,6 – зависимости с  $k_1$ ). На рисунках приведены зависимости CO и  $CO_2$  при  $w = 0$  и  $w = 2$ . Зависимости между  $w = 0$  и  $w = 2$  здесь не показаны, так

как протекают аналогично и расположены внутри диапазона  $0 < w < 2$ . Известно, что справочные данные по константам равновесия химических реакций получены в условиях, мало связанных с условиями горения в ДВС, и не всегда подходят для таких расчетов.

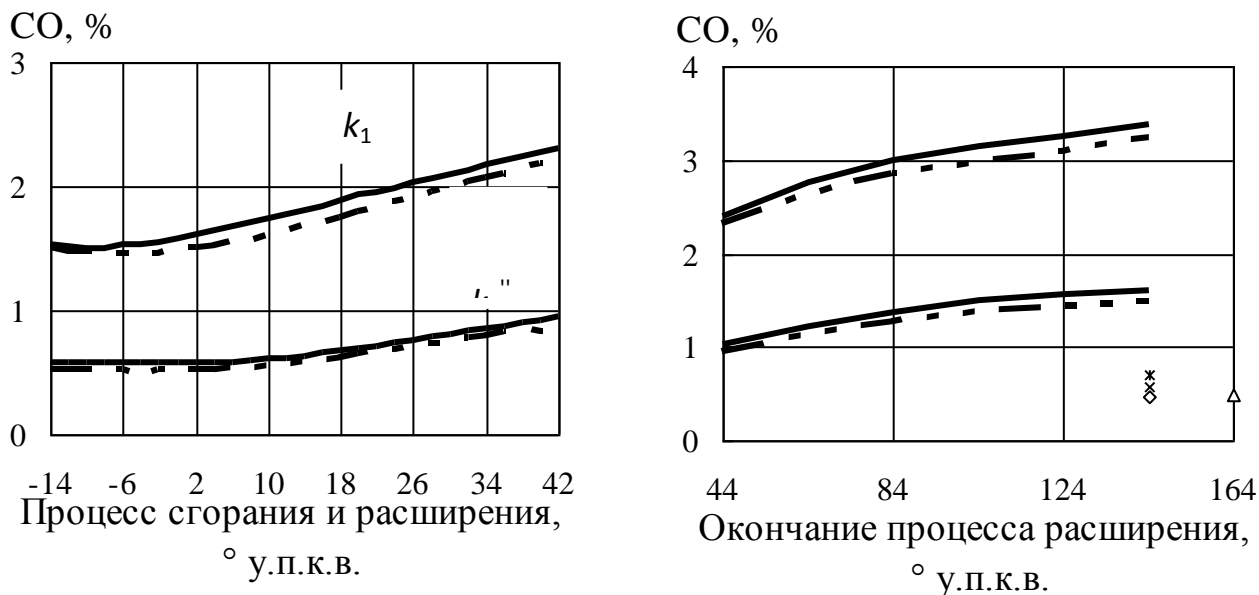


Рис. 3. Зависимость содержания оксида углерода в ОГ дизеля при впрыске воды на режиме  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ :

— —  $w = 0$ ; - - - -  $w = 2$ ; × —  $w = 0$ ; ◇ —  $w = 0,5$ ; △ —  $w = 1$ ; \* —  $w = 1,25$

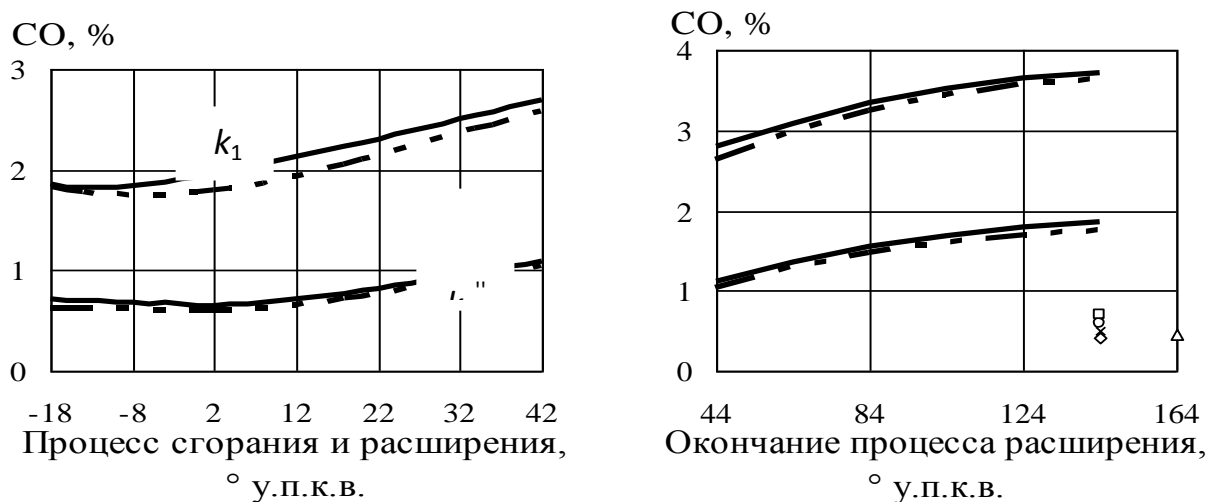


Рис. 4. Зависимость содержания оксида углерода в ОГ дизеля при впрыске воды на режиме  $n = 900 \text{ мин}^{-1}$ :

— —  $w = 0$ ; - - - -  $w = 2$ ; × —  $w = 0$ ; ◇ —  $w = 0,5$ ; △ —  $w = 1$ ; ○ —  $w = 1,5$ ;  
□ —  $w = 2$



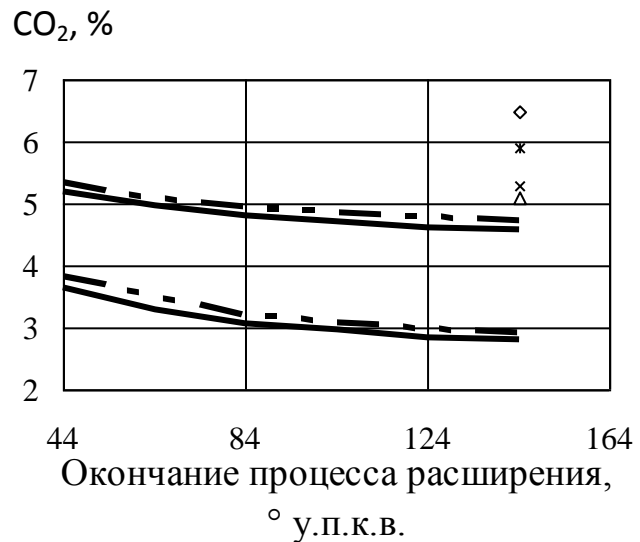
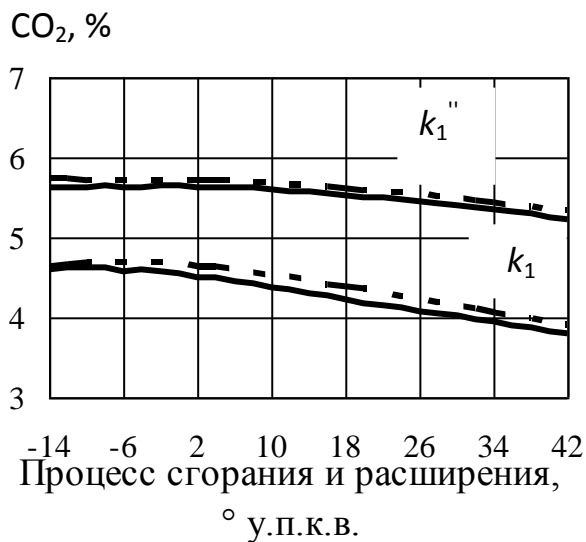


Рис. 5. Зависимость содержания диоксида углерода в ОГ дизеля при впрыске воды на режиме  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ :

— —  $w = 0$ ; - - - -  $w = 2$ ;  $\times$  —  $w = 0$ ;  $\diamond$  —  $w = 0,5$ ;  $\Delta$  —  $w = 1$ ;  $*$  —  $w = 1,25$

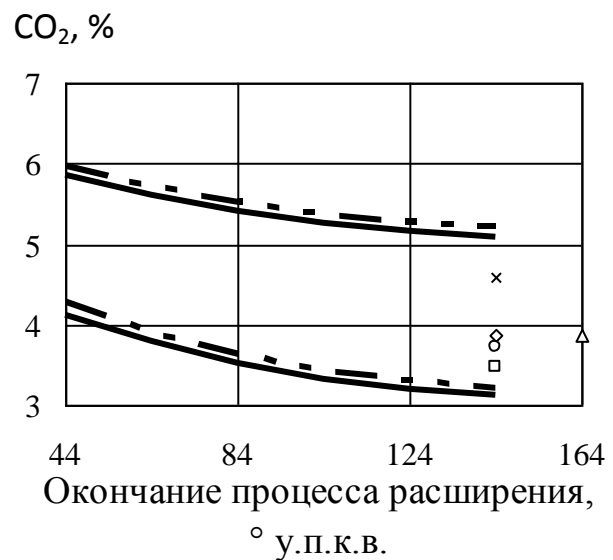
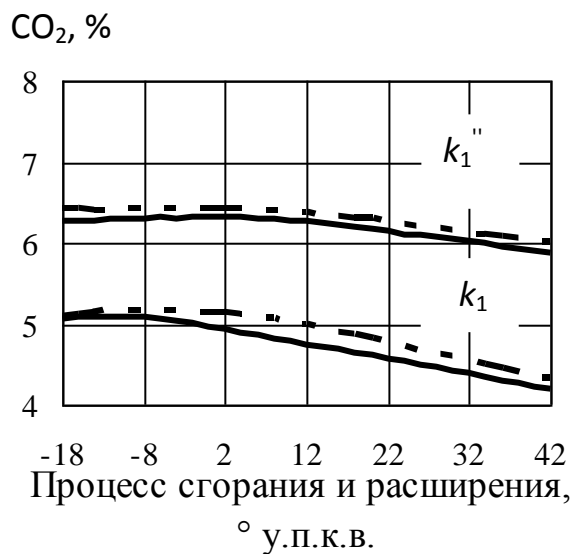


Рис. 6. Зависимость содержания диоксида углерода в ОГ дизеля при впрыске воды на режиме  $n = 900 \text{ мин}^{-1}$ :

— —  $w = 0$ ; - - - -  $w = 2$ ;  $\times$  —  $w = 0$ ;  $\diamond$  —  $w = 0,5$ ;  $\Delta$  —  $w = 1$ ;  $\circ$  —  $w = 1,5$ ;  
 $\square$  —  $w = 2$

В результате приняв, с учетом погрешностей измерений, экспериментальные данные за истинные, доработали математическую модель. В уточненной математической модели исследована и предложена измененная константа равновесия  $k_1''$  с другим аппроксимационным уравнением, вместо уравнения константы  $k_1$ , что раньше не учитывалось при расчетах дизелей с впрыском воды в воздухозаборный трубопровод.

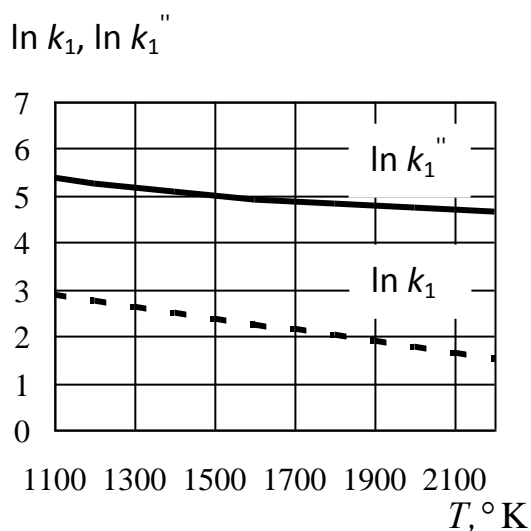


Рис. 7. Зависимость изменения логарифмов констант равновесия от температуры реакции

Аппроксимационное уравнение  $k_1''$  было найдено с помощью логарифмической функции константы  $k_1$  (рис. 7). На основании полученных экспериментальных данных по выбросу CO, CO<sub>2</sub> и проведенных теоретических исследований выводим, что зависимость функции  $\ln k_1''$  должна находиться выше зависимости функции  $\ln k_1$ . Методом наименьших квадратов [1] было получено аппроксимационное уравнение

$$\ln k_1'' = 6,07 + \frac{1536}{T}, \text{ откуда } k_1'' = 52,7 \cdot e^{\frac{1536}{T}}.$$

В результате расчеты проведенные с использованием этой константы,

повысили сходимость теоретических и экспериментальных данных для обоих режимов (рисунки 3,4,5,6 – зависимости с  $k_1''$ ).

#### Список литературы

1. Зельдович Я.Б., Мышкис А.Д. Элементы прикладной математики. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1972. – 592 с.
2. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1981. – 160 с.

### ВПРЫСК ВОДЫ В ЦИЛИНДРЫ ДИЗЕЛЕЙ

В.Н. Никишин, В.Б. Хлюпин

*Набережночелнинский институт (филиал) ФГБОУ ВПО  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»*

В работе рассмотрены способы впрыска воды в цилиндры дизеля, проанализированы достоинства и недостатки этих способов.

Уменьшение токсичности двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является одной из острейших проблем современности. Сегодня все больше силовых агрегатов выпускается с дизелями, например, в странах Западной Европы таких свыше 50% от всего автомобильного парка, а силовые установки малых электростанций в России на 96% – дизельные. Ужесточение требований к экологической безопасности дизелей заставляет конструкторов и производителей искать и разрабатывать новые, как правило, более сложные способы обработки отработавших газов (ОГ). Также постоянно совершенствуются рабочие процессы и внедряются более сложные электронные системы управления его параметрами. В итоге это всегда

комплекс мероприятий, основной целью которых является выполнение законодательных требований в области экологической безопасности дизелей.

Одним из наиболее эффективных методов улучшения экологических показателей дизелей является присадка воды к основному рабочему телу [3]. Подача воды в цилиндры двигателей известна еще со времен создания и применения первых ДВС. Первоначально впрыск воды использовался в бензиновых двигателях для повышения детонационной стойкости смеси и снижения теплонапряженности деталей. С 70-х годов XX века впрыск воды начали рассматривать как один из способов для снижения токсичности двигателей. Известны различные способы подачи воды в цилиндры дизелей (рис. 1).

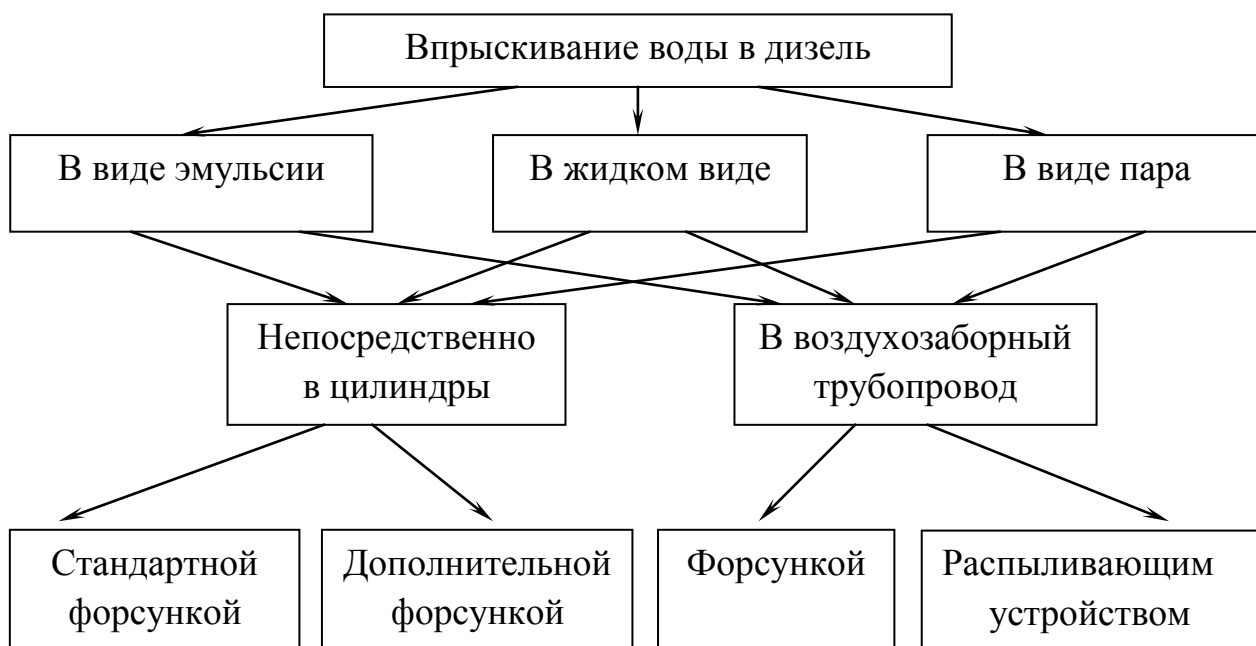


Рис. 1. Способы подачи воды в дизель

Наибольшее практическое применение нашли:

- подача водо-топливной эмульсии (ВТЭ) с помощью стандартной топливной аппаратуры или дополнительной форсункой;
- впрыск воды в жидком виде или в виде пара непосредственно в цилиндр дизеля с помощью дополнительной форсунки либо распыливающего устройства;
- подача воды в жидком виде или в виде пара в воздухозаборный трубопровод.

Применение ВТЭ осуществляется двумя способами: 1) использование заранее приготовленной эмульсии; 2) эмульгирование топлива непосредственно на автомобиле. В первом случае возникает проблема стабильности, опасности замерзания, возможности коррозионного износа элементов топливной аппаратуры; во втором – усложнение топливоподающей аппаратуры. Применение ВТЭ приводит к снижению концентрации сажи в ОГ до 50% на

номинальном режиме. Объясняется это тем, что улучшается процесс смесеобразования вследствие микровзрывов, так как капли смесового топлива состоят их частиц топлива, внутри которых содержится вода. При нагреве этих частиц содержащаяся в них вода переходит в пар, и эмульгированные частицы топлива взрываются, образуя другие мелкодисперсные частицы, которые подвергают окружающие их частицы дополнительному дроблению. При этом происходит интенсивное поступление воздуха в распыл эмульсии и увеличение локальной избыточности воздуха в факеле распыленного топлива, в результате чего происходит более качественное перемешивание топлива с воздухом. На режимах пониженных частот вращения коленчатого вала снижение концентрации сажи составляет 35%, при этом отмечается повышение выброса оксидов азота. Часто работа на ВТЭ сопровождается повышением концентрации оксида углерода СО и несгоревших углеводородов  $C_mH_n$ , увеличением жесткости и шумности работы дизелей с неразделенными камерами сгорания, неустойчивой работой на переходных режимах. Кроме того, приходится увеличивать производительность топливной аппаратуры для сохранения исходной мощности двигателя [3].

Впрыск воды непосредственно в цилиндр дизеля осуществляется с помощью форсунки и насоса высокого давления. Оптимизация фаз подачи воды и топлива, а также отношение расхода воды к расходу топлива (по массе) в пределах  $G_{\text{вод}}/G_{\text{т}}=0,25-0,3$  приводит к сохранению мощности и крутящего момента дизеля на прежнем уровне при снижении выбросов оксидов азота. Однако очевидна конструктивная сложность метода и его недостаток – резкое ухудшение экологических и экономических характеристик при нарушении фаз подачи компонентов и соотношения вода – топливо.

Подача воды в воздухозаборный трубопровод также оказывает воздействие на процесс сгорания топлива. При таком способе в рабочем цикле дизеля отводится достаточное количество времени на процессы нагрева воды от деталей цилиндро-поршневой группы (ЦПГ), ее испарения, участие в процессе сжатия.

В отличие от работы дизеля на ВТЭ или впрыска воды непосредственно в цилиндр, при подаче воды в воздухозаборный трубопровод к моменту воспламенения горючей смеси в цилиндре находится нагретая до высокой температуры и сжатая смесь воздуха с парами воды. Снижение температуры впускного заряда с подачей воды в воздухозаборный трубопровод, вызванное потерей части теплоты на испарение воды, сказывается на протекании всего процесса, динамике тепловыделения и должно приводить к снижению энергетических показателей дизеля и выбросов окислов азота. По данным работы [4], эксперименты с присадкой водяного пара на впуске в количестве  $G_{\text{вод}}/G_{\text{т}}=0,23$  приводят к снижению максимального давления цикла  $p_z$  на 4% и среднего индикаторного давления на 5%. В результате чего сделан вывод, что введение любой теплоемкой и инертной в реакциях сгорания присадки вещества в цилиндры дизеля увеличивает теплоемкость рабочего тела в цикле и может привести только к ухудшению его экономических показателей.

Экспериментальных исследований по выбросу токсичных веществ с ОГ дизеля в данной работе нет. В работе [1] отмечено, что при увеличении  $G_{\text{вод}}/G_{\text{T}}$  от 0 до 1,5 концентрация окислов азота в ОГ дизеля уменьшается на 56,8%, а концентрация оксида углерода возрастает на 63,7%. Экономичность дизеля начинает ухудшаться при значениях  $G_{\text{вод}}/G_{\text{T}} > 2,5$ . Таким образом, для практического использования целесообразно поддерживать постоянным относительное количество впрыскиваемой в воздухозаборный трубопровод воды, величина которого может находиться, в зависимости от жесткости требований к составу ОГ, в пределах 1-1,5. Дальнейшее увеличение показателя  $G_{\text{вод}}/G_{\text{T}}$  ведет к заметному росту выброса продуктов неполного сгорания топлива, незначительному уменьшению концентраций окислов азота в ОГ, ухудшению экономичности дизеля.

Отрицательным моментом подачи воды в ДВС принято считать то, что данное мероприятие приводит к коррозии ЦПГ. Однако в результате проведенных исследований по этому вопросу не замечено следов коррозии, отложения солей, накипи на деталях ЦПГ. Нагар, который фиксировался до экспериментов, после 120-400 часов работы с впрыском воды исчезал, или его количество было незначительным. Таким образом, впрыскивание воды не приводит к коррозии ЦПГ, уменьшает нагарообразование, не снижает надежность дизеля [2]. В работе [5] проведены исследования о том, как влияет впрыскивание воды в цилиндры на тепловую напряженность дизеля. Отмечено, что можно увеличить мощность до 130-140% от номинальной с впрыском воды с сохранением тепловой напряженности. Это важное достоинство впрыска воды, поскольку увеличение удельной мощности дизелей достигается повышением давления наддува, что ведет к увеличению толщины стенок и к росту термических напряжений в деталях. При впрыскивании воды тепловая напряженность может быть снижена.

Анализ литературных источников показывает большое количество экспериментальных данных по впрыскиванию воды в дизель. В работах при подаче воды в цилиндры дизелей, при этом не важно каким способом, говорится о том, что вода является реакционноспособным соединением и даже в небольших количествах ускоряет окисление топлива и улучшает процесс сгорания. Тогда при впрыске следует ожидать снижения содержания продуктов неполного сгорания топлива в ОГ, либо должна снижаться жесткость работы дизеля. Однако опытные результаты данных работ не подтверждают этого. То есть выявляются противоречия между теоретическими предпосылками и получаемыми экспериментальными данными. Значит, теоретическая проработка методики по исследованию рабочего цикла дизеля с впрыскиванием воды в воздухозаборный трубопровод недостаточно глубоко изучена.

#### Список литературы

1. Жегалин О.И., Сайкин А.М., Френкель А.И. Снижение токсичности отработавших газов тракторных дизелей методами воздействия на рабочий

процесс // Снижение токсичности отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Сборник: Депонированная рукопись. – М., 1983.

2. Сергеев Л.С. Исследование работы дизеля на водо-топливных эмульсиях: Дисс...канд. техн. наук: 05.04.02. – Саратов, 1965.

3. Марков В.А., Гайворонский А.И., Грехов Л.В., Иващенко Н.А. Работа дизелей на нетрадиционных топливах. – М.: Изд-во Легион-Автодата, 2008. – 464 с.

4. Покровский Е.А. Исследование особенностей рабочего процесса дизеля при впрыске воды в цилиндры: Дисс...канд. техн. наук: 05.04.02. – Калининград, 1978.

5. Цнев В.А. Исследование работы дизеля с внутренним охлаждением: Дисс...канд. техн. наук: 05.04.02. – М., 1963.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИЗЕЛЯ С ВПРЫСКОМ ВОДЫ В ВОЗДУХОЗАБОРНЫЙ ТРУБОПРОВОД**

В.Н. Никишин, В.Б. Хлюпин

*Набережночелнинский институт (филиал) ФГБОУ ВПО  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»*

Проработана математическая модель расчета показателей дизеля с впрыскиванием воды в воздухозаборный трубопровод.

В настоящее время разработаны многие методы, которые позволяют с различной степенью эффективности достигать улучшения экологических показателей дизеля. Одним из таких методов является впрыск воды в воздухозаборный трубопровод.

Для изучения экологических характеристик необходимо проработать тепловой расчет дизеля. Расчеты проведены для дизеля 1Ч8,5/11 на номинальном режиме при частоте вращения коленчатого вала  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$  и промежуточном режиме  $n = 900 \text{ мин}^{-1}$  по методике [3] с учетом впрыска воды в воздухозаборный трубопровод дизеля. Температура и давление при расчете процесса сгорания определялись с шагом в  $2^\circ$  угла поворота коленчатого вала ( $^\circ$  у.п.к.в.).

Вода с температурой  $10^\circ\text{C}$  впрыскивается во впускной трубопровод через распыливающее устройство в жидкой фазе. Масса свежего заряда  $g_1$  увеличится на массу впрыснутой воды  $g_{\text{вод}}$ , кг

$$g_1 = \alpha \cdot l_0 \cdot g_T + g_{\text{вод}},$$

где  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха;  $l_0$  – масса воздуха, необходимая для полного сгорания 1 кг топлива, кг;  $g_T$  – масса топлива, кг;  $g_{\text{вод}}$  – масса впрыскиваемой воды, кг.

Количество воды в отработавших газах изменится на величину подачи воды  $g_{\text{вод}}$ , КМОЛЬ

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{H}{2} + \frac{g_{\text{вод}}}{\mu_{\text{вод}}},$$

где  $H$  – количество водорода, содержащегося в топливе, кмоль;  $\mu_{\text{вод}}$  – молярная масса воды, кг/кмоль.

Фазовый переход воды из жидкости в парообразное состояние начинает происходить в процессе сжатия за  $78...90^{\circ}$  у.п.к.в. до прихода поршня в верхнюю мертвую точку (ВМТ), когда свежий заряд достигает давлений и температур, соответствующих на фазовой диаграмме воды, ее переходу. Чем больше подано воды  $w$  (где  $w=G_{\text{вод}}/G_{\text{T}}$  – отношение массы воды к массе топлива, используемой в расчете), тем позже начинается переход. При фазовом переходе вода забирает часть теплоты, образующейся при сжатии свежего заряда. Температура в процессе сжатия  $T_c$  понижается до  $93^{\circ}$  (при  $w=2$ ), а давление до 0,31 МПа (при  $w=2$ ), по сравнению с дизелем без впрыска воды (рис. 1).

Впрыск топлива осуществляется за  $24^{\circ}$  у.п.к.в. до ВМТ в свежий заряд с пониженной температурой  $T_c$  и давлением  $p_c$ . Изменение периода задержки воспламенения (п.з.в.) топлива учтено при помощи формулы А.И. Толстова [2]. Отмечено, что впрыск воды приводит к увеличению п.з.в. на  $3^{\circ}$  у.п.к.в. (при  $w=2$ ). При этом средняя жесткость процесса сгорания уменьшается с  $0,236$  МПа/ $^{\circ}$  у.п.к.в. (при  $w=0$ ) до  $0,182$  МПа/ $^{\circ}$  у.п.к.в. (при  $w=2$ ). Это объясняется тем, что вода является реакционноспособным соединением и даже в незначительных количествах ускоряет многие химические реакции. В результате чего образуются химически активные углеводородные радикалы  $\dot{\text{O}}\text{H}$  и  $\dot{\text{H}}$ , которые участвуют в окислении топлива и улучшают процесс сгорания.

При впрыске воды часть теплоты сгорания топлива расходуется на нагрев воды, превращение ее в пар и перегрев пара. Таким образом, удельная теплота сгорания топлива выразится следующим уравнением, кДж/кг

$$q_z = \frac{\xi \cdot H_u \cdot g_{\text{T}}}{(1 + \gamma_{\text{r}}) \cdot \alpha \cdot l_0 + 1} - \frac{c_{\text{вод}} \cdot g_{\text{вод}} \cdot t_{\text{вод}}}{(1 + \gamma_{\text{r}}) \cdot g_1 \cdot \mu_{\text{вод}}} - \frac{q_{\text{п}} \cdot g_{\text{вод}}}{(1 + \gamma_{\text{r}}) \cdot g_1},$$

где  $\xi$  – коэффициент использования теплоты сгорания топлива;  $H_u$  – низшая удельная теплота сгорания топлива, кДж/кг;  $\gamma_{\text{r}}$  – коэффициент остаточных газов;  $c_{\text{вод}}$  – удельная теплоемкость воды, кДж/(кмоль $\cdot^{\circ}$ С);  $t_{\text{вод}}$  – текущая температура воды,  $^{\circ}$ С;  $q_{\text{п}}$  – удельная теплота парообразования воды, кДж/кг.

В результате удельная теплота сгорания снижается на 13,3% (при  $w=2$ ). Это приводит к уменьшению максимальных давлений  $p_z$  и температур  $T_z$  в цикле (рис. 1).

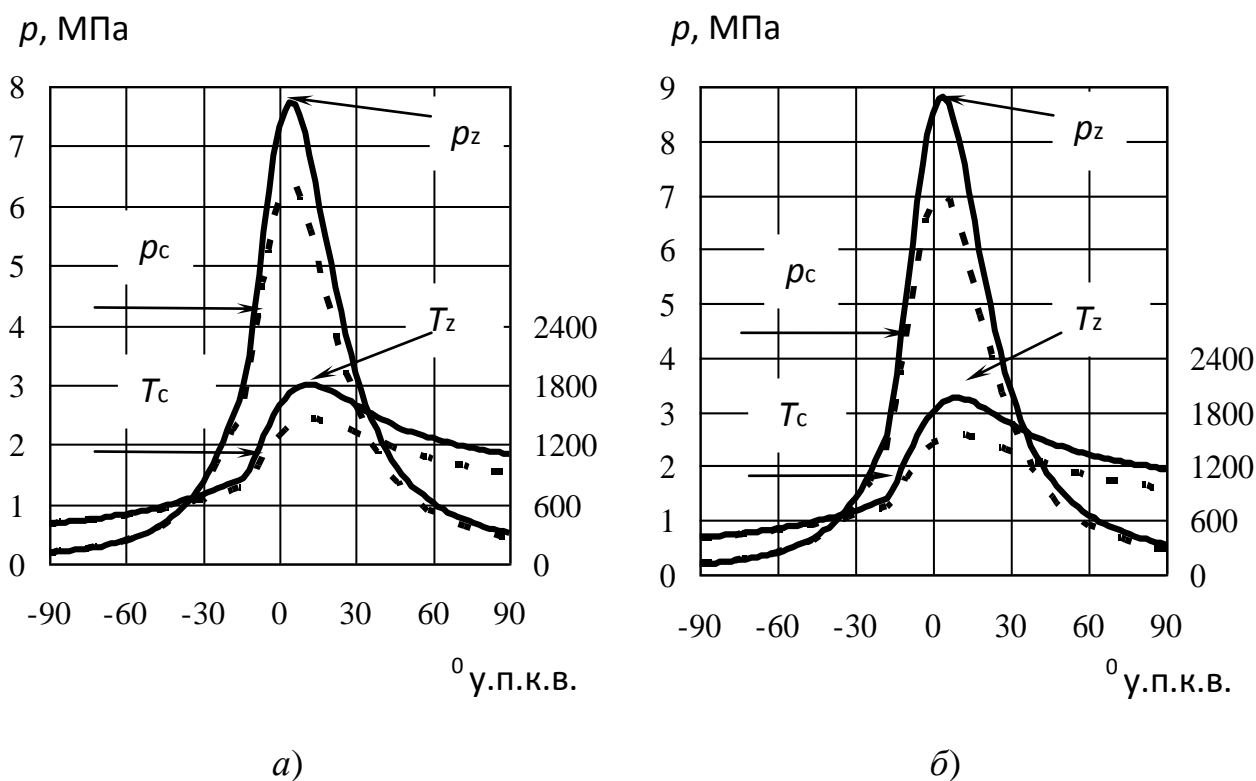


Рис. 1. Зависимость расчетных значений давлений и температур от угла поворота коленчатого вала:

а) при  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ ; б) при  $n = 900 \text{ мин}^{-1}$ ;

— —  $w = 0$ ; - - - -  $w = 2$

Выгорание топлива определено по формуле И.И. Вибе [1].

Отношение теплоемкостей рабочего тела для любого промежуточного момента процесса сгорания

$$k = k_{\text{вв}} - (k_{\text{вв}} - k_{\text{г}}) \cdot x,$$

где  $k_{\text{вв}} = \frac{mc_{\text{v}} + d \cdot mc_{\text{H}_2\text{O}} + 8,314}{mc_{\text{v}} + d \cdot mc_{\text{H}_2\text{O}}}$  — отношение теплоемкостей водо-воздушной смеси;

$$k_{\text{г}} = \frac{\frac{1}{M_2} \cdot (mc_{\text{CO}_2} + mc_{\text{H}_2\text{O}} + mc_{\text{N}_2} + mc_{\text{O}_2}) + 8,314}{\frac{1}{M_2} \cdot (mc_{\text{CO}_2} + mc_{\text{H}_2\text{O}} + mc_{\text{N}_2} + mc_{\text{O}_2})}$$
 — отношение теплоемкостей

продуктов сгорания;

$x$  — доля выгоревшего топлива к рассматриваемому моменту времени;

$mc$  — средние молярные теплоемкости компонентов, кДж/(кмоль $\cdot$ °С);

$d$  — содержание воды в свежем заряде, кг воды/кг возд.;

$M_2$  — количество продуктов сгорания, кмоль.

Проведенные теоретические исследования выявили (рис. 2), что впрыскиваемая вода увеличивает теплоемкость свежего заряда, это приводит к



снижению температур сжатия и сгорания в цикле, и в итоге к снижению расчетных крутящего момента и эффективной мощности до 37% (при  $w=2$ ), ухудшению удельного эффективного расхода топлива до 56% (при  $w=2$ ).

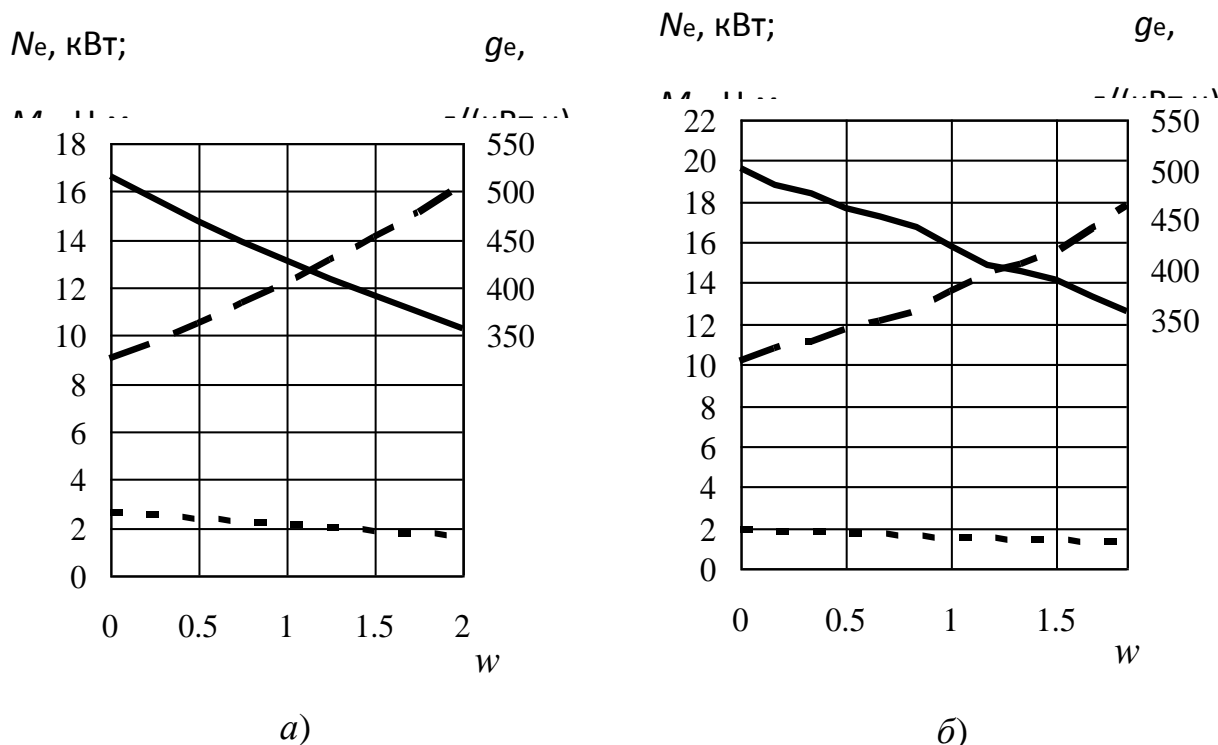


Рис. 2. Зависимость эффективных показателей от относительного количества впрыскиваемой воды  $w$ ;  
 а) при  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ ; б) при  $n = 900 \text{ мин}^{-1}$ ;

————— —  $M_e$ , Н·м; — — — — —  $g_e$ , г/(кВт·ч); - - - - -  $N_e$ , кВт

Таким образом, можно сделать вывод о том, что впрыск воды в воздухозаборный трубопровод, как и большинство мероприятий направленных на повышение экологической безопасности двигателей, ухудшает мощностные и экономические показатели дизеля. Очевидно, положительные свойства воды проявятся при изучении непосредственно самих экологических показателей дизеля.

#### Список литературы

1. Вибе И.И. Новое о рабочем цикле двигателей. Скорость сгорания и рабочий цикл двигателя. — М.: Машгиз, 1962. — 271 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин и др.; Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1983. — 372 с., ил.
3. Расчет и конструирование автомобильных и тракторных двигателей (дипломное проектирование): Учеб. пособие для вузов / Б.Е. Железко, В.М. Адамов, И.К. Русецкий, Г.Я. Якубенко. — Мн.: Высшая школа, 1987. — 247 с.

## СОДЕРЖАНИЕ РАСТВОРЕННЫХ ФОРМ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ВОДЕ НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

О.С. Огрызкова, А.Н. Эйрих, Е.Г. Ильина

*ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет», ИВЭП СО РАН*

В работе представлены результаты исследования содержания растворенных форм микроэлементов (Fe, Cd, Co, Mn, Cu, Ni, Pb, Cr, As) в поверхностной воде Новосибирского водохранилища, отобранных в июне и августе 2013 г.

Изучение загрязняющих веществ в речных экосистемах является важной задачей экологического мониторинга. Одни из приоритетных токсикантов, это тяжелые металлы, которые оказывают наибольшее влияние на качество природных вод.

Все металлы в природе делят на 2 группы: легкие металлы (удельный вес которых менее  $5 \text{ г/см}^3$ ) и тяжелые металлы (удельный вес более  $5 \text{ г/см}^3$ ). Тяжелые металлы могут быть как нетоксичными, так и проявлять в водных экосистемах низкую, среднюю или высокую токсичность, часто из-за этого происходит путаница понятий «тяжелые металлы» и «токсичные металлы», так как в большинстве своем тяжелые металлы – токсичны.

Поступление тяжелых металлов в водоемы может происходить как от сосредоточенных, точечных (стоки промышленных предприятий, очистных сооружений и ливневой канализации), так и от рассредоточенных, диффузных (смыв с водосборной площади) источников загрязнения природного и антропогенного характера. Это, в свою очередь, определяет вероятность поступления различных химических форм металлов. При взаимодействии с природной водой и в результате протекания процессов комплексообразования, адсорбции, коагуляции, изменения окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий происходит трансформация поступивших химических форм металлов и образование устойчивых в данных условиях сосуществующих растворенных форм, которые, в свою очередь, определяют степень токсичности того или иного металла [1].

Загрязнение водных экосистем тяжелыми металлами наблюдается в воде, донных отложениях, растениях и живых организмах. Тяжелые металлы отличаются своей высокой способностью к биоаккумуляции, что делает их наиболее опасными токсикантами для живых организмов и человека [2].

Важным показателем экологического состояния Новосибирского водохранилища является микроэлементный состав воды. Изучение концентрации растворенных форм микроэлементов позволяет определить уровень загрязненности воды и оценить биодоступность металлов для водных организмов и также понять механизмы формирования состава воды и процессы, протекающие в водной среде.

Новосибирское водохранилище – самый крупный искусственный водоем Западной Сибири: площадь водосбора р. Оби в створе гидроузла составляет  $228\,000 \text{ км}^2$ , бассейн водохранилища включает территории Новосибирской области и Алтайского края. Водоохранилище используется в интересах

гидроэнергетики, водоснабжения и рыболовства, также водоем имеет рекреационное значение. Основные источники тяжелых металлов и других загрязняющих веществ водоема – бытовые и промышленные сточные воды близлежащих городов (Новосибирск, Бердск, Камень на Оби) [3].

В данной работе было проведено исследование содержания растворенных форм тяжелых металлов (Fe, Cd, Co, Mn, Cu, Ni, Pb, Cr, As) в поверхностной воде Новосибирского водохранилища, отобранных в июне и августе 2013 г. Исследования проводились в рамках госбюджетного проекта VIII.76.1.3. «Исследование внутриводоёмных процессов и динамики экосистем водных объектов Сибири, включая субарктическую зону» в химико-аналитическом центре ИВЭП СО РАН.

Пробы воды были взяты в нескольких точках водоема на разных глубинах 0,2 и 0,6 м (h – глубина водного столба) согласно ГОСТ (ГОСТ 17.1.5.04-81 [4]). Для отдельного определения растворенной и взвешенной форм тяжелых металлов пробы воды фильтровали через мембранные ядерные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм. Фильтрация осуществлялась в течение одного часа с момента отбора во избежание перераспределения элементов между фазами. Фильтрат собирался в чистую специально подготовленную посуду из полиэтилена высокого давления предварительно очищенные 1 М азотной кислотой и тщательно промытые дистиллированной водой в лаборатории, а затем в полевых условиях – отбираемой пробой [4].

Отобранные пробы воды консервировали концентрированной азотной кислотой (марки ОСЧ) до  $pH \leq 2$ . Пробы воды до анализа хранили в прохладном месте при температуре 4°C [4].

В данной работе проводилось количественное определение растворенных форм тяжелых металлов атомно-абсорбционным методом на приборе SOLAAR-M6 с использованием пламенной и электротермической атомизацией (ГОСТ 31870-2012 [5]).

Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Концентрация растворенных форм микроэлементов в воде  
Новосибирского водохранилища

Микроэлемент	Концентрация, мкг/дм <sup>3</sup>		ПДК <sub>рх</sub> [6] (мкг/дм <sup>3</sup> )	ПДК <sub>в</sub> [7] (мкг/дм <sup>3</sup> )
	июнь	август		
Железо	43,7	43,5	100	300
Кадмий	0,04	0,46	5	1
Кобальт	0,2	1,0	10	100
Марганец	2,1	9,6	10	100
Медь	6,5	8,1	1	1000
Никель	2,3	2,7	10	100
Свинец	0,10	0,14	6	30
Хром	0,3	0,4	20	50
Мышьяк	1,4	11,7	50	10

Поскольку река Обь и Новосибирское водохранилище относятся к водоемам рыбохозяйственного назначения, для оценки уровня загрязненности поверхностной воды микроэлементами было проведено сравнение полученных данных со значениями ПДК<sub>рх</sub> и ПДК<sub>в</sub> для соответствующих металлов. По результатам анализа обнаружено, что превышение значений ПДК<sub>рх</sub> наблюдается для Cu от 6,5 до 8,1 раз (июнь, август). Превышение значений ПДК<sub>в</sub> определено только для As в 1,2 раза в августе. Концентрации растворенных форм Fe, Cd, Co, Ni, Pb, Cr, Mn не превышают значений ПДК.

На химический состав воды Новосибирского водохранилища большое влияние оказывают гидрологические и внутриводоемные процессы. На содержание и распределение микроэлементов в воде влияет большое количество факторов. Наиболее значимыми из них являются: физико-химический состав воды (рН, Eh, наличие комплексообразователей), гранулометрический состав взвешенных веществ, биохимические процессы, происходящие в воде. По литературным данным [1,3] известно, что при изменении окислительно-восстановительных условий в верхнем слое донных отложений происходит восстановление тяжелых металлов с переходной валентностью (Fe, Mn). В результате этого совершается мощный поток растворимых в воде веществ из донных отложений в водную толщу. По результатам наших исследований такие условия протекали в августе месяце. Проведенный сравнительный анализ полученных данных в этот изученный период выявил повышение содержания растворенных форм микроэлементов в поверхностной воде Новосибирского водохранилища.

#### Выводы

1. Содержание растворенных форм микроэлементов в воде Новосибирского водохранилища в изученный период превышает уровень ПДК<sub>в</sub> по As, также отмечено превышение ПДК<sub>рх</sub> для Cu. Концентрации растворенных форм Fe, Cd, Co, Ni, Pb, Cr, Mn не превышают значений ПДК.

2. Проведенный сравнительный анализ качества воды Новосибирского водохранилища в изученный период выявил, что наибольшее содержание растворенных форм микроэлементов обнаружено в августе.

#### Список литературы

1. Папина Т.С. Транспорт и особенности распределения тяжелых металлов в ряду: вода – взвешенное вещество – донные отложения речных экосистем / Т.С. Папина. Аналитический обзор. Новосибирск: ИВЭП СО РАН, 2001. 58 с.

2. Yigit S., Altindag A. Concentration of heavy metals in the food web of Lake Egirdir / S. Yigit // Journal of Environmental Biology. Turkey: 2006. 5p.

3. Васильев О.Ф., Савкин В.М., Двуреченская С.Я. Экологическое состояние Новосибирского водохранилища / О.Ф. Васильев // Сибирский Экологический Журнал. Новосибирск: 2000. 163 с.

4. ГОСТ 17.1.5.04-81 «Особенности пробоотбора и пробоподготовки объектов окружающей среды» – Электронный ресурс: [www.elar.urfu.ru](http://www.elar.urfu.ru), дата обращения 9.12.2013.

5. ГОСТ 31870-2012 «Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии» – Электронный ресурс: [www.shimadzu.ru](http://www.shimadzu.ru), дата обновления 16.11.2013.

6. ПДК<sub>рх</sub> «Нормативы воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» от 18.01.2010 – Электронный ресурс: [voda96.com](http://voda96.com), дата обращения 12.08.2013.

7. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест» – Электронный ресурс: [www.water.ru](http://www.water.ru), дата обращения 21.11.2013.

## **ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПОДЗЕМНОЙ УГЛЕДОБЫЧИ И ИХ ПОЖАРНАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

В.А. Уварова

*ОАО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово*

Причинами потери трудоспособности и гибели людей, как показывает анализ последствий пожаров и взрывов на угольных шахтах, в большинстве случаев являются отравления токсичными веществами: продуктами горения и взрыва. Источниками этих веществ, наряду с углем, являются другие материалы, присутствующие в горных выработках.

В последние несколько десятков лет значительно расширился перечень материалов и изделий, применяемых в угольных шахтах. В шахте, наряду с конвейерными лентами и силовыми кабелями, активно используются другие изделия из полимерных и композитных материалов: стеклопластиковая и базальтопластиковая арматура, полиэфирные ампулы для анкеров, смачивающие и связывающие составы, керамические и резиновые футеровки, клеи, шахтные сетки, а также полимерные технологии укрепления горных пород методом химического упрочения, возведения куполов, перемычек, аэро- и гидроизоляции.

Эти технологии широко и успешно применяются на многих шахтах РФ, показывая хорошие результаты и высокую эффективность использования полимерных материалов в сравнении с традиционными, основанными на применении цемента, металла и железобетона.

Несмотря на очевидные преимущества применения полимеров в технологиях подземной добычи, нельзя не учитывать проблему обеспечения безопасности их применения под землей. Полимеры имеют в своей основе сложный комплекс химических веществ, которые могут быть токсичными и пожароопасными. Полимеры хорошо горят, поэтому в условиях замкнутого пространства шахты, даже в результате небольшого возгорания, могут привести к печальным последствиям для горнорабочих: отравлениям в результате

воздействия на организм газовых продуктов термодеструкции, дыма и высокой температуры.

Это выдвигает новые требования к методам контроля при экспертизе промышленной и экологической безопасности и разрешению на допуск веществ, материалов и изделий в шахту, в том числе при определении их пожарной и токсической опасности.

На экспериментальной базе ОАО «НЦ ВостНИИ» были проведены исследования пожароопасных свойств материалов и изделий, наиболее часто и массово используемых в угольных шахтах. Были исследованы более 150 твердых, жидких и порошкообразных веществ и материалов. Это шахтные конвейерные ленты, полиэфирные ампулы, сетки шахтные полимерные, смачивающие и связывающие вещества, анкеры стеклопластиковые и базальтопластиковые для крепления горных выработок, пены и герметики, футеровки приводных колес, полиэтиленовые мешки для устройства водяных заслонов, пенополиуретановые, полимерцементные и фенольные смолы и др.

Для оценки пожароопасности существует ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов» [1], в котором указаны номенклатура показателей пожароопасности и методы их определения. Это группа горючести, температура вспышки, воспламенения, самовоспламенения, кислородный индекс, коэффициент дымообразования, показатель токсичности продуктов горения, скорость выгорания и другие.

Результаты исследования процесса горения полимерных материалов показали, что основным токсическим веществом, выделяющимся в процессе термодеструкции, является оксид углерода, или угарный газ. Кроме оксида углерода качественный анализ показал наличие других токсичных газов, которые оказывают отравляющее воздействие на организм человека: диоксида углерода, формальдегида, оксидов азота и серы, гидроцианида, гидрохлорида, а также твердой фазы в виде хлопьевидных аэрозолей.

В таблице 1 представлены результаты исследования показателей пожароопасности некоторых синтетических полимерных материалов, используемых в подземной угледобыче.

Как видно из таблицы, некоторые из полимерных материалов, предназначенные для применения в подземных условиях, горючи, имеют высокий класс опасности по показателю токсичности, а также в большинстве своем обладают высокой дымообразующей способностью. Эти результаты использовались предприятиями-изготовителями для создания рецептур с оптимальными параметрами пожарной и экологической безопасности изделий.

Проведенные исследования показывают, что полимерные вещества, материалы и изделия на их основе вполне могут быть применимы в условиях угольных шахт. Однако важно учитывать показатели пожарной и экологической опасности при постановке на производство и совершенствовании новых материалов и изделий, при разработке противопожарных мероприятий для использования в сложных и чрезвычайно

опасных условиях горных предприятий, а также в сертификационных испытаниях на допуск продукции в шахту.

Таблица 1

Показатели пожароопасности синтетических полимеров

№ п/п	Материал	Показатель токсичности gCO, мг/г	Класс опасности материала по значению показателя токсичности продуктов горения	Коэффициент дымообразования, Dm, м <sup>2</sup> •кг <sup>-1</sup>	Дымообразующая способность материала	Кислородный индекс, % об	Группа горючести материалов
1	Эластомер на основе уретановых форполимеров для футеровки фрикционного ролика к монорельсовым дизелевозам	73,1	умеренно опасный	533	высокая	35,5	трудногорючие
2	Материал полиэтиленовых двойных водяных мешков для устройства водяных заслонов	105,1	умеренно опасный	845,0	высокая	27,0	трудногорючие
3	Лента конвейерная шахтная 2РТТ-1200-4-EP-100-4,5/3,5	47,8	умеренно опасный	722,6	высокая	30,0	трудногорючие
4	ПУР-патрон. Полиуретановая система смол для анкерного крепления	146,8	высоко опасный	1281,0	высокая	25,3	горючие, средней воспламеняемости
5	Двухкомпонентное изолирующее полимерцементное покрытие	73,0	умеренно опасный	826,0	высокая	29,3	горючие, средней воспламеняемости
6	Сетка полипропиленовая растягиваемая для угольных шахт	170,00	высоко опасный	0	высокая	26,8	горючие средней воспламеняемости
7	Стеклопластиковая анкерная крепь	90,20	умеренно опасный	261,2	умеренная	34,0	горючие трудновоспламеняемые

Литература

1. Государственный стандарт СССР ГОСТ 12.1.004-91 "Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования" (утв. постановлением Госстандарта СССР от 14 июня 1991 г. N875) (с изменениями и дополнениями). – Информационно-правовое обеспечение «Гарант», Эксперт-Гарант-Максимум. Версия от 05 декабря 2013 г. – Загл. с экрана.

# ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РАСЧЁТА РАССЕИВАНИЯ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ В АТМОСФЕРЕ ОТ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Н.А. Чернецкая

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский  
государственный технический университет имени И.И. Ползунова»*

В работе рассмотрено применение программного комплекса для проведения расчётов динамики распространения химических ЗВ и оформление их результатов в соответствии с современными требованиями к качеству документации.

Основными загрязнителями атмосферного воздуха, образующимися, как в процессе хозяйственной деятельности человека, так и в результате природных процессов, является диоксид серы  $SO_4$ , диоксид углерода  $CO_2$ , оксид азота  $NO_x$ , твердые частицы – аэрозоли. Их доля составляет 98% в общем объёме выбросов вредных веществ. Помимо этих основных загрязнителей в атмосфере наблюдается ещё более 70 наименований вредных веществ: формальдегиды, фенол, бензол, соединения свинца и др. тяжелых металлов, аммиак, сероуглерод и др. [1].

Необходимо вести наблюдения и контроль за динамикой распространения химических загрязняющих веществ (ЗВ) для обеспечения качества атмосферного воздуха, соответствующего требованиям экологических нормативов. Одной из важных задач в области охраны атмосферного воздуха является расчёт загрязнения атмосферы. Расчёт максимальных приземных концентраций, основанный на ОНД-86, возможно проводить с помощью программного комплекса (ПК) «ЭРА-Воздух», согласованного в ГГО им. А.И. Воейкова. Программный комплекс может использоваться при разработке томов ПДВ предприятий и сводных томов ПДВ по городам.

ПК «ЭРА-Воздух» предназначен для решения широкого класса задач в области охраны атмосферного воздуха, связанных с расчетами загрязнения атмосферы, может использоваться при разработке томов ПДВ предприятий и сводных томов ПДВ по городам. Разрешен к использованию Роспотребнадзором, свидетельство № 44 от 26.01.2011 до 26.01.2014. ПК ЭРА сертифицирован Госстандартом РФ, сертификат № РОСС RU.СП09.Н00059 от 28.12.2009 до 28.12.2012 г. ПК «ЭРА-Воздух» органично соединяет в себе программы расчета выделений (выбросов) ЗВ, проведения инвентаризации, расчета концентраций, выпуска томов ПДВ, графический редактор и установления нормативов выбросов расчетным путем. ПК содержит ОНД-86 «Методику расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий», которая позволяет проводить расчет загрязнения атмосферы выбросами одиночного точечного источника; расчет загрязнения атмосферы выбросами линейного источника; расчет загрязнения атмосферы выбросами группы источников и площадных источников [2].

С помощью ПК «ЭРА-Воздух» проведён расчёт максимальной приземной концентрации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от



одиноким точечным источником – трубы промышленной котельной, которая находится на ровной открытой площадке. Одиночная дымовая труба ( $H = 38$  м;  $D = 1,32$  м), размещена вблизи здания котельной на расстоянии 10 метров у его длинной стороны. Значения исходных данных указаны в окнах ПК «ЭРА-Воздух» на рис. 2-4.

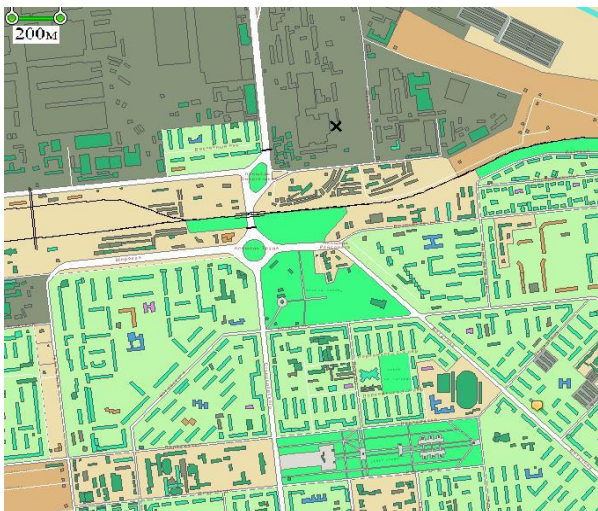


Рис. 1. Схема для расчета рассеивания выбросов

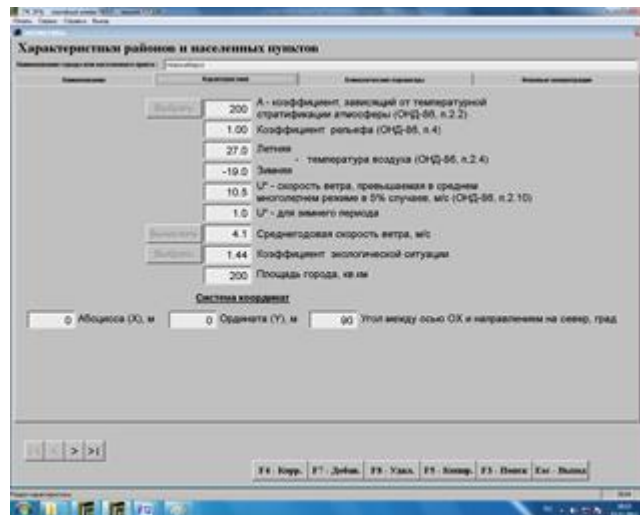


Рис. 2. Характеристика района города

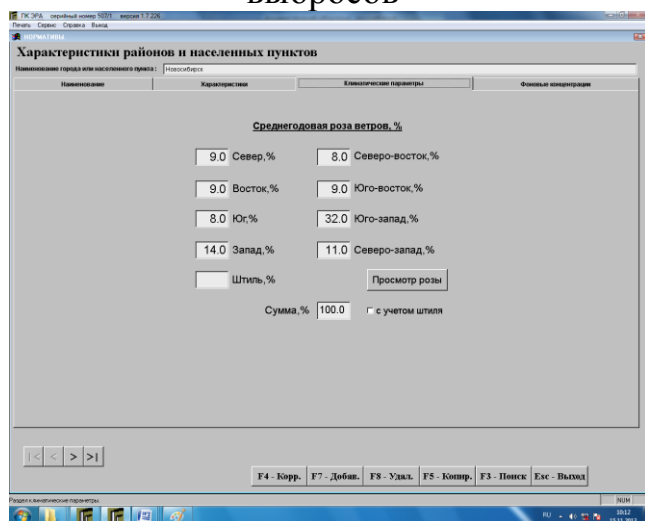


Рис. 3. Климатические параметры района города

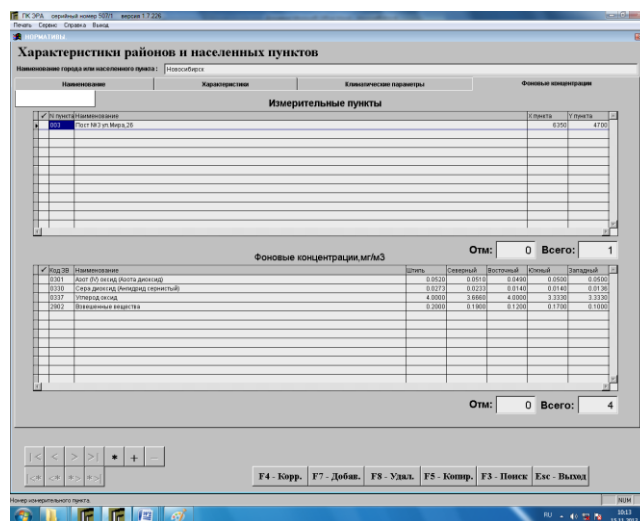


Рис. 4. Фоновые концентрации загрязняющих веществ по посту мониторинга

В соответствии с методикой ОНД-86 рассчитаны характеристики рассеивания загрязняющих веществ:  $C_M$  (мг/м) – максимальная концентрация ЗВ ( $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CO$ , золы) в приземном воздухе в квадрате  $1500 \times 1500$  м<sup>2</sup> (рис. 1); расстояния  $X_M$ ,  $Y_M$  от источника до координаты максимума концентраций; угол опасного направления ветра  $\alpha$ , опасная скорость ветра  $U_M$ , при которой,

при прочих равных условиях, приземная концентрация достигает своего максимума. Результаты расчета приведены в таблице 1.

Проведена инвентаризация выбросов на предприятии согласно «Инструкции по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу». Л.: Госкомгидромет, 1991.

Таблица 1

Результаты расчёта

Примесь	Характеристика рассеивания загрязняющих веществ						
	$PДК, \text{мг/м}^3$	$C_m, \text{мг/м}^3$	$C_m, \text{долей ПДК}$	$X_m, \text{м}$	$Y_m, \text{м}$	$U_m, \text{м/с}$	$\alpha, \text{град}$
Азот (IV) оксид (Азота диоксид)	0,2	0,00460	0,05417	800	700	1,95	5
Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0,5	0,15524	0,31048	800	700	1,95	5
Углерод оксид	3,0		< 0,05			1,95	
Взвешенные вещества	0,5	1,89398	3,78796	1000	1300	1,95	227
Группа суммации: Азот (IV) оксид (Азота диоксид) Сера диоксид (Ангидрид сернистый)			0,36465	800	700	1,95	5

Подготовлена подложка (карту-схему) местности, использован современный графический редактор. Для построения расчетного прямоугольника в разделе ПК «Меню объекта» выбираются «Растровые картинки» для объекта, указываются 3 точки и трансформируются их координаты. Для построения территории предприятия, санитарно-защитной зоны и жилой зоны в разделе ПК «Меню объекта» выбирается «Расчётная зона», затем «Подготовка карт» указывается «Проект», в котором включается подложка карты района. На карте с помощью командных кнопок и пунктов меню обозначаются территория предприятия белым цветом, жилая зона – зеленой штриховкой. Санитарно-защитная зона строится в случае  $C_m > ПДК$  и располагается между промышленной и жилой зонами. Построение расчетных точек осуществляется путём задания координат центра района и шага расчётной сетки. По результатам расчётов строятся изолинии изменения концентраций ЗВ (рис. 5-8).

Создан и выпущен комплект документации тома ПДВ (характеристика источников загрязнения атмосферы; перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу; таблица групп суммации на существующее положение; расчет категории источников, подлежащих контролю), включая ситуационные карты-схемы местности с нанесенными на них изолиниями и полями концентраций, источниками загрязнения, территорией предприятия, границами санитарно-защитных и жилых зон. Документы выпускаются в соответствии с "Рекомендациями по оформлению и содержанию проекта

нормативов ПДВ для предприятий". Л.: Госкомгидромет, 1989 и "Методическим пособием по расчету, нормированию и контролю выбросов ЗВ в атмосферный воздух". СПб., 2005.

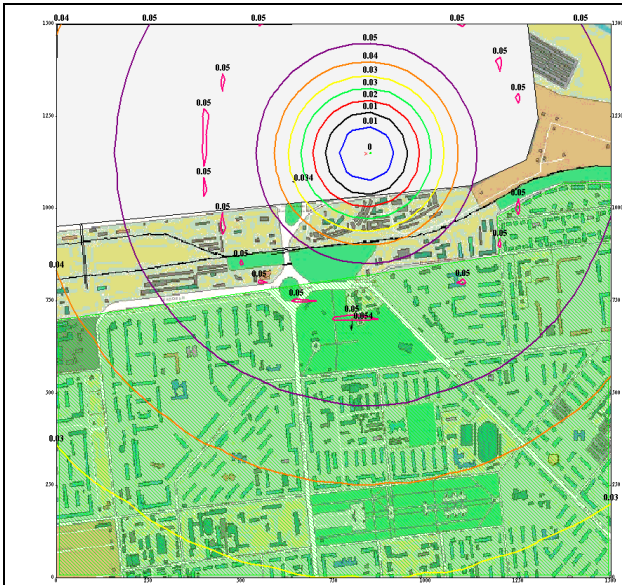


Рис. 5. Изолинии изменения концентрации азота (IV) оксида (азота диоксида)

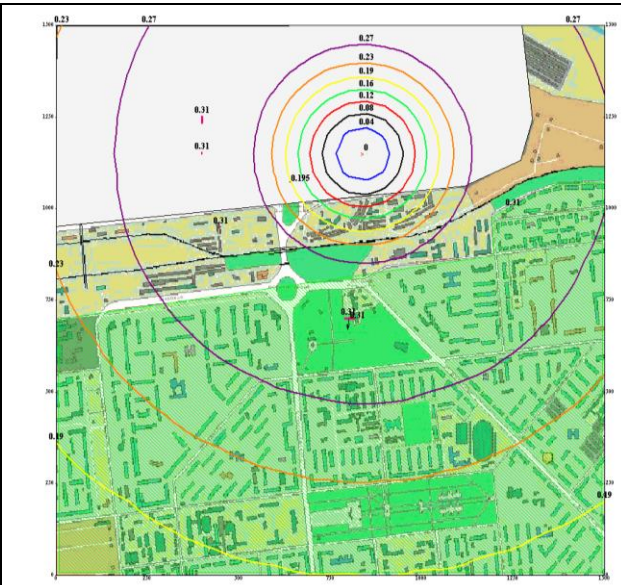


Рис. 6. Изолинии изменения концентрации серы диоксида (ангидрида сернистого)

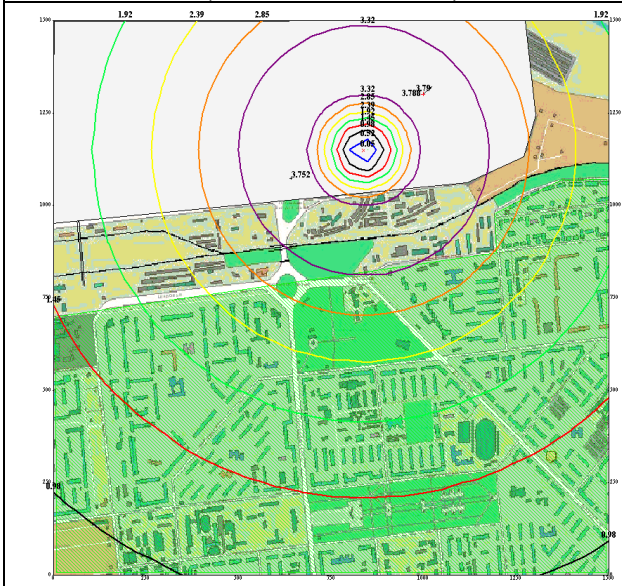


Рис. 7. Изолинии изменения концентрации взвешенного вещества

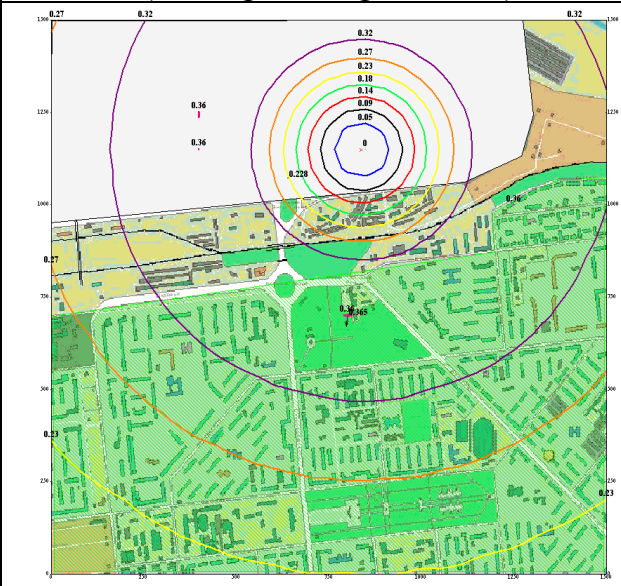


Рис. 8. Изолинии изменения концентрации группы суммации: 31=0301 Азот (IV) оксид (Азота диоксид) 0330 Сера диоксид (Ангидрид сернистый)

- установить на источниках выделения пылегазоочистное оборудование – циклон СИОТ-М1 №10 с КПД не ниже 80% согласно «Правилам эксплуатации установок очистки газа»;



- довести мощность пылегазоочистного оборудования до проектного уровня;

- организация дополнительного озеленения, обеспечивающих экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха.

Применение ПК «ЭРА-Воздух» для выполнения расчетов концентраций и рассеивания вредных примесей в атмосфере от стационарных источников, разработанного в среде Windows, позволило упрощенно и быстро ввести исходные данные в формат таблиц инвентаризации. В ПК реализовано большое количество методик расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Расчет осуществляется одновременно с автоматическим заполнением соответствующих таблиц инвентаризации. ПК «ЭРА» содержит полную базу загрязняющих веществ (4520 наименований), соответственно ГН 2.1.6.1338-03 и ГН 2.1.6.1339-03 со всеми дополнениями, а также перечень методик выполнения измерений концентраций загрязняющих веществ в выбросах промышленных предприятий (по "Аннотированному справочнику...". Изд. второе, СПб, НИИ Атмосфера, 2004). Графический редактор ПК «ЭРА» позволил построить и оформить карты-схемы местности с указанием источника выброса, производственной и жилой зон. Изолинии изменения концентраций загрязняющих веществ строятся автоматически по результатам расчётов с учётом заданных климатических характеристик.

Единый взаимоувязанный ПК «ЭРА-Воздух» обеспечивает достоверные расчёты динамики распространения химических ЗВ и оформление их результатов в соответствии с современными требованиями к качеству документации. Учёт результатов расчёта и реализация мероприятий снижения загрязненности обеспечат качество атмосферного воздуха, соответствующего требованиям экологических нормативов.

#### Список литературы

1. Сокольникова Т.В. Промышленное загрязнение окружающей среды: источники, основные проблемы и пути их решения [Электронный ресурс] <http://www.vigivanie.com>

2. <http://www.logos-plus.ru>

### **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ФАКТОРЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ СМЕСИ В АППАРАТЕ С ЛОПАСТНОЙ МЕШАЛКОЙ**

Н.А. Чернецкая

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова»*

В работе рассмотрен процесс перемешивания туков с водой в горизонтальном аппарате с радиальной лопастной мешалкой с целью исследования поведения твердой частицы туков, сходящей с лопасти при перемешивании. Выявлены влияющие факторы наилучший режим работы аппарата, обеспечивающего ресурсосберегающий процесс.

Питательные смеси на основе воды и минеральных удобрений широко используются при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях защищенного грунта. Это способствует получению более высоких и качественных урожаев. Однако требуются дополнительные затраты материальных и энергетических ресурсов. Механический способ приготовления таких смесей является простым и экономичным. Перемешивание сухих минеральных удобрений с поливной водой механической мешалкой создает большую турбулентность потока жидкости, необходимую для того, чтобы все частицы туков находились в жидкости во взвешенном состоянии и не выходили бы из зоны активного перемешивания, чего достаточно для обеспечения растворения туков [1].

Необходимо найти условия ресурсосберегающего процесса, обеспечивающего минимальные затраты энергии при сохранении высокого качества питательной смеси.

С этой целью рассмотрен процесс перемешивания туков с водой в горизонтальном аппарате с радиальной лопастной мешалкой. Задача сводится к исследованию поведения твердой частицы туков, сходящей с лопасти при перемешивании, т.е. рассмотреть ее траекторию с учётом, что частица туков совершает движение в жидкой среде, выявить влияющие факторы, а также выбрать наилучший режим работы аппарата.

Горизонтальный аппарат с лопастной мешалкой обеспечивает все вышеуказанные качества процесса перемешивания, а также отличается простотой конструкции и малой стоимостью. Лопастная мешалка обеспечивает высокую эффективность перемешивания при работе в системе «жидкость – твердое тело» при малых затратах мощности. Горизонтальное расположение оси рабочего органа в аппарате обеспечивает активное перемешивание без мертвых зон [2].

Процесс перемешивания в аппарате осуществляется следующим образом. Лопастная мешалка, вращаясь, создает турбулентный поток жидкости, лопастями поднимает туки со дна емкости и вводит их в активный процесс. Частота вращения мешалки должна обеспечивать распределение туков по всему объему перемешиваемой смеси, т.е. сход туков с лопасти. При этом туки, сойдя с лопасти, увлекаются турбулентным потоком жидкости и продолжают движение в ёмкости, что способствует их активному растворению.

Частица туков движется по лопасти, установленной радиально на валу мешалки, под действием центробежной силы  $F_{ц}$ , зависящей от угловой скорости  $\omega_0$  и силы трения  $F_{тр}$  частицы о лопасть. Также оказывают влияние реакция лопасти  $N$  и движущая сила  $P$ , под действием которой частица осаждается (рис. 1).

С учетом сопротивления среды и безотрывного движения частицы по лопасти, получим неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка, решение которого позволяет определить траектории абсолютного движения частицы, сходящей с лопасти, при различных кинематических режимах. На рисунке 2 приведены траектории частиц, для параметров

мешалки: диаметр вала  $d = 0,05\text{ м}$ , диаметр мешалки  $0,34\text{ м}$ ,  $r_g = 0,07\text{ м}$ , плотность частицы туков  $\rho_m = 1127\text{ кг/м}^3$ ; коэффициент трения частицы о материал лопасти в жидкости  $f_1 = 0,35$ .

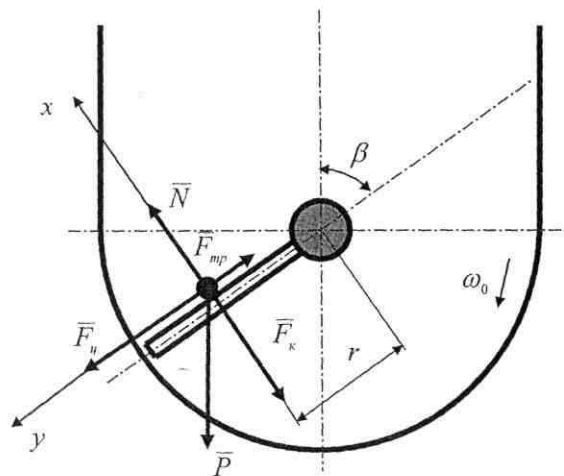


Рис. 1. Схема сил, действующих на частицу, находящуюся на лопасти

Частоту вращения мешалки определим из условия равенства центробежной силы и силы тяжести частицы с учетом того, что частица движется в жидкости.

При выполнении этого условия частица не будет сходиться с лопасти в течение оборота (для исследуемого аппарата  $\omega_0 = 2,5\text{ с}^{-1}$ ,  $n = 24,3\text{ мин}^{-1}$ ). Для того чтобы частица сходила с лопасти, нужно увеличивать частоту вращения мешалки. Расчет траектории частицы при  $n = 25\text{ мин}^{-1}$  и  $n = 30\text{ мин}^{-1}$  показал, что частица остается на лопасти. При  $n \geq 40\text{ мин}^{-1}$  частица сходит с лопасти, и конечный угол поворота лопасти уменьшается с увеличением частоты вращения (рис. 2). Из рисунка видно, что при частоте вращения  $n = 40\text{ мин}^{-1}$  частица сходит с лопасти при угле поворота  $\beta = 274^\circ$ . Это значит, что частица будет быстро оседать на дно, мало взаимодействуя с жидкостью. При  $n = 50\text{ мин}^{-1}$  частица сходит с лопасти, когда угол поворота составляет  $\beta = 232^\circ$ , т.е. частицы сходят с лопасти около стенки емкости и будут концентрироваться в пристеночной области. При  $n \geq 60\text{ мин}^{-1}$  частица сходит с лопасти, повернутой на угол  $\beta$  от  $200^\circ$  до  $213^\circ$ . Значит, сойдя с лопасти, она будет перемещаться в жидкости вниз и увлекаться вращающейся жидкостью. Это обеспечит взаимодействие частицы с жидкостью и будет способствовать более быстрому растворению. Из рисунка 2 видно, что при увеличении числа оборотов от  $100\text{ мин}^{-1}$  до  $120\text{ мин}^{-1}$  частица сходит с лопасти при одном и том же угле  $200^\circ$ . Следовательно, такое увеличение будет нерациональным, потому

что мощность, затрачиваемая на перемешивание, будет увеличиваться, а процесс растворения не будет ускорен.

На траекторию частицы оказывает влияние плотность жидкости. Так как она изменяется по ходу растворения, то траектория частицы тоже будет изменяться. Зависимость угла поворота лопасти, при котором частица сходит, от плотности раствора показана на рисунке 3. Из графика видно, что при увеличении плотности раствора угол поворота, при котором частица сходит с лопасти, уменьшается, и его диапазон значительно сужается для различных частот вращения мешалки.

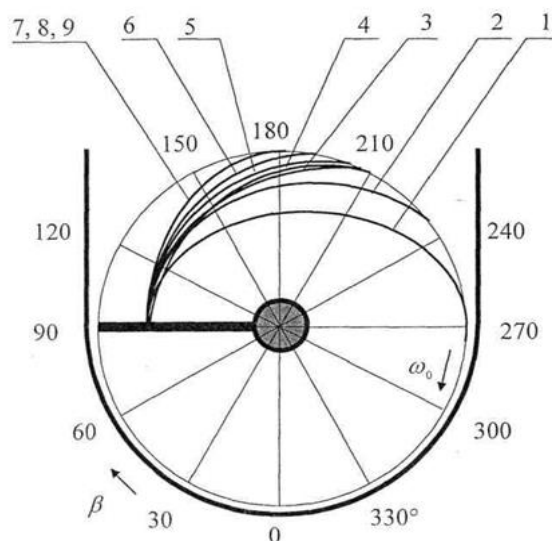


Рис. 2. Траектория движения частицы при  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  и частоте вращения мешалки:

- 1 -  $40 \text{ мин}^{-1}$ ; 2 -  $50 \text{ мин}^{-1}$ ; 3 -  $60 \text{ мин}^{-1}$ ; 4 -  $70 \text{ мин}^{-1}$ ; 5 -  $80 \text{ мин}^{-1}$ ;  
6 -  $90 \text{ мин}^{-1}$ ; 7 -  $100 \text{ мин}^{-1}$ ; 8 -  $110 \text{ мин}^{-1}$ ; 9 -  $120 \text{ мин}^{-1}$

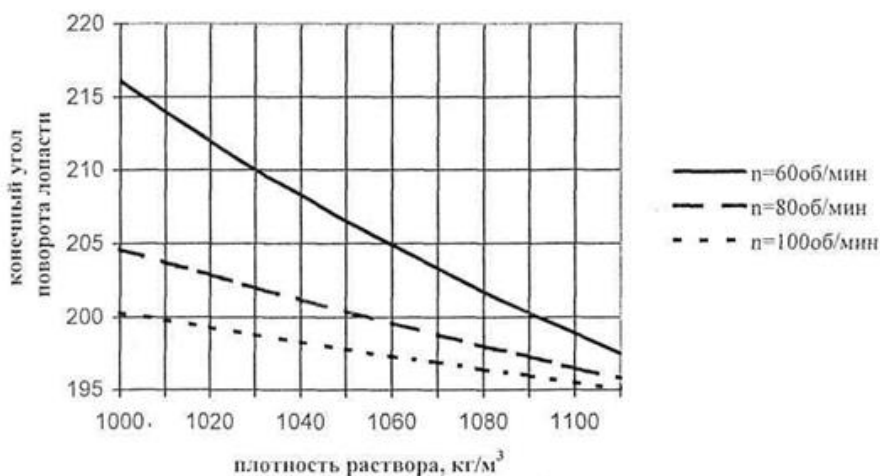


Рис. 3. Зависимость конечного угла поворота лопасти  $\beta$  от плотности раствора  $\rho$

Следовательно, наиболее эффективно частица будет перемещаться во вращающейся жидкости при частоте вращения мешалки, изменяющейся в пределах от 60 до  $100 \text{мин}^{-1}$ . При увеличении плотности раствора конечный угол поворота лопасти уменьшается до  $195^\circ$  для всех рассматриваемых частот вращения мешалки. Частоту вращения мешалки в ходе приготовления питательного раствора следует понижать с 100 до  $60 \text{мин}^{-1}$ . Процесс приготовления смеси туков с водой в таком режиме работы будет осуществляться с меньшими затратами энергии.

Снижение расхода ресурсов происходит за счет того что частицы туков, сойдя с лопасти, будет увлекаться вращающейся жидкостью, взаимодействовать с жидкостью, что будет способствовать более быстрому растворению. Нерастворимая часть равномерно распределяется по всему объему смеси. Каждая дозированная в поливную воду порция полученной смеси будет иметь одинаковую концентрацию питательных веществ, соответствующую агротехническим требованиям, и способствует получению высоких урожаев возделываемых тепличных культур.

#### Выводы

1. Траектория движения твердой частицы туков, сходящей с лопасти, зависит от факторов кинематического режима мешалки и плотности раствора:

- конечный угол поворота лопасти прямо пропорционален частоте вращения мешалки;

- конечный угол поворота лопасти обратно пропорционален плотности раствора.

2. Условиям ресурсосберегающего процесса, обеспечивающего минимальные затраты энергии при сохранении высокого качества питательной смеси, соответствует режим работы аппарата при частоте вращения мешалки в пределах от 100 до  $60 \text{мин}^{-1}$ . Приготовленная смесь жидких минеральных удобрений будет иметь равномерное распределение всех питательных веществ в соответствии с агротехническими требованиями.

#### Список литературы

1. Чернецкая Н.А., Шапошников Ю.А. Совершенствование аппарата с лопастной мешалкой по критериям ресурсосбережения // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2011». Том 4. Технические науки. – Одесса:, 2011. – С. 49-51.

2. Чернецкая Н.А., Шапошников Ю.А. Результаты совершенствования конструкции аппарата для приготовления жидких удобрений // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки №9 (213) – Новосибирск, 2010. – С. 87-90.



## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УТИЛЬНЫХ АВТОШИН

Н.А. Чернецкая, Д.В. Федоров

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

В работе рассмотрены вопросы утилизации автомобильных шин. Уровень переработки шин, изношенных в России, ниже, чем в ведущих странах мира. Существующие технологии переработки в большинстве случаев оказывают неблагоприятные воздействия на окружающую среду. Использование дробленой резины в асфальтобетоне является наиболее эффективным способом утилизации.

Проблема переработки и использования изношенных автошин имеет важное экономическое и экологическое значение. Вышедшие из эксплуатации изношенные шины являются источником загрязнения окружающей среды, носящим длительный характер, они не подвергаются биологическому разрушению и требуют постоянного наращивания площадей для хранения.

Известно, что недостаточное внимание к этой проблеме может привести к серьезным экологическим последствиям. Специалисты утверждают, что бывали случаи, когда кладбища покрышек приводили к развитию настоящей эпидемии. Резинотехнические отходы долго разлагаются, при возгорании их нелегко потушить, это идеальное место для вредных насекомых, грызунов. Поэтому во многих странах шины предпочитают подвергать переработке и дальнейшей реализации. Уровень переработки изношенных шин и основные технологии переработки шин в мире показаны в таблицах 1 и 2 [1].

Таблица 1

Уровень переработки изношенных шин в мире

Страна	Кол-во изношенных шин в год (млн. тон)	Уровень переработки изношенных шин (%)
Европа	2,5	82%
США	2,8	60%
Япония	1,0	≈ 100%
Россия	1,0	17%

Таблица 2

Технологии переработки шин

Технологии переработки автошин	
Методы переработки	% от общего числа шинных отходов
Переработка в крошку	35
Пиролиз	10
Сжигание	20
Восстановление	10

Если говорить о масштабах такого явления, как шинные отходы в России, то, оценочно, на сегодняшний день объем выбрасываемых изношенных шин составляет около 850 тысяч тонн в год. Оцениваемый объем механической переработки шин в России не превышает 17% от общего объема ежегодных шинных отходов. Еще до 20% изношенных шин сжигается. Оставшийся объем приходится на захоронение. При этом к 2015 году объем ежегодно образующихся в России шинных отходов может достичь уже 935 тысяч тонн в год [1].

Вместе с тем изношенные автошины являются источником ценного вторичного сырья: резины (каучука), сажи (практически чистого углерода), металла и синтетического корда. 90% всех резиносодержащих отходов находятся в шинах и представляют огромный резерв сырья. При наметившейся в промышленности невосполнимости материальных ресурсов большое значение приобретает эффективное использование вторичного сырья:

- в качестве добавки в асфальт, придающая дорожному покрытию дополнительную прочность и увеличивающая долговечность в несколько раз;
- в качестве добавки (до 70%) при изготовлении резиновой обуви и других резинотехнических изделий;
- в качестве наполнителя в составе резинобитумных мастик для гидроизоляции при строительстве, изоляции трубопроводов, для покрытия корпусов судов;
- в качестве сорбента для сбора и предотвращения растекания сырой нефти и жидких нефтепродуктов с поверхности водоемов и почвы, а также в качестве наполнителя для очистных сооружений;
- в качестве добавки при изготовлении мостовой и аэродромной мастики, динамических дорожные порогов, ведущих элементов дорожного движения;
- в промышленном и гражданском строительстве (звукоизоляция, виброгасители, дренажные элементы);
- для изготовления спортивного инвентаря (беговых дорожек, спортивных площадок).

Возможность использования дробленой резины в асфальтобетоне была отражена в выпущенном в 1991 году «Пособии по строительству асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов» (Минтрансстрой). В «Пособии» отмечается, что использование дробленой резины в горячих асфальтобетонных смесях повышает долговечность покрытий, улучшает их фрикционные свойства, что позволяет уменьшить расход высокопрочного трудношлифуемого щебня. При использовании асфальтобетонов с дробленой резиной уменьшается вероятность появления вторичных трещин на поверхности дорожного покрытия. В «Пособии» отмечается, что крупность зерен резины должна быть не более 1 мм, считается, что наибольшая плотность составов асфальтобетонной смеси обеспечивается при крупности частиц резины не более 0,63 мм. Предусмотрено, что резиновая крошка может вводиться как в битум («мокрый» метод), так и непосредственно

в асфальтобетонную смесь («сухой» метод). Рекомендовано содержание резиновой крошки в дорожном битуме 5-7% по массе как оптимальное.

Последующий анализ полученного опыта применения резиновой крошки при приготовлении асфальтобетонных смесей выявил неудовлетворительные физико-механические характеристики, в том числе и недостаточную адгезию вяжущего, по сравнению со смесями, выпущенными в соответствии с нормами ГОСТ 9128, что приводило к затруднениям при укладке и самопроизвольному разуплотнению и разрушению уложенных верхних слоев покрытий [2].

В США, Бельгии, Австрии и Японии получены хорошие результаты при использовании резиновой крошки в дорожном строительстве: значительно повышается износостойкость и снижается шумообразование, повышается морозостойкость, в три раза увеличивается срок службы, сокращается тормозной путь.

Асфальт, содержащий резину, почти 30 лет применяют в штатах Аризона, Калифорния и Техас (в Аризоне проложено более 1600 км дорог с таким асфальтом). Однако об эффективности применения резиновых порошков в дорожном строительстве нет однозначного мнения. Некоторые специалисты и фирмы не видят технических преимуществ асфальта с содержанием резины, которые оправдывали бы его высокую стоимость. Считают, что для обеспечения конкурентоспособности резиновый асфальт должен быть дороже обычного не более чем на 10%.

Для успешного решения проблемы вторичного использования и переработки изношенных шин в России необходима разработка и принятие комплекса мер, регламентирующих порядок их учета, сбора, хранения и поставки на переработку, подготовка и продвижение на федеральном и региональном уровнях законодательных актов, стимулирующих увеличение объемов восстановительного ремонта и переработки изношенных шин. Требуется также создание рынка изделий и материалов, изготавливаемых из получаемого при переработке вторичного сырья. Такая работа уже давно ведется в США и странах Западной Европы при активном содействии Всемирной ассоциации переработчиков шин (ITRA) и ETRA.

#### Список литературы

1. Материалы сайтов <http://www.pandia.ru>; <http://ecologiya.myblog.by>; <http://www.equipnet.ru>
2. Плотникова И.А., Сотникова В.Н., Сокальская М.Б., Кирюхин Т.Н. Пособие по строительству асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов [Электронный ресурс] <http://www.docload.ru>

### Секция 3. ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

**Председатель секции:** кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Техника и технологии машиностроения и пищевых производств» Шашок Александр Васильевич

#### **К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ АБРАЗИВНЫХ ЗЕРЕН ПРИ МИКРОРЕЗАНИИ**

Н.С. Алексеев, С.В. Иванов, В.А. Капорин  
*Рубцовский индустриальный институт*

Известна [1] методика определения износостойкости абразивных зерен (АЗ), приближающая его работу к реальным условиям эксплуатации при шлифовании. Согласно этой методике критерием износостойкости АЗ принята суммарная длина рисок (длина пути резания), нанесенных на образце до износа зерна на величину заданной глубины микрорезания, т.е. до прекращения обработки.

Определение износостойкости в этом случае производится по формуле:

$$L_3 = l_{cp}N = (l_0/2) N, \quad (1)$$

где  $L_3$  – износостойкость, м;

$l_0$  – длина начальной риски, м;

$N$  – число нанесенных рисок до прекращения микрорезания.

Формула (1) предполагает равномерное изнашивание АЗ при микрорезании и подчинение изменения длины риски во времени линейному закону. Однако практика проведения экспериментов показывает, что указанные закономерности наблюдаются не всегда и поэтому расчеты по формуле (1) приводят к существенным погрешностям в определении реальной износостойкости АЗ.

Известно [2], что с ростом глубины резания увеличивается температура и давление в контакте абразив-металл, которые многократно усиливают химические реакции между обрабатываемым и абразивным материалом, вызывая повышенный износ последнего. Низкую износостойкость показывают прежде всего абразивы, обладающие высокой химической активностью по отношению к обрабатываемым материалам, например, при микрорезании плазменных покрытий корундом, стали – карбидом кремния и т.д. На рис. 1 (а и б), для сравнения, показано изменение длины рисок при микрорезании плазменного покрытия карбидом кремния зеленым (64С) и электрокорундом белым (24А) при глубине 20 мкм.

Из рис. 1 видно, что при указанной глубине микрорезания электрокорунд изнашивается интенсивнее карбида кремния. Это косвенно свидетельствует о более активном протекании химических процессов при взаимодействии

электрокорунда с покрытием. После резкого снижения глубины микрорезания за счет интенсивного износа абразива в начальный момент, а следовательно, падения температуры и давления в зоне резания, процесс обработки стабилизируется и износ электрокорунда замедляется.

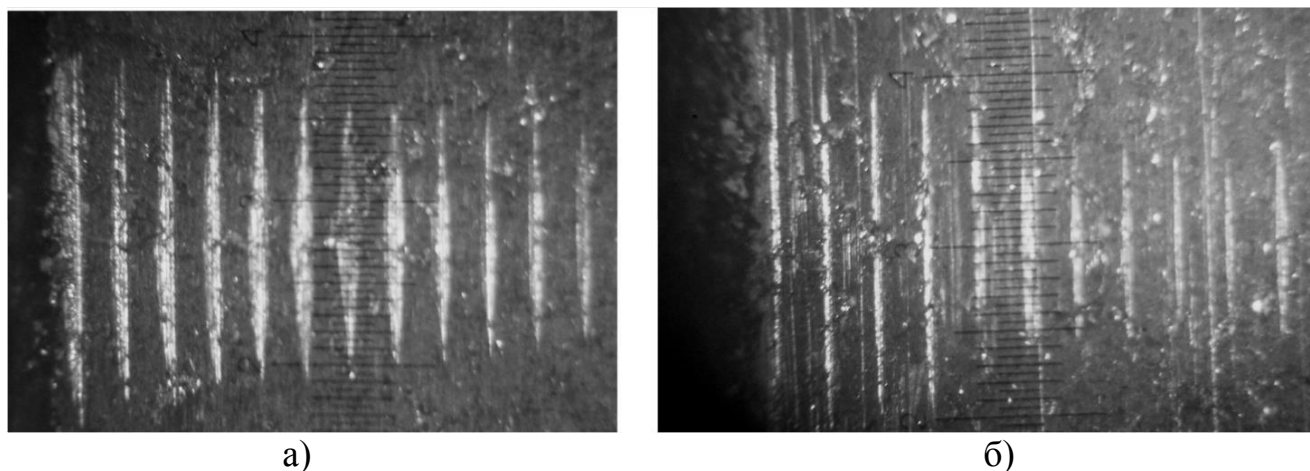


Рис. 1. Изменение длины риски при микрорезании плазменного покрытия:  
а – карбидом кремния; б – электрокорундом

На рис. 2 (а и б) показана схема изменения длины рисок за период стойкости карбида кремния и электрокорунда при микрорезании плазменного покрытия на глубине 20 мкм.

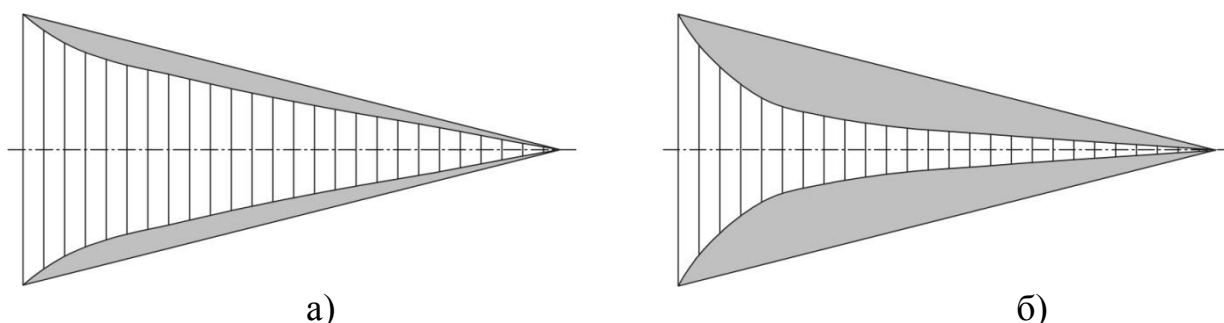


Рис. 2. Схема изменения длины рисок при микрорезании плазменного покрытия: а – карбидом кремния; б – электрокорундом

На рис. 2 светлым полем показано фактическое изменение длины рисок в эксперименте, а темным – несуществующая длина риски, которую учитывает формула (1).

Очевидно, что с некоторыми допущениями формулу (1) можно применять для определения износостойкости только инертных абразивов при микрорезании которыми изменение длины риски подчиняется линейному закону или близкому к нему. Для определения износостойкости АЗ при микрорезании плазменного покрытия корундом или стали карбидом кремния, необходим иной алгоритм решения, учитывающий кинетику износа.

Безусловно, наиболее точным способом является замер длины каждой нанесенной риски с последующим нахождением их суммы. Однако в

экспериментах с количеством нанесенных рисок от 1500 до 10000 шт. такой метод представляется чрезвычайно трудоёмким. Для снижения трудоёмкости и погрешности результатов расчетов предлагается «дорожку» рисок разбить на отдельные участки и определять суммарную длину рисок на каждом участке отдельно. На рис. 3 показана предлагаемая схема алгоритма определения длины пути резания (износостойкости). Согласно этой схеме «дорожка» рисок разбивается на трапеции, боковые стороны которых максимально приближены к плавной линии, проведенной через концы рисок.

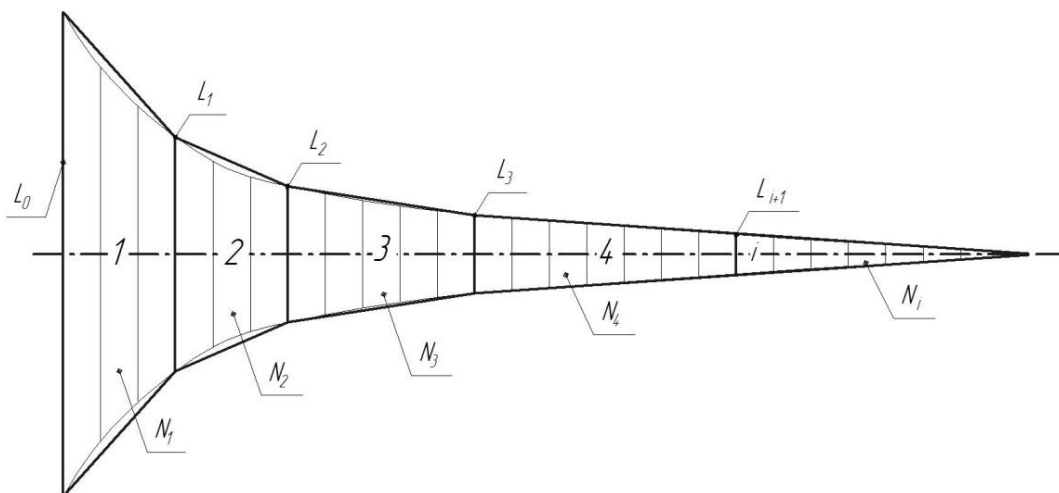


Рис. 3. Алгоритм нахождения длины пути резания

Тогда формула для определения износостойкости АЗ при микрорезании примет следующий вид:

$$L_3 = \frac{l_0 + l_1}{2} \cdot N_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot N_2 + \dots + \frac{l_i + l_{i+1}}{2} \cdot N_{i+1} \quad (2)$$

где  $L_3$  – износостойкость, м;

$l_0$  – длина начальной риски, м;

$l_i$  – длина риски в конце  $i$ -го промежутка, м;

$N_i$  – число нанесенных рисок на  $i$ -м промежутке.

Практика проведения эксперимента указывает на существенное расхождение значений износостойкости, рассчитанных разными способами. В табл. 1 представлены результаты расчета износостойкости АЗ по формулам (1) и (2) при микрорезании электрокорундом (24А) и карбидом кремния (64С) закаленной стали 45 и плазменного покрытия на никелевой основе. Эксперименты проводились при скорости микрорезания 35 м/с, продольной подаче стола 425 мм/мин и глубине 5 и 20 мкм.

Износостойкость, рассчитанная по формулам (1) и (2)

Абразивные и обрабатываемые материалы	Глубина микрорезания, мкм	Износостойкость по формуле №1, м	Износостойкость по формуле №2, м	Отношение №1/№2
24А по стали 45	5	2,81	2,81	<b>1,00</b>
	20	10,46	8,57	<b>1,22</b>
64С по стали 45	5	1,52	1,42	<b>1,07</b>
	20	7,86	3,95	<b>1,99</b>
24А по покрытию	5	0,714	0,67	<b>1,07</b>
	20	1,793	0,74	<b>2,42</b>
64С по покрытию	5	3,02	2,86	<b>1,05</b>
	20	8,293	4,949	<b>1,67</b>

Анализируя данные, таблицы 1, можно сделать следующие выводы:

1. С определенными допущениями формулу (1) можно использовать для определения износостойкости при микрорезании металлов и покрытий инертными по отношению к ним абразивами с глубиной микрорезания не более 5 мкм.

2. Для определения износостойкости при микрорезании металлов и покрытий химически активными по отношению к ним абразивами материалами с глубиной более 5 мкм рекомендуется использовать формулу (2). Так, например, при глубине микрорезания 20 мкм расхождение найденных по формулам (1) и (2) значений износостойкости достигает два и более раз.

#### Список литературы

1. Харченко И.В. Исследование износа абразивов при шлифовании авиационных титановых сплавов. Автореф. ... дисс. к.т.н. (05.07.04). Киев: 1974. 32 с.
2. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов. М.: Машиностроение, 1974. 320 с.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ УСЛОВНОГО НАПРЯЖЕНИЯ МИКРОРЕЗАНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ

Н.С. Алексеев, С.В. Иванов, В.А. Капорин

*Рубцовский индустриальный институт*

Для повышения надежности и долговечности восстановленных деталей машин всё шире используются различные износостойкие покрытия и, в частности, плазменные на никелевой и железной основе [1].

При всех видах механической обработки этих покрытий, особенно при шлифовании (микрорезании), основная часть потребляемой мощности затрачивается на преодоление сил трения. Поэтому проблема уменьшения работы трения для снижения температуры при шлифовании и повышения

качества поверхностного слоя восстановленных деталей приобретает особую актуальность.

Процесс шлифования плазменных покрытий осуществляется при высоких скоростях. Важно знать, как скорость шлифования, а следовательно, и температура в рабочей зоне влияет на величину сил адгезии. Для более точного определения этого влияния следует провести исследования при шлифовании единичным зерном. В этих исследованиях нужно определить силы микрорезания плазменных покрытий остриями, обладающими различными адгезионными свойствами – корундом и карбидом кремния.

В качестве критерия сопротивления микрорезанию принято значение условного напряжения микрорезания [2]:

$$\sigma_{\mu} = P_z / f, \quad (1)$$

где  $P_z$  – тангенциальная составляющая силы микрорезания, Н;

$f$  – поперечное сечение риски-царапины, мкм<sup>2</sup>.

Для оценки силы трения как одной из составляющих силы шлифования принят коэффициент трения  $\mu$ , который определяется по формуле:

$$\mu = P_z / P_y, \quad (2)$$

где  $P_y$  – радиальная составляющая силы микрорезания, Н.

Для определения сил микрорезания  $P_z$  и  $P_y$  обычно используются экспериментальные методы [3]. Однако проведение экспериментов осложняется тем, что время контакта зерна с деталью составляет несколько микросекунд, в течение которых необходимо измерить малые усилия.

На данном этапе развития техники измерения микроусилий при больших скоростях резания наиболее эффективными являются полупроводниковые тензодатчики. Эти датчики позволяют обеспечить необходимую полосу частот и линейность амплитудно-частотных характеристик преобразования деформации в электрический сигнал. Кроме того, одним из достоинств полупроводниковых тензодатчиков является малые размеры: их можно разместить в непосредственной близости к зоне резания.

Для измерения сил микрорезания была изготовлена опытная установка, принципиальная схема которой показана на рис. 1. Основным элементом этой установки является упругий элемент в виде балки 1 квадратного сечения, консольно закрепленной в державке 2, которая в свою очередь закреплялась на корпусе люнета 3. Этот люнет устанавливался на столе круглошлифовального станка. Пластина-образец 4 закреплялась на свободном конце балки 1, а индентор 5 с абразивным зерном 6 – на периферии стального диска 7, установленного на шпинделе станка 8.

При микрорезании образца происходит деформация балки в двух направлениях под действием сил  $P_z$  и  $P_y$ . Деформация от силы  $P_z$  регистрируется датчиками  $D_z$ , от силы  $P_y$  – датчиками  $D_y$ . Для измерения используется мостовая схема включения датчиков, обеспечивающая наибольшее увеличение чувствительности. Для синхронной записи сил  $P_z$  и  $P_y$  во время каждого опыта тензометрические датчики подключались к



анализатору спектра модели ZET A17-U2 через тензометрический усилитель модели ZET 412. Для защиты датчиков от воздействия окружающей среды использовалась эпоксидная смола, а от воздействия магнитных полей – экранированные сигнальные провода. Все полученные показания регистрировались и обрабатывались на компьютере, подключенном к анализатору спектра.

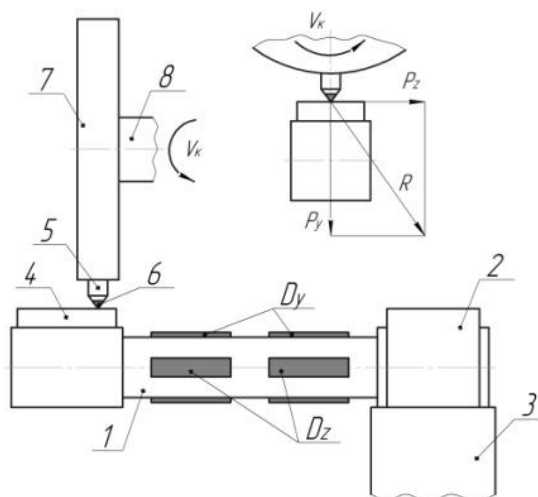


Рис. 1. Схема измерения усилий микрорезания

До начала проведения опытов производилась тарировка измерительного устройства. Для этого балку нагружали лабораторными гирями с шагом в 5,1 Н (50 гр.). При этом центр нагружения балки соответствовал линии приложения силы.

В условиях прерывистого микрорезания, достоверность полученных результатов будет определяться количеством произведенных измерений сил  $P_z$  и  $P_y$  регистрирующим прибором за один цикл резания. Под циклом резания понимается время образования одной риски. Количество замеров за один цикл резания  $n_z$  определяется по формуле

$$n_z = \frac{60l\tau_{max.\partial}}{\pi Dn}, \quad (3)$$

где  $l$  – длина риски, мм;

$\tau_{max.\partial}$  – максимальная частота опроса датчиков, измерительной аппаратурой, Гц.

$D$  – диаметр траектории движения индентора, мм;

$n$  – количество оборотов шпиндельной бабки, мин<sup>-1</sup>.

Предварительные расчеты и опыты показали, что при частоте опроса датчиков в 25 кГц, обеспечивающей измерительной установкой, с высокой достоверностью можно регистрировать силы микрорезания при скорости до 20 м/с. Для обеспечения такой скорости микрорезания на круглошлифовальном станке использовались специальные сменные шкивы.

Во время опыта на неподвижный образец наносились риски с заданной глубиной. При этом на осциллограмме регистрировались импульсы с

амплитудами, пропорциональными силам микрорезания, для каждого цикла резания (рис. 2).

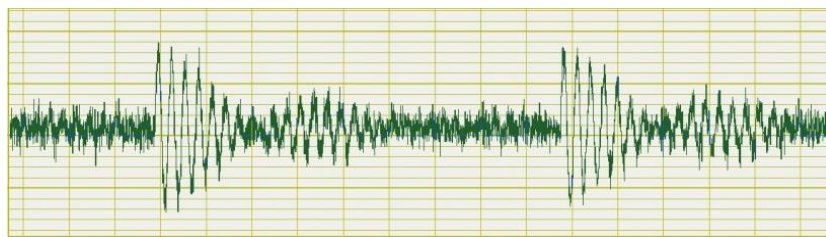


Рис. 2. Осциллограмма силы микрорезания единичным зерном

Из рис. 2 видно, что за период времени, соответствующий одному обороту диска с закрепленным в нем зерном, происходит полное затухание колебаний и поэтому к следующей встрече зерна с пластинкой-образцом последняя находится в состоянии равновесия.

По окончании опытов на профилографе-профилометре АБРИС ПМ7 производилось снятие профилограмм по схеме, представленной на рис. 3.

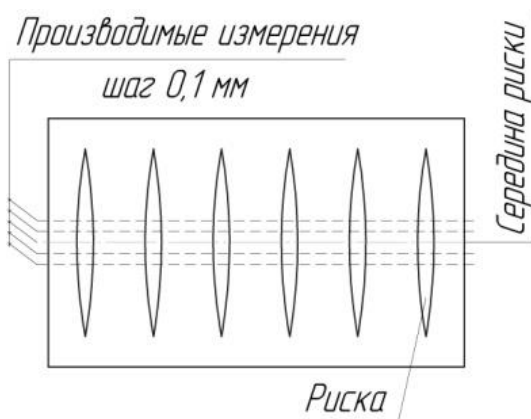


Рис. 3. Схема снятия профилограмм с образца после микрорезания

Согласно данной схеме риски измерялись в 5 сечениях, а затем находились средние значения их глубины и площади поперечного сечения. Необходимость такого подхода диктовалась поверхностными дефектами рисок – наличием микропор, навалов металла по краям царапины и образованных микронеровностей. Отмеченные дефекты создают непостоянство глубины и ширины риски.

Для определения площади поперечного сечения риски использовалась программа для ЭВМ «Обработка экспериментальных данных», позволяющая произвести расчет площади определенного замкнутого контура (рис. 4). В качестве контура с одной стороны выступает реальная линия профилограммы, а с другой – указанная пользователем горизонтальная или наклонная линия, которая должна визуально повторять существовавшую поверхность.

На рис. 5 приведен пример обработки записи изменения величины радиальной силы  $P_r$  в одном из опытов. За начало отсчета ординат принималась

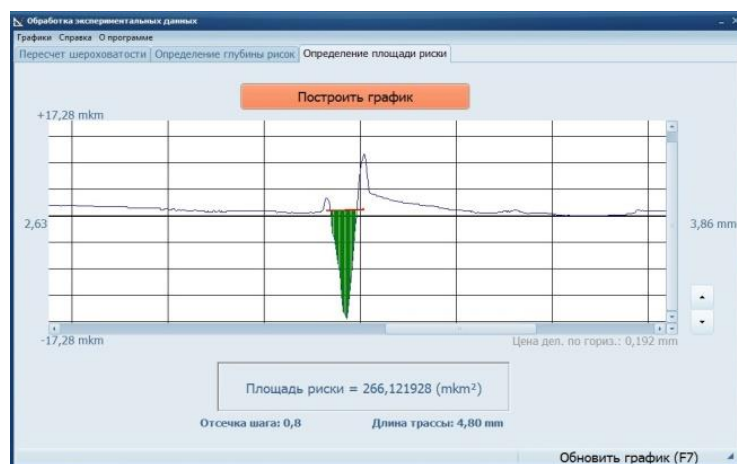


Рис. 4. Определение площади риски, нанесенной на образце

прямая  $OO$ , соединяющая начало и конец записи осциллограммы в равновесном состоянии измерительной балки («нулевая» линия), которая находилась как среднее значение колебаний осциллограммы до воздействия абразивного зерна на образец. «Пики» получались вследствие возникающих автоколебаний в технологической системе. Каждая ордината  $Y_i$ , соответствовала определенному моменту процесса микрорезания и заканчивалась на вершине пика.

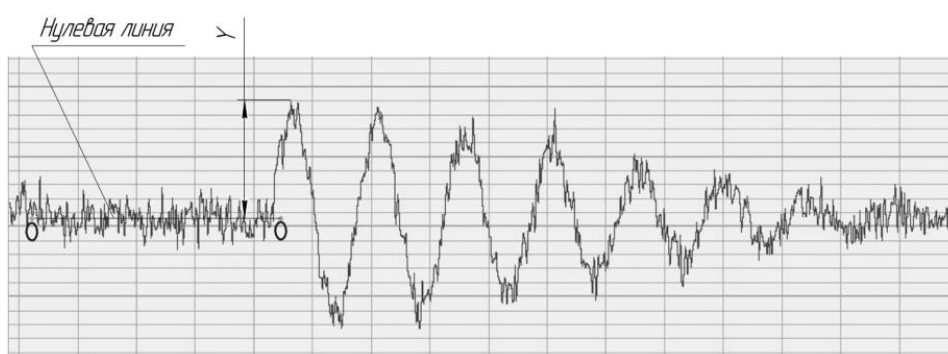


Рис. 5. Обработка записи силы резания регистрирующим прибором силоизмерительной установки

Величина ординаты  $Y$  на рис. 5 оценивалась при помощи соответствующего тарировочного графика.

Разработанная методика позволяет определить условное напряжение микрорезания и коэффициент трения в условиях, максимально приближающихся к реальным. Её применение особенно перспективно при оценке адгезионных свойств новых абразивных материалов и подборе рационального вида абразива для шлифования новых труднообрабатываемых материалов.

Список литературы

1. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. 2-е изд., доп. и перераб. М.: ГОСНИТИ. 2003. 488 с.

2. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов. М.: Машиностроение, 1974. 320 с.

3. Партола Е.И., Раздовский Ю.И., Сизый Ю.А., Узунян М.Д. Измеритель усилий резания единичным абразивным зерном // Синтетические алмазы. 1973, вып. 4. С. 19-22.

## ЗАРЯДОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ В ПЛАЗМЕ ДУГОВОГО РАЗРЯДА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ КАТОДОВ ИМПЛАНТЕРА

Ю.М. Боровин, В.В. Овчинников

*Московский государственный индустриальный университет*

Схема разрядной системы представлена на рис. 1. Вакуумный дуговой разряд (0,1-4 кА, длительностью 0,25-5 мс) между катодом 1 и анодом 4 инициировался вспомогательным разрядом по поверхности керамики при подаче на поджигающий электрод 3 относительно катода положительного высоковольтного (12 кВ) импульса короткой (10-12 мс) длительности.

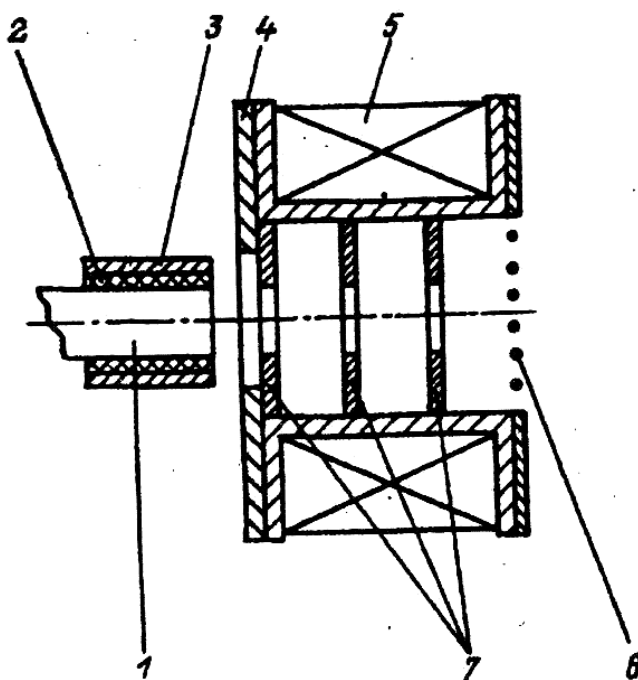


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

1 – катод; 2 – диэлектрик; 3 – поджигающий электрод; 4 – анод; 5 – соленоид;  
6 – сетка; 7 – электроды системы стабилизации дуги

Исследование зарядового распределения ионов осуществлялось с помощью магнитного масс-зарядового сепаратора (GSI) и времяпролетного спектрометра (LBNL). В обоих случаях извлеченные из плазмы ионы ускорялись напряжением 30-40 кВ с помощью трехэлектродной многоапертурной системы извлечения.

Для исключения влияния длительности импульса дуги все измерения зарядового распределения ионов осуществлялись через 100 мс после зажигания разряда. В процессе измерений давление остаточного газа в разрядной системе и трубе дрейфа поддерживалось на уровне  $10^{-4}$  мм рт. ст.

Результаты измерений зарядового распределения ионов в зависимости от материала катода имплантера двумя независимыми методами практически совпадали, что является весомым доказательством достоверности выполненных измерений. Поэтому представленные далее экспериментальные данные являются обобщающими результатами.

Зарядовые распределения ионов в обычных условиях горения разряда для исследуемых материалов катода имплантера представлены в табл. 1.

Таблица 1

Зарядовое распределение ионов в пучке при различных материалах катода имплантера

Материал катода имплантера	Сорт ионов	Зарядовое распределение, %						Средняя зарядность ионов
		1 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>	3 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>	5 <sup>+</sup>	6 <sup>+</sup>	
Cu	Cu	27	54	16	2	—	—	1,9
Pb	Pb	40	60	—	—	—	—	1,6
Монотектический сплав 64%Cu+36%Pb	Cu	11	24	30	31	4	—	2,9
	Pb	2	74	24	—	—	—	2,2
Монотектический сплав 64%Cu+36%Pb, легированный оловом	Cu	10	25	25	35	5	—	3,0
	Pb	—	70	30	—	—	—	2,5
	Sn	5	65	30	—	—	—	2,1

Следует отметить, что при использовании в качестве катода имплантера монотектического сплава наблюдается рост доли многозарядных ионов меди и свинца в пучке. При этом также наблюдается относительно большое значение средней зарядности ионов в плазме вакуумного дугового разряда (близкое к 3) для ионов меди.

Аналогичный эффект имеет место при создании в плазме вакуумного дугового разряда сильного магнитного поля, которое приводит к существенному изменению зарядового распределения ионов, заключающемуся в резком снижении доли одно- и двухзарядных ионов при одновременном заметном повышении многозарядового ионного компонента.

Дополнительным эффектом повышения средней зарядности вакуумного дугового разряда могут служить результаты измерения профиля внедренных

ионов меди и свинца, представленные выше. При использовании в качестве катода имплантера монотектического сплава наблюдается смещение максимума внедренных ионов вглубь от поверхности мишени. Аналогичное явление имеет место и при горении дуги в сильном магнитном поле. Это однозначно свидетельствует об увеличении энергии ионов, которое при постоянном ускоряющем напряжении может быть осуществлено лишь в результате повышения средней зарядности извлеченных из плазмы ионов.

Создание детальной физической модели и определение основного механизма, ответственного за зарядовое распределение ионов в плазме дугового вакуумного разряда представляет предмет наших дальнейших исследований. Однако уже сейчас очевидно, что возрастание доли многократно ионизированных ионов обусловлено повышением температуры электронов в плазме. Ориентировочные расчеты показывают, что для достижения наблюдаемого в эксперименте возрастания средней зарядности ионов достаточно повышения температуры электронов на 25-30% или на 1-2 eV. Такой уровень возрастания температуры вполне достижим.

Особый интерес представляют результаты исследования массового состава пучка ионов при использовании в качестве материала катода имплантера монотектического сплава 64%Cu+36%Pb. Экспериментально установлено наличие в этом случае в ионном пучке двухзарядных частиц с массой приблизительно 330 а.е.м. На основе анализа массы ионов меди и свинца получается, что данные частицы представляют собой двухзарядный кластер, состоящий из двух однозарядных ионов меди и атома свинца. В этом случае, пучок ионов, бомбардирующий мишень, можно представить в виде, показанном на рис. 2.

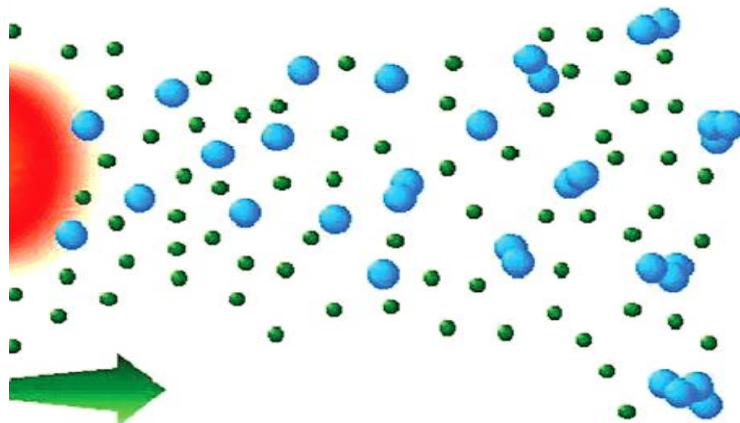


Рис. 2. Схематичное строение пучка ионов при использовании в качестве материала катода монотектического сплава 64%Cu+36%Pb

Доля кластеров в суммарном ионном пучке при использовании в качестве материала катода монотектического сплава 64%Cu+36%Pb составляла 8...11%.

На основании наблюдения за характером перемещения активной дуги по поверхности катода было установлено, что при изготовлении катода из монотектического сплава 64%Cu+36%Pb было установлено, что скорость

перемещения катодного пятна составляет 18...20 м/с. При этом пятно перемещалось по поверхности катода достаточно равномерно (рис. 3).

Было выдвинуто предположение, что формирование кластеров происходит в момент перехода дуги с более тугоплавкого элемента (меди) на менее тугоплавкий (свинец). Это объясняется тем, что дуге энергетически выгоднее гореть с менее тугоплавкого материала.

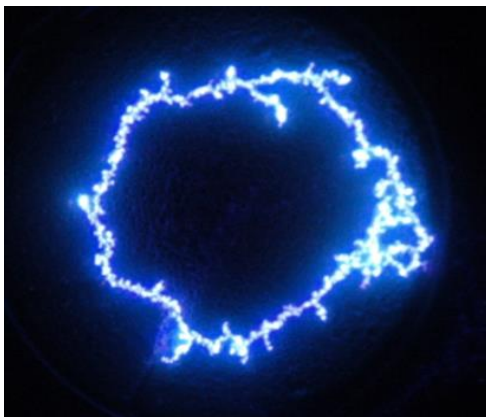


Рис. 3. Траектория перемещения катодного пятна по поверхности катода из монотектического сплава 64%Cu+36%Pb

Для экспериментальной проверки выдвинутой гипотезы были проведены исследования с модельным составным катодом. Для этого в медном дисковом катоде диаметром 30 мм была выполнена кольцевая канавка шириной 5 мм, в которую был вплавлен свинец.

Было проведено исследование изменения зарядового спектра пучка в течение времени горения дуги при работе с составным катодом. Так как «короткие» пучки имеют длительность около 5 мкс, то вырезание импульсов тока пучка проводилось с шагом 5 мкс.

Эксперименты показали, что первые 10 мкс горения дуги спектр пучка содержит только ионы меди. При задержке 15 мкс в пучке присутствуют как ионы меди, так и ионы свинца, а начиная с 25 мкс от начала горения дуги в спектре присутствуют только ионы свинца. Необходимо отметить, что во время исследований наблюдались некоторые амплитудные колебания получаемых пиков, но качественная картина оставалась неизменной.

Данный результат можно было бы объяснить направленным движением катодного пятна от края катода к его центру, но в этом случае либо в распределении ионов во времени горения дуги чередовались бы спектры ионов свинца со спектрами ионов меди, либо если, как в данном случае, такого чередования спектров нет, то, следовательно, катодное пятно, переходит к кольцевой канавке, и тогда она должна быть распылена значительно интенсивнее, чем остальные зона катода.

После снятия и осмотра катода было установлено, что периферийная часть вставки из свинца распылена значительно интенсивнее, чем ее внутренние участки. Это позволяет сделать вывод, что во время горения дуги катодное

пятно переходит с более тугоплавкого материала на менее тугоплавкий и не может перейти в обратном направлении. Объясняется это тем, что дуге энергетически выгоднее гореть на менее тугоплавкой поверхности.

Независимо от того, с какой поверхности в данный момент горит дуга, ток дуги остается постоянным, так как для питания разряда используется модулятор со стабилизацией тока дуги, но при этом падение напряжения на дуге для менее тугоплавкого металла будет меньше, чем для более тугоплавкого. Наличие такого скачка напряжения во время перехода катодного пятна с меди на свинец обусловлено наличием в этот момент ионов  $Pb^{+3}$  и кластеров, которые затем исчезают из спектра. То есть в этот момент падение напряжения на дуге больше, чем при дальнейшей работе со свинцовой поверхности. При работе с чистым свинцовым катодом ионы  $Pb^{+3}$  наблюдались только в течение длительного поджигающего импульса, в полученных же результатах они наблюдаются уже после окончания этого импульса.

Можно отметить, что составные катоды с резкой границей пригодны для практического применения для имплантации. Предложенную конструкцию с веществами с большей разницей в атомных массах можно использовать в процессе имплантации, управляя временем горения дуги регулировать количественное соотношение между имплантируемыми ионами и получать равномерное легирование мишени на значительную глубину.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИПУСКА ВЫСОТЫ ВТУЛКИ ПРИ СБОРКЕ ТРЕХЭЛЕМЕНТНЫХ ПРЕССОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

А.А. Демин, И.А. Титов

*Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО  
Алтайского государственного технического университета*

Показано влияние высоты припуска промежуточной деформируемой втулки на характер распределения радиальных контактных напряжений и величину несущей способности трехэлементного прессового соединения в осевом и окружном направлениях.

При проектировании трехэлементных прессовых соединений [1] конструктору необходимо решить одну из главных задач – определить припуск высоты промежуточной деформируемой втулки, поскольку припуск оказывает существенное влияние на несущую способность соединения. Сложность определения припуска заключается в том, что его величина зависит от целого ряда параметров: усилия сборки соединения, допуска на изготовление сопрягаемых деталей, диаметра и высоты соединения, градиента механических свойств промежуточной втулки.

Целью исследования являлось определение оптимального значения величины припуска  $\Delta H$  промежуточной деформируемой втулки (рис. 2,а), который обеспечил бы при повышенных допусках на изготовление деталей и различных конфигурациях элементов соединений максимальную несущую способность соединений в осевом и окружном направлениях.



Исследования проводили на основе численного расчета методом конечных элементов с использованием программного комплекса Deform. Результаты расчетов представлены на графике (рис. 1).

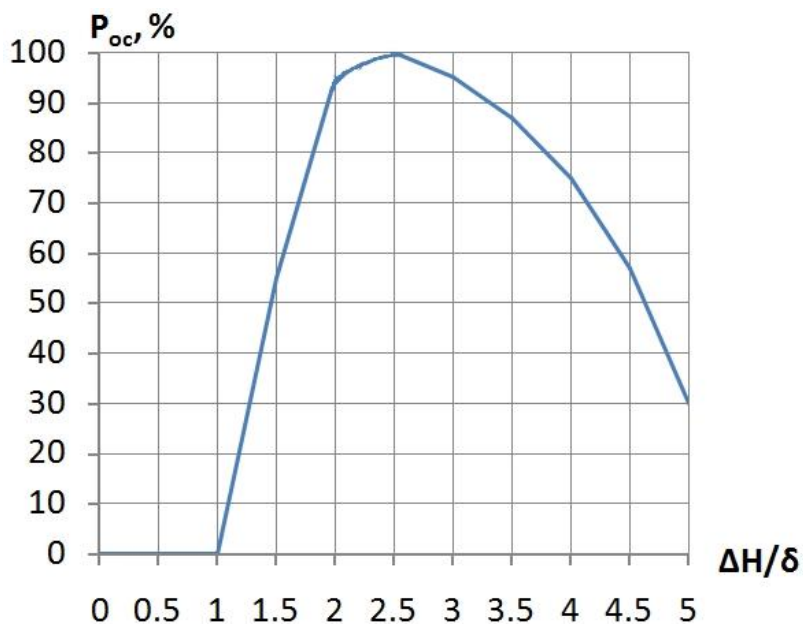


Рис. 1. Зависимость несущей способности соединения  $P_{оср}$  от отношения припуска  $\Delta H$  к толщине втулки  $\delta$

Из графика следует, что величину припуска, дающую наибольшую величину несущей способности, можно определить как

$$\Delta H = 2,5 \cdot \delta . \quad (1)$$

При этом полная высота втулки определяется исходя из условия равенства объемов материала промежуточной втулки и заполняемого ею пространства между охватываемой и охватывающей деталью, с учетом допусков на изготовление всех элементов соединения. Исходя из этого, величину припуска можно определить следующим образом:

$$\Delta H = \frac{V_{зазор} - V_{ном}}{S} , \quad (2)$$

где  $V_{зазор}$  – объем между охватываемой и охватывающей деталями с учетом допусков на их изготовление,  $\text{мм}^3$ ;

$V_{ном}$  – объем между охватываемой и охватывающей деталями, рассчитанный по номинальным размерам,  $\text{мм}^3$ ;

$S$  – площадь поперечного сечения промежуточной втулки,  $\text{мм}^2$ .

$$V_{зазор} = \pi \cdot \left( \frac{D_{IT}^2 - d_{IT}^2}{4} \right) \cdot H \quad (3)$$

$$V_{\text{ном}} = \pi \cdot \left( \frac{D^2 - d^2}{4} \right) \cdot H, \quad (4)$$

где  $H$  – высота соединения, мм;

$d_{IT}$  – диаметр охватываемой детали с учетом допуска на его изготовление, мм;

$D_{IT}$  – диаметр отверстия в охватывающей детали с учетом допуска на его изготовление, мм;

Решая совместно (1), (3) и (4), можно получить значение припуска втулки, позволяющего обеспечить наибольшую величину несущей способности и равномерность распределения контактных радиальных напряжений по высоте соединения (рис. 2,б).

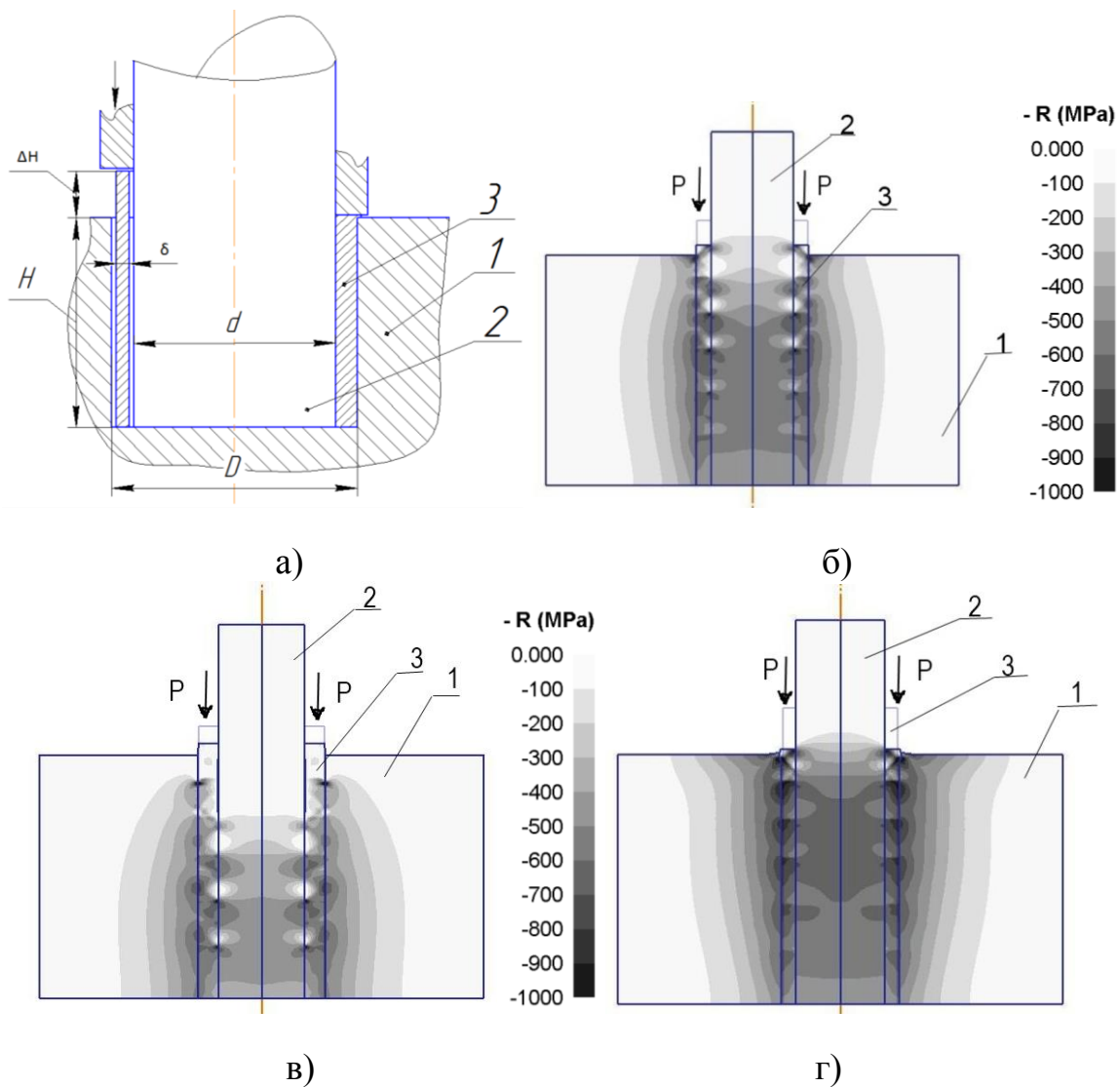


Рис. 2. Распределение радиальных напряжений в деталях трехэлементного прессового соединения

При уменьшении рассчитанной по (1, 3, 4) величины припуска втулки в 1,3 раза радиальные контактные напряжения по высоте соединения распределяются не равномерно, а несущая способность такого соединения снижается (рис. 2,в). Это связано с тем, что при уменьшении высоты припуска втулки  $\Delta H$  необходимо увеличивать ее толщину  $\delta$  для сохранения равенства объема материала втулки и пространства между охватываемой и охватывающей деталями. При увеличении толщины промежуточной втулки площадь ее поперечного сечения, а следовательно, и усилие ее осадки возрастает квадратично. При этом в верхней части соединения, где втулка имеет наибольшее термическое упрочнение материала, пластические деформации имеют величину, недостаточную для заполнения зазора между охватываемой 2 и охватывающей деталями 1. Для достижения несущей способности, соответствующей соединению, представленному на рисунке 2,б, и плотного заполнения зазора материалом промежуточной втулки необходимо увеличить усилие сборки такого соединения примерно в 1,7 раза.

При увеличении рассчитанного по (1, 3, 4) припуска в 1,2 раза площадь поперечного сечения втулки уменьшается настолько, что усилие сборки, необходимое для осадки втулки, уменьшается примерно в 1,8 раза (рис. 2,г). При этом несущая способность соединения снижена, а увеличение сборочного усилия не приводит к повышению несущей способности соединения. Объяснить это можно тем, что для компенсации одинаковой величины радиального зазора в соединении, втулке с меньшей толщиной стенки необходимо получить большие пластические деформации, чем более толстостенной втулки. Даже с учетом того, что при осадке преобладают сжимающие напряжения, т.е. возникает «мягкая» схема напряженно-деформированного состояния, и как следствие происходит повышение пластичности материала, в верхней термически упрочненной части втулки все же появляются следы ее хрупкого разрушения.

Таким образом, представленные рекомендации и расчетные зависимости позволяют при выборе геометрических параметров промежуточной втулки обеспечить наибольшую прочность соединения при минимальном усилии сборки.

#### Список литературы

1. Демин А.А. Сборка прессовых соединений с применением промежуточных деформируемых втулок / А.А. Демин, И.А. Титов // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2013. – №11. – С. 6-12.
2. Демин А.А. Оптимизация параметров термообработки промежуточной втулки при сборке соединений с натягом / А.А. Демин, И.А. Титов // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: Материалы II Всероссийской научно-технической конференции 23-24 ноября 2012 г. / Под ред. к.т.н., доцента А.В. Шашка / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, – 2012. – С. 71-73.

# КОНСТРУИРОВАНИЕ ОСНАСТКИ ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОГО ПОЛИРОВАНИЯ ПУТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.М. Иконников, В.С. Силивакин, Р.В. Гребеньков

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

В статье рассматривается проектирование индукторов для магнитно-абразивной обработки на постоянных магнитах. Приведены результаты моделирования магнитно-абразивной обработки резцов.

**Ключевые слова:** магнитно-абразивная обработка, повышение стойкости, режущий инструмент, полирование.

Развитие современного машиностроения невозможно без постоянного совершенствования режущего инструмента. От качества инструмента, а также состояния режущей кромки зависят: способность инструмента выполнять свои функции, качество поверхностей изделий, стойкость инструмента, затраты на инструмент и на его переточки, силы резания и затрачиваемая мощность при резании.

Высокая шероховатость режущих кромок существенно снижает их прочность. Выступы микронеровностей на кромках из-за малой их механической прочности разрушаются в первые секунды резания. Впадины микронеровностей являются местом зарождения микротрещин, развивающихся в процессе резания и приводящих к образованию сколов.

Режущие кромки инструмента после заточки необходимо подвергать дополнительной финишной обработке путём создания на кромке упрочняющей фаски на инструментах для черновых операций либо предварительным округлением кромок на инструментах разного назначения. И то и другое обеспечивают длительное сохранение геометрической формы кромки, повышенную её прочность и соответственно повышенную стойкость всего инструмента. Округление кромок приемлемо для широкого перечня инструментов.

Возрастающие требования к поверхностям вызывают потребность совершенствовать и создавать новые способы отделочной и упрочняющей обработки. Совершенствуются процессы поверхностного пластического деформирования, методы обработки абразивом на гибкой связке (обработка свободным абразивом уплотненными инерционными силами, струйно-ударная обработка, виброабразивная обработка и магнитно-абразивная обработка) и многие другие виды обработки рабочих поверхностей.

Наиболее производительным способом обработки абразивом на гибкой связке является магнитно-абразивная обработка (МАО). Сущность МАО заключается в воздействии на обрабатываемую деталь порошковой ферромагнитной массы, уплотненной магнитной индукцией. При МАО инструментом является ферромагнитный порошок, который находится в рабочем зазоре в подвижно-связанном состоянии. Роль связки между абразивными зёрнами выполняет магнитное поле, обладающее упругими силами воздействия на зёрна порошка. Это метод прост в осуществлении,

экологически чист, обеспечивает высокое качество обработанных поверхностей деталей и существенное повышение их сопротивляемости износу, коррозии и механическим нагрузкам, обладает высокой производительностью и успешно заменяет процессы химической и электрохимической обработки поверхностей инструментов со специальными свойствами.

В программной среде MATLAB (приложение PDE Toolbox) были рассчитаны параметры магнитного поля при магнитно-абразивном полировании инструмента.

Моделирование МАО плоским индуктором (рисунок 1) показало, что напряженность магнитного поля в рабочем зазоре распределено неравномерно. Неравномерность напряженности магнитного поля в рабочем зазоре объясняется различной магнитной проницаемостью окружающей среды, режущей пластины, корпуса, расположением магнитов. Вследствие данного обстоятельства создается неравномерное давление магнитных зерен абразивного порошка на обрабатываемую поверхность, неравномерный съём материала, что в свою очередь приводит к отклонению от плоскостности обработанной поверхности, различной шероховатости.

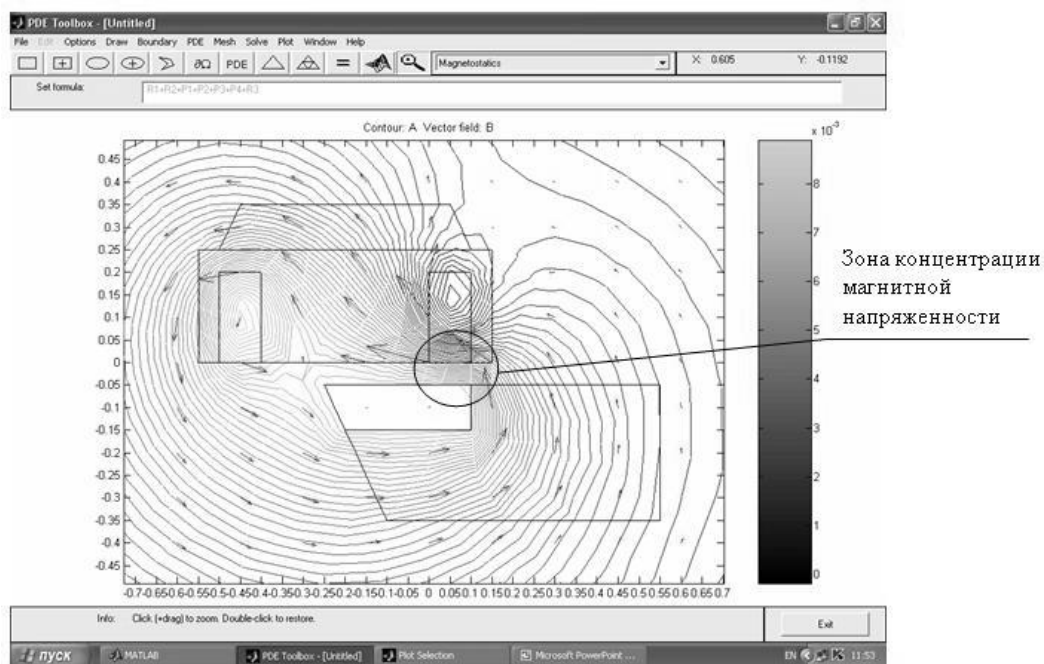


Рис. 1. Напряженность магнитного поля при МАО инструмента плоским индуктором  
Наиболее простой и эффективный путь создания равномерно распределенной напряженности в рабочем зазоре — путь рационального расположения магнитов.  
Результаты моделирования МАО фасонным индуктором показаны на рисунках 2 и 3

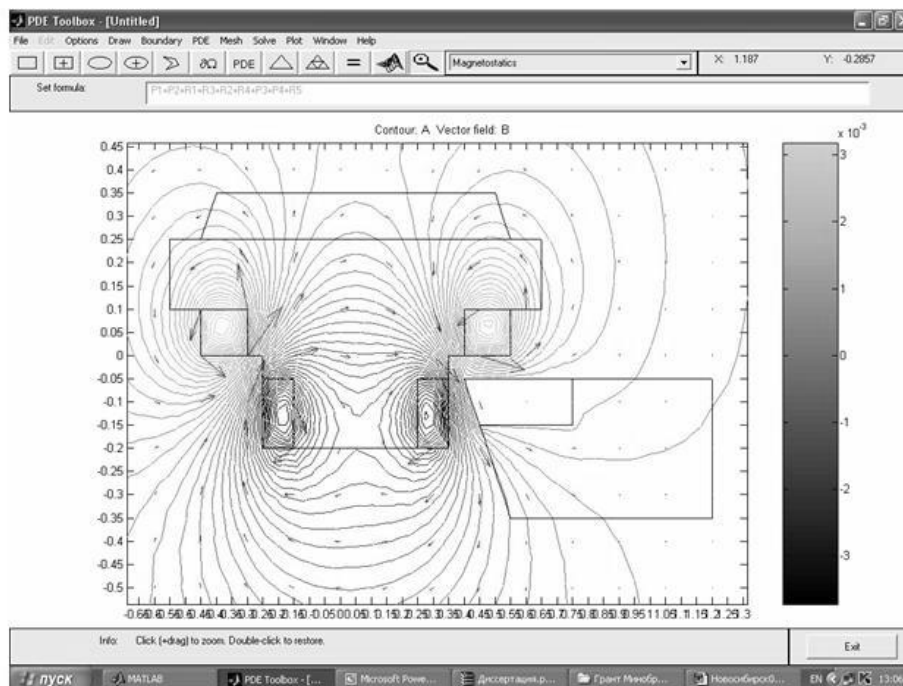


Рис. 2. Напряженность магнитного поля при МАО инструмента с твердосплавной пластинкой

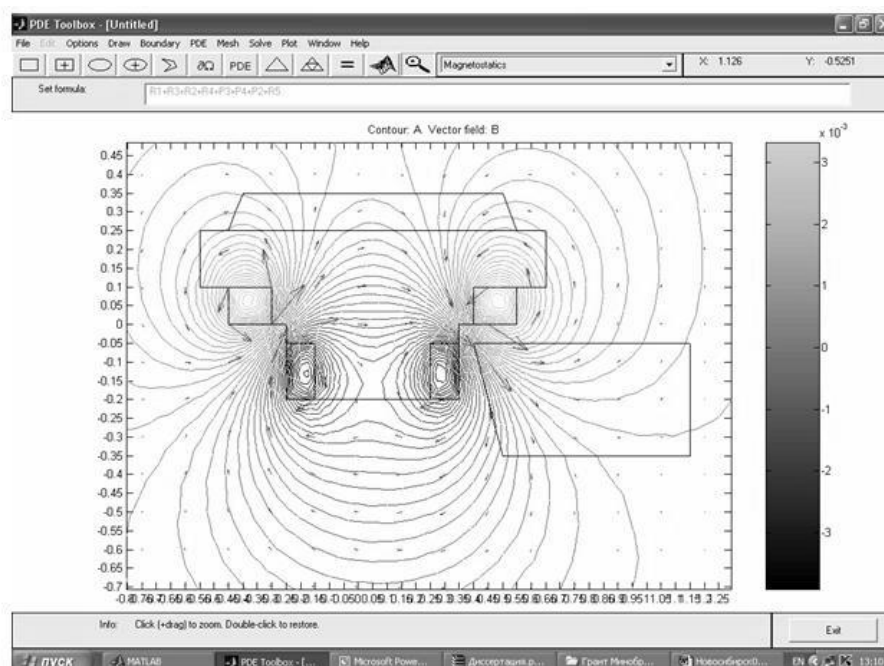


Рис. 3. Напряженность магнитного поля при МАО инструмента из быстрорежущей стали  
 Применение предложенных фасонных индукторов для полирования режущих инструментов обеспечит равномерность напряженности магнитного поля в рабочем зазоре, что повысит параметры точности магнитно-абразивной обработки.

Режущие кромки являются важными элементами инструментов. Исследования свидетельствуют, что округление режущих кромок на инструментах с помощью магнитно-абразивной обработки способно повысить стойкость инструментов в 2-3 раза, улучшить качество поверхностей изделий

## Список литературы

1. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение, 1986. – 176 с.

2. Иконников А.М., Федоров В.А. Расчёт параметров процесса магнитно-абразивной обработки поверхностей сложного профиля. "Обработка металлов", 2003 г. №4. Новосибирск, ОАО НТП и ЭИ "ОРГСТАНКИНПРОМ". С. 10-11.

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ СТАРЕНИЯ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В СТАЛИ 08X18H10T

Е.А. Кангезова, В.В. Овчинников

*Московский государственный индустриальный университет*

В работе исследуются процессы, вызывающие фазово-структурные превращения в стали 08X18H10T при температуре нагрева 450-750°C и выдержке 2-10 тыс. часов.

При кратковременных (до 500 ч) изотермических выдержках при 450°C в микроструктуре стали 08X18H10T не наблюдается существенных изменений как в состоянии поставки, так и после дополнительной термообработки по режиму закалки с последующим стабилизирующим отжигом. При увеличении продолжительности старения свыше 1000 часов образуются внутризеренные тонкодисперсные карбидные выделения типа  $MeC$ , плотность которых больше у металла, не подвергавшегося дополнительной термообработке.

Увеличение времени старения до 5000 часов не изменяет тип карбидных выделений, однако плотность их уменьшается, а размеры увеличиваются в исходном металле интенсивнее, чем в дополнительно обработанном состоянии.

В нетермообработанном металле после 10 тыс. часов старения уже при 450°C обнаруживается большее количество выделений карбидов  $Me_{23}C_6$  по границам зерен, и этот процесс фазовых превращений в твердом растворе при 450°C, по-видимому, еще не завершен.

Повышение температуры до 550°C при кратковременном старении не изменяет характера структурных превращений, и, по данным рентгеноструктурного анализа, в нетермообработанном металле доминирующей карбидной фазой остается карбид титана  $TiC$ .

Увеличение длительности старения при 550°C металла в состоянии поставки вызывает существенные изменения в тонкой структуре, вследствие выпадения из твердого раствора матрицы мелкодисперсных частиц  $Me_7C_3$  с дальнейшей их коагуляцией по границам зёрен, что сопровождается твердением аустенитной матрицы, вследствие когерентной связи с ней выделений. Для аналогичных изменений в термообработанном металле требуется большая продолжительность старения.

Дальнейшее старение при 550°C с выдержкой до 5000 часов формирует в металле в состоянии поставки устойчивую субзеренную структуру с ориентированными областями декорированными карбидами без изменения фазового состава.

С повышением температуры старения до  $650^{\circ}\text{C}$  процесс выделения избыточных фаз идёт интенсивнее и заметен в нетермообработанном металле по выделению  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  на границах двойников (рис. 1), а увеличение продолжительности старения вызывает фазовое расслоение и нарушение когерентности между аустенитной матрицей и частицами второй фазы, что приводит к изменению её морфологии, выражающейся в коагуляции карбидов  $\text{Me}_{23}\text{C}_6$  на границах зёрен (рис. 2) и благоприятствует превращению их в  $\sigma$ -фазу, которая образуется прежде всего в тройных узлах стыков границ зёрен.

Структурно-фазовые превращения в термообработанном металле протекают несколько медленнее, а увеличение времени старения при  $650^{\circ}\text{C}$  до 5 тыс. ч не изменяет фазовый состав при этом в нетермообработанном металле. Структурные превращения заключаются в росте частиц  $\sigma$ -фазы и количестве мелкодисперсных игольчатых выделений  $\text{TiC}$  в теле аустенитных зёрен.

Термообработанный металл в этих условиях претерпевает начало фазовых превращений  $\text{Me}_{23}\text{C}_6 \rightarrow \sigma$ -фаза, но при этом между металлом в состоянии поставки и после дополнительной термообработки сохраняются некоторые различия в количестве и степени дисперсности  $\sigma$ -фазы и карбидов.

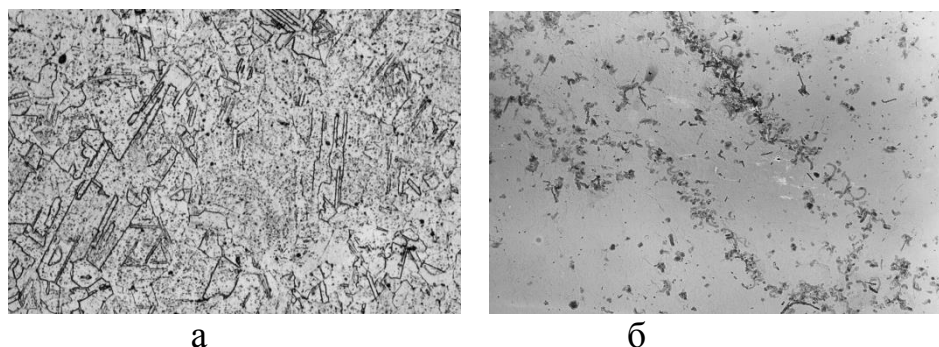


Рис. 1. Структура стали 08X18N10T в состоянии поставки после старения  $650^{\circ}\text{C}$  – 500 ч:  
а – оптическая микроскопия (x320); б – тонкая структура, распределение карбидов (x7000)

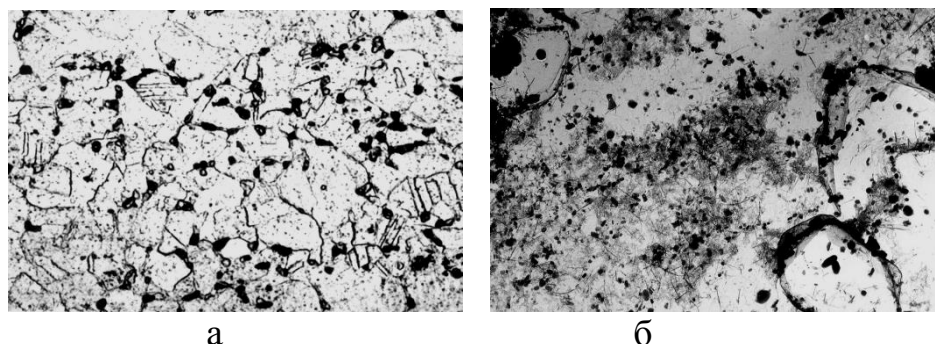


Рис. 2. Структура стали 08X18N10T в состоянии поставки после старения  $650^{\circ}\text{C}$  – 2000 ч:  
а – оптическая микроскопия (x320); б – тонкая структура, распределение карбидов, следы  $\sigma$ -фазы (x5000)



Высокотемпературное старение при 750°C протекает довольно быстро. Хорошо различимые зернограничные выделения наблюдаются при выдержках до 100 часов в нетермообработанном металле, в котором уже после выдержки 500 часов имеют место выделения  $\sigma$ -фазы.

С увеличением выдержки до 1000-5000 часов размер карбидных частиц и  $\sigma$ -фазы существенно увеличивается вследствие их коагуляции. При этом ослабляется кристаллографическая взаимозависимость между  $\sigma$ -фазой и  $\gamma$ -твердым раствором, и это свидетельствует о росте  $\sigma$ -фазы не из когерентно связанных с матрицей карбидов (рис. 3).

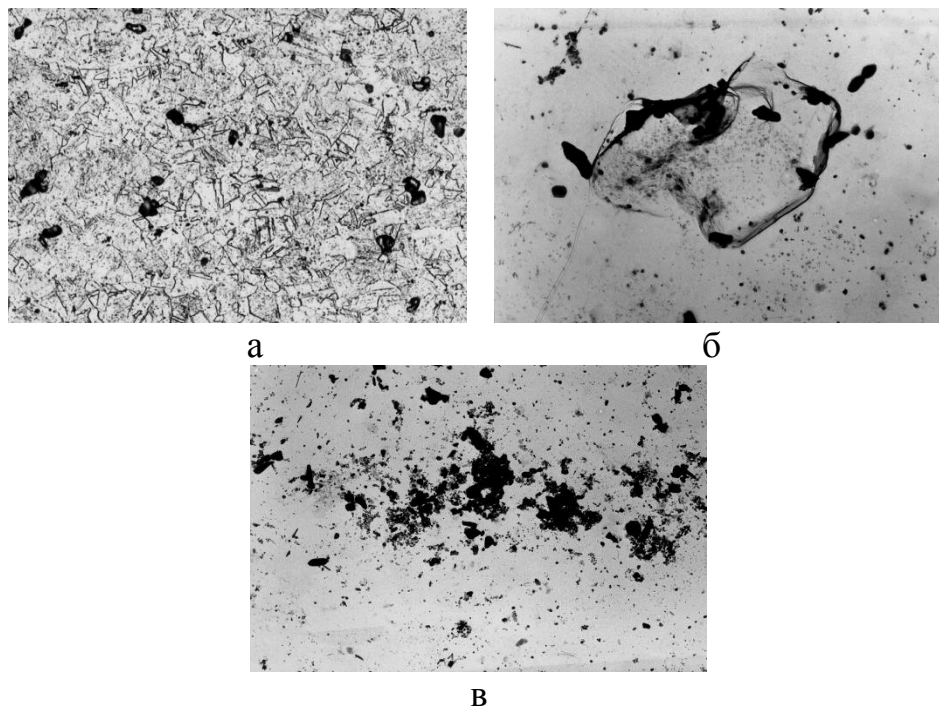


Рис. 3. Структура стали 08X18N10T в состоянии поставки после старения 750°C – 5000 ч:

а – оптическая микроскопия (x320); б – следы выделения  $\sigma$ -фазы (x3400);  
в – выделения карбидов (x3000)

## **ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО КАЛИБРОВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ**

А.В. Маслов, А.Н. Епифанцев, А.А. Маслов

*Липецкий государственный технический университет*

Представлены данные по оценке производительности процесса электрохимического калибрования при изготовлении фасонных отверстий.

Получение сквозных отверстий в вырубных штампах, пресс-формах и других изделиях возможно как традиционными механическими методами, так и электроэрозионным (ЭЭО) и электрохимическим (ЭХО) способами.

Применение механических методов в ряде случаев нецелесообразно либо даже невозможно (использование сверхпрочных, сверхтвердых материалов,

например, таких как ЭИ-958, ЖС-6У, 5ХНМ и им подобных, особенно прошедших предварительную термическую обработку).

Использование электроэрозионного способа обработки возможно только на стадиях предварительного получения отверстий, поскольку в поверхностном слое происходят значительные структурно-фазовые изменения.

ЭХО в силу известных достоинств (отсутствие дефектного слоя, низкая шероховатость, сглаженный микропрофиль и т.д.) позволяет наряду с высокой производительностью, повысить стойкость и долговечность штампов и пресс-форм.

Электрохимическое получение фасонных отверстий возможно как прошиванием, так и калиброванием. Во многих случаях целесообразнее использование двухпереходных технологических операций:

- предварительное сверление (фрезерование) незакаленных изделий с последующей термообработкой и доводочной ЭХО;
- предварительная ЭЭО с последующей доводочной ЭХО.

Электрохимическое калибрование может производиться как неподвижным, так и движущимся непрерывно электродом-инструментом (ЭИ). Выбор кинематики движения наряду с выбором растворов электролитов, гидродинамических и электрических режимов зависит от технологических требований по точности обработки и качеству поверхностного слоя.

При электрохимической калибровке движущимся ЭИ его рабочая часть выполняется в виде конуса с определенным углом « $\alpha$ » образующей (рис. 1).

Скорость осевого перемещения ЭИ при калибровании связана с конусностью его рабочей части следующим выражением:

$$V_{\text{ЭИ}}^{\text{кб}} = V_{\alpha} / \sin \alpha,$$

где  $\alpha$  – угол между образующей конуса и осью ЭИ;  $V_{\alpha}$  – линейная скорость растворения (по нормали к обрабатываемой поверхности).

$$V_{\alpha} = \varepsilon_v \cdot U \cdot \chi \cdot \frac{\eta}{a_{\alpha}}.$$

Но общий путь перемещения ЭИ при калибровании для получения сквозного отверстия будет равен сумме толщины заготовки и длины конусной (рабочей) части инструмента для выхода инструмента из зоны обработки.

В этом случае длительность обработки при калибровании будет определяться по выражению

$$\tau_{\text{кб}} = (A + L) / V_{\text{ЭИ}}^{\text{кб}} = (A + L) \sin \alpha / V_{\alpha}. \quad (1)$$

где  $L$  – длина конусной части ЭИ;

$A$  – толщина заготовки.

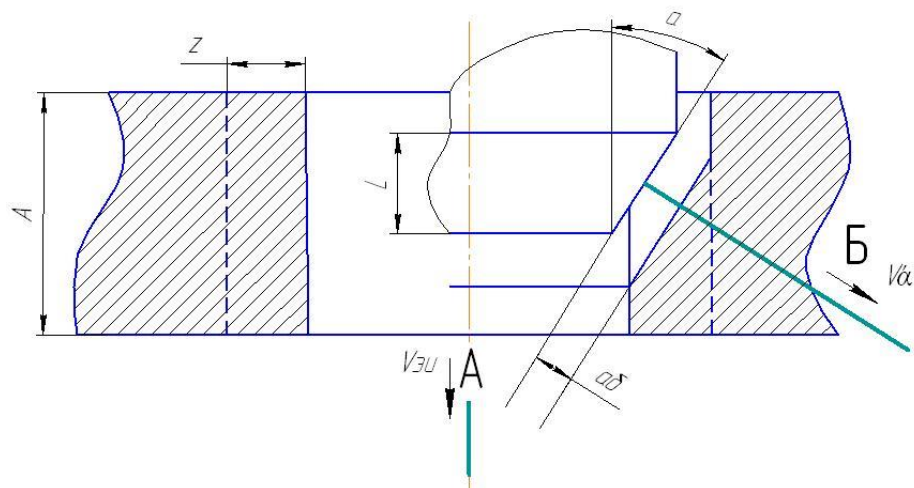


Рисунок 1. Обрабатываемое отверстие и рабочая часть ЭИ при калибровании

Удаляемый припуск при калибровании «z» и длина конусной части ЭИ связаны между собой соотношением

$$L = z \cdot \operatorname{ctg} \alpha.$$

Тогда

$$\tau_{\text{кб}} = \frac{A \cdot \sin \alpha}{V_{\alpha}} + \frac{z \cdot \cos \alpha}{V_{\alpha}}. \quad (2)$$

Видно, что при определенной скорости растворения время калибрования будет зависеть от соотношения величины удаляемого припуска «z», толщины заготовки «A» и угла наклона образующей «α».

При угле образующей  $\alpha = 0$  выполняются условия калибрования неподвижным ЭИ

$$\tau_{\text{кб}} = \frac{z}{V_{\alpha}}.$$

При этом для обеспечения постоянной скорости растворения и удобства оценки удаляемого припуска желательно использование гальваностатического режима обработки, поскольку величина межэлектродного зазора для неподвижного ЭИ будет изменяться во времени.

При  $\alpha = 90^{\circ}$  выполняются условия прошивания отверстия

$$\tau_{\text{кб}} = \tau_{\text{пр}} = \frac{A \cdot \sin \alpha}{V_{\alpha}} = A/V_{\text{ЭИ}}.$$

На рис. 2 представлено семейство зависимостей длительности обработки от рассматриваемого соотношения z/A и угла наклона калибрующей части ЭИ при скорости растворения 1 мм/мин.

Видно, что увеличение величины удаляемого припуска «z» и угла образующей «α» при калибровании приводит к увеличению длительности обработки и, при определенных условиях (соотношения z/A) проходит через максимум. Использование ЭИ с определенным углом образующей позволяет при определенных соотношениях «z/A» снизить длительность калибрования по сравнению с электрохимическим прошиванием. Использование движущегося ЭИ по сравнению с неподвижным, особенно в случаях калибрования

протяженных отверстий, обеспечивает более равновесные условия обработки, несмотря на меньшие скорости формообразования.

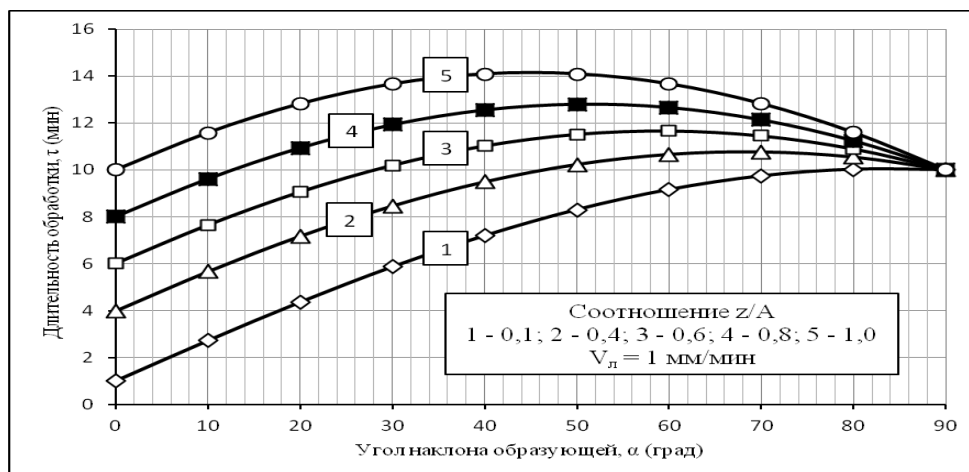


Рисунок 2. Графическое представление выражения (2) в зависимости от величины соотношения  $z/A$

## ВЫВОДЫ

Представленные данные позволяют назначить припуск в зависимости от толщины заготовки (соотношение  $z/A$ ) и определить конусность ЭИ при калибровании, обеспечивающую заданное время обработки.

## Список литературы

1. Справочник по электрофизическим и электрохимическим методам обработки / Г.Л. Амитан [и др.]; под общ. ред. В.А. Волосатова. – Л.: Машиностроение, 1988. – 719 с.
2. Брусиловский З.М. Сравнительный анализ производительности электрохимической обработки по схемам прошивки и калибровки: Тез. докл. Всесоюз. н.-т. конф. «Размерная электрохимическая обработка деталей машин». – Тула: ТПИ, 1980. С. 278-281.

## ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ОТЛИВОК

Г.А. Мустафин, Т.В. Мустафина, И.В. Марширов,  
Е.С. Шаповалова, А.А. Верховская

*Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова*

В работе приведены результаты разработки технологии изготовления барельефных художественных отливок из бронзы с применением восковых выплавляемых моделей и вакуумной заливки.

Существуют следующие способы изготовления художественных отливок:

- 1) литье в песчано-глинистые формы;
- 2) литье по выплавляемым моделям в оболочковые формы;

- 3) литье по выплавляемым моделям в гипсовые формы;
- 4) литье под давлением;
- 5) шоу – процесс;
- 6) литье в металлические формы (кокили).

Сравнивая между собой вышеперечисленные способы изготовления художественных отливок, выберем наиболее приемлемые, исходя из:

- обеспечения чистоты поверхности отливок; возможности получения отливки из медных и алюминиевых сплавов с точным и четким воспроизведением рисунка (текстуры) поверхности модели;

- возможности применения мастер-моделей из различных материалов, таких как металл, воск, дерево, гипс, пластилин;

- возможности получения неограниченного числа отливок; возможности получения качественных художественных отливок малых габаритных размеров;

- возможности восстановления и тиражирования художественных изделий с утраченными или поврежденными элементами;

- возможности получения более тонкостенных отливок по сравнению с литьем в песчаные формы;

- возможности уменьшения трудоемкой и длительной финишной обработки;

- возможности уменьшения себестоимости отливок.

Наиболее полно этим требованиям отвечает технология получения художественных отливок по выплавляемым моделям в гипсовые формы. А для крупных серий отливок – технология литья в металлические формы, изготовленные с применением станков с ЧПУ.

Для изготовления серии художественных отливок использовались металлические мастер-модели, одна из них представлена на рисунке 2.

Наиболее известным способом получения резиновых пресс-форм для изготовления выплавляемых моделей из литейных восков является вулканизация из материалов на основе каучуков. Однако в последнее время появились новые материалы, позволяющие изготавливать пресс-формы без нагрева. К ним относится литейная двухкомпонентная резина CASTALDO Quick-Sil™, которая вулканизируется при комнатной температуре и дает гибкие, прочные на разрыв формы с нулевой усадкой.

Эта резина проста в применении, так как нет необходимости точно отмерять или вакуумировать компоненты для достижения оптимального результата. Общее время процесса подготовки смеси и формования (рабочее время) не должно превышать 4 минут. Время застывания – около 15 минут.

Предварительные опыты показали, что при разрезании пресс-формы после отверждения резины CASTALDO Quick-Sil™, из-за высокой её прочности, трудно получить качественный разъем. Поэтому было принято решение изготавливать пресс-формы отдельно.

Для этого мастер-модели, имеющие сложный рельеф с обеих сторон, вначале укладывались на «фальшивую» подмодельную плиту, в которую они

вместе с моделью литниковой системы вдавливались до половины высоты рельефа. После этого «фальшивая» подмодельная плита покрывалась тальком и помещалась в специальную рамку (рис. 1). Затем части резины А и В смешивались до однородного состава (контроль производился по равномерному цвету), и резина вдавливалась в лицевую сторону модели. После установки пуансона рамка с резиной и моделью устанавливалась в пресс и выдерживалась в течение 15 минут под давлением до полного отверждения. Затем резиновая пресс-форма раскрывалась и извлекалась модель.

Модели, у которых имеется хотя бы одна плоская поверхность для ее установки, формовались в резине без применения фальшивой подмодельной плиты. Полученная пресс-форма представлена на рисунке 2.

Такая технология позволила получать пресс-формы с качественным разъемом без разрезания. Точность разъема позволила получать выплавляемые модели без заливов, не требующих большого объема дополнительной обработки.



Рис. 1. Рамка для изготовления



Рис. 2. Резиновая прессформа мастер-моделью



Воск нагнетался в резиновую пресс-форму при помощи воскового инжектора. Инжектор предназначен для расплавки воска и заполнения резиновых пресс-форм при постоянной заданной температуре.

При длительной работе резиновая пресс-форма нагревалась, поэтому ее периодически надо охлаждать в холодильнике, так как в восковках, полученных в горячей пресс-форме, могут появляться усадочные раковины.



Рис. 3. Восковые модели

Для получения качественных моделей из литейного воска CASTALDO (зелёный цвет) опытным путем был подобран оптимальный режим: температура запрессовки жидкого воска в пресс-форму – 64°C, оптимальное давление запрессовки 0,10-0,12 МПа. Восковые модели приведены на рисунке 3.

После получения необходимого количества восковых моделей изготовлено восковое дерево – «елочка» (рис. 4). Для этого необходимо было рассчитать диаметр модели стояка и изготовить его в отдельной форме из воска. Затем на него напаялись восковые модели под углом 45°. Практика показала, что расстояние между ближайшими точками моделей должно быть не менее 3 мм.



Рис. 4. Восковое дерево

На следующем этапе работы «елочку», собранную из восковых моделей, помещали в опоку и заливали огнеупорной гипсовой смесью (формовочной массой). Для изготовления формы была использована формовочная масса Satin Cast, а также экспериментальная смесь на основе шамота и гипса. Опока для литейной формы представляет собой трубу с фланцем из нержавеющей стали с отверстиями (рис. 5).



Рис. 5. Опока

Для облегчения заполнения формы формомасса с помощью воды переводилась в состояние суспензии.

Опока после заполнения суспензией и вытопке восковых моделей при  $120^{\circ}\text{C}$  прокаливалась по специальному режиму при максимальной температуре  $740^{\circ}\text{C}$ .

Для заливки металлом полученной формы была разработана и изготовлена установка для заливки форм под разряжением до 0,08 МПа. На этой установке можно заливать формы диаметром до 200 мм и высотой до 200 мм.

## **ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ**

И.Г. Мухаметшин, Л.В. Мельников, Е.В. Розов

*Набережночелнинский институт (филиал)*

*Приволжского Казанского государственного университета*

### **Введение**

В настоящее время существуют самые разнообразные конструкции дифференциальных механизмов, которые обеспечивают движение звеньев с различными скоростями при сохранении соотношения сил, действующих на эти звенья и осуществляющих передачу потока мощности от входного звена на два выходных, причем распределение потока может быть произвольным.

Целью создания гидромеханического дифференциального механизма является разделение подводимого потока мощности на два потока – механический и гидравлический, что позволит затем преобразовать гидравлический поток мощности в механический и суммировать его с механическим потоком, полученным при разделении, с целью создания бесступенчатой передачи. В данной статье рассматривается создание такого механизма на основе шестеренной гидромашины (рис. 1).

Использование в качестве исполнительных механизмов в дифференциальных гидрообъемных передачах шестерёнчатых гидронасосов и гидромоторов обусловлено следующими свойствами последних [1]:

- зубчатые шестеренные гидромашины легко трансформируются в дифференциальный механизм, в котором центральная шестерня является ведущей, если это гидронасос, или ведомой, если это гидромотор, шестерни в количестве не менее двух, установленные на осях в подвижном корпусе являются сателлитами;

- величина потока мощности на каждой из шестерён изменяется с изменением размеров шестерён и, соответственно, с изменением передаточного числа между ними;

- суммирование мощности происходит частично за счёт силового взаимодействия в зубчатом зацеплении при передаче мощности с одной шестерни на другую.

Моменты, приложенные к шестерням шестеренной гидромашины, определяются действием сил давления жидкости на те же площадки, которые определяют процесс образования подачи.



При равномерном вращении шестерен, пренебрегая потерями, для насоса с одной ведомой шестерней, баланс энергии на двух шестернях

$$p_n dV = (M_1 \omega_1 + M_2 \omega_2) dt, \quad (1)$$

где  $dV$  – объем, подаваемый насосом в напорную магистраль за время  $dt$ ;  $p_n$  – давление жидкости, МПа;  $M_1, M_2$  – моменты сопротивления на ведущей и ведомой шестернях, Н·м;  $\omega_1, \omega_2$  – угловые скорости вращения ведущей и ведомой шестерен.

Эта энергия сообщается жидкости в виде моментов  $M_1$  и  $M_2$ , подводимых от ведущего вала к шестерням для преодоления нагрузок, возникающих на них из-за неуравновешенных гидростатических сил [4].

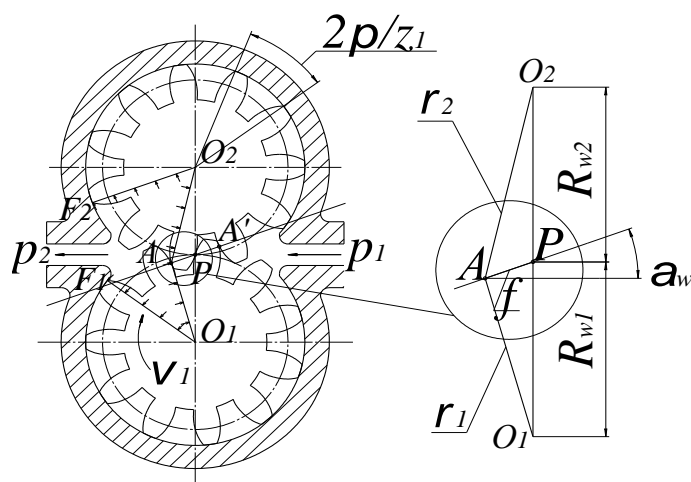


Рис. 1. Схема гидронасоса с одной ведомой шестерней

Значения моментов  $M_1$  и  $M_2$  определяются по следующим формулам:

$$M_1 = p_n b \frac{R_{a1}^2 - \rho_1^2}{2}; \quad (2)$$

$$M_2 = p_n b \frac{R_{a2}^2 - \rho_2^2}{2}, \quad (3)$$

где  $b$  – ширина шестерен, м;  $R_{a1}, R_{a2}$  – радиусы окружностей вершин зубьев, м.

Одному рабочему циклу машины соответствует поворот шестерен на угловой шаг  $2\pi/z_1$  ( $z_1$  – число зубьев ведущей шестерни). При этом точка контакта зубьев перемещается по линии зацепления. Это вызывает переменность как подачи насоса  $Q$ , так и моментов сопротивления  $M_1$  и  $M_2$  на протяжении рабочего цикла.

Из теории зубчатых зацеплений известно, что при повороте в пределах углового шага длина отрезков  $\rho_1$  и  $\rho_2$ , изменяется по параболическому закону. Соответственно изменяются и моменты. Геометрические величины, характеризующие зацепление, позволяют выразить зависимости моментов от угла поворота шестерен.

Мгновенное значение момента на валу гидронасоса с одной ведомой шестерней можно определить из уравнения баланса энергии.

Подача насоса

$$Q = \frac{dV}{dt}, \quad (4)$$

Момент на валу гидронасоса

$$M_{ГН} = \frac{p_n V}{2\pi}, \quad (5)$$

где  $V$  – рабочий объем гидронасоса,  $\text{м}^3$ .

Рабочий объем гидронасоса

$$V = Q / n_1, \quad (6)$$

где  $n_1$  – частота вращения вала гидронасоса, об/мин.

Тогда

$$M_{ГН} = M_1 + M_2 \frac{\omega_2}{\omega_1}. \quad (7)$$

Т.е. часть мощности воспринимается непосредственно на ведущей шестерне (на валу гидронасоса), а другая часть на ведомой шестерне гидронасоса, и через передаточное отношение от ведомой шестерни к ведущей шестерне передается на вал гидронасоса. График изменения моментов от угла поворота вала гидронасоса изображен на рис. 2.

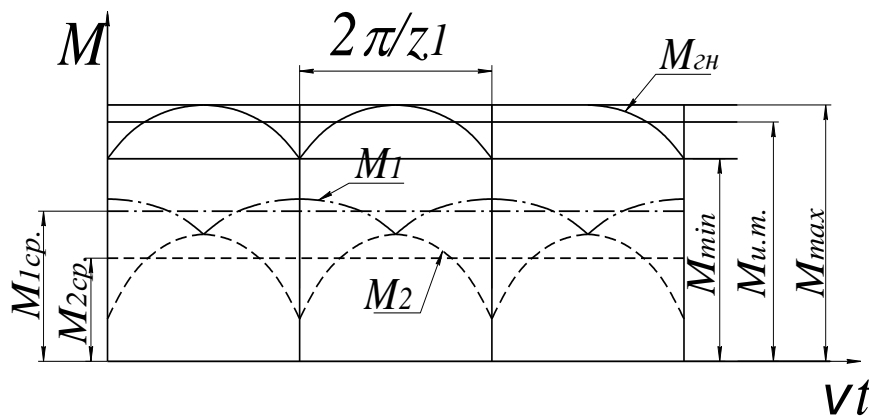


Рис. 2. Моменты в гидронасосе с одной ведомой шестерней

Средние (теоретические) значения моментов сопротивления  $M_1$  и  $M_2$  можно выразить через подачи ведущей и ведомой шестерен соответственно при повороте на угловой шаг.

$$M_{1cp} = \frac{p_n Q_{1cp}}{\omega_1}; \quad (8)$$

$$M_{2cp} = \frac{p_n Q_{2cp}}{\omega_2}; \quad (9)$$

$$Q_{1cp} = V_{1шаг} z_1 n_1; \quad (10)$$

$$Q_{2cp} = V_{2шаг} z_2 n_2, \quad (11)$$

где  $Q_{1cp}$  и  $Q_{2cp}$  – подачи ведущей и ведомой шестерен соответственно при повороте на угловой шаг,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;  $V_{1шаг}$  – объем рабочей жидкости, подаваемый

ведущей шестерней гидронасоса при повороте на угловой шаг  $2\pi/z_1$ ;  $V_{2шаз}$  – объем рабочей жидкости, подаваемый ведомым колесом гидронасоса при повороте на угловой шаг  $2\pi/z_2$ .

$$V_{1шаз} = \frac{b}{2R_{b1}} \left[ (R_{a1}^2 - R_{w1}^2) p_{bn} - \frac{p_{bn}^3}{12} + \frac{p_{bn}^2}{2} R_{w1} \cos(90 - \alpha_w) \right]; \quad (12)$$

$$V_{2шаз} = \frac{b}{2R_{b2}} \left[ (R_{a2}^2 - R_{w2}^2) p_{bn} - \frac{p_{bn}^3}{12} + \frac{p_{bn}^2}{2} R_{w2} \cos(90 + \alpha_w) \right], \quad (13)$$

где  $R_{w1}$  и  $R_{w2}$  – радиусы делительных окружностей шестерен, м;  $f$  – расстояние от точки зацепления до полюса, м;  $\alpha_w$  – угол зацепления, °;  $p_{bn}$  – шаг зубьев по нормали, м;  $R_{b1}$  и  $R_{b2}$  – радиусы основных окружностей шестерен, м.

Учитывая, что  $R_b = \frac{mz}{2} \cos \alpha_w$ , окончательно выражения для теоретических моментов сопротивления

$$M_{1cp} = \frac{p_n b}{2} \left[ R_{a1}^2 - R_{w1}^2 - \frac{p_{bn}^2}{12} + \frac{p_{bn}}{2} R_{w1} \cos(90 - \alpha_w) \right]; \quad (14)$$

$$M_{2cp} = \frac{p_n b}{2} \left[ R_{a2}^2 - R_{w2}^2 - \frac{p_{bn}^2}{12} + \frac{p_{bn}}{2} R_{w2} \cos(90 + \alpha_w) \right]. \quad (15)$$

Отношение моментов сопротивления на ведущей и ведомой шестернях можно представить через коэффициент перераспределения моментов  $\lambda_H$ , который определится как

$$\lambda_H = \frac{M_{1cp}}{M_{2cp}}. \quad (16)$$

Зависимости коэффициента  $\lambda_H$  гидронасоса с внешним зацеплением от параметров зубчатого зацепления изображены на рисунке 3.

Из рисунка 3 видно, что наибольшее влияние на коэффициент  $\lambda_H$  оказывает значение передаточного числа гидронасоса и угол зацепления  $\alpha_w$ . Увеличение числа ведомых колес гидронасоса не оказывает влияние на перераспределение моментов.

В гидронасосах с шестернями внутреннего зацепления также происходит перераспределение момента между ведущей и ведомой шестернями, но значение коэффициента  $\lambda_H$  отличается, к тому же зависит от того, какое из колес ведущее – наружное или внутреннее.

Зависимости коэффициента  $\lambda_H$  гидронасоса с внутренним зацеплением от параметров зубчатого зацепления при внутреннем ведущем колесе изображены на рисунке 4, при наружном ведущем колесе изображены на рисунке 5.

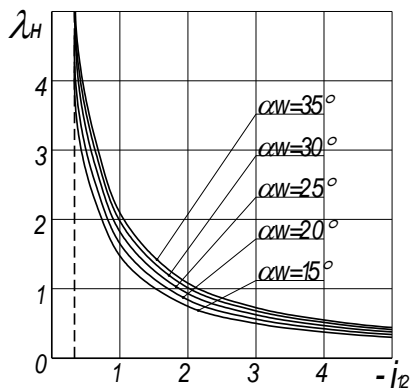


Рис. 3. Зависимости коэффициента  $\lambda_n$  от передаточного отношения гидронасоса  $i_{12}$  и угла зацепления  $\alpha_w$

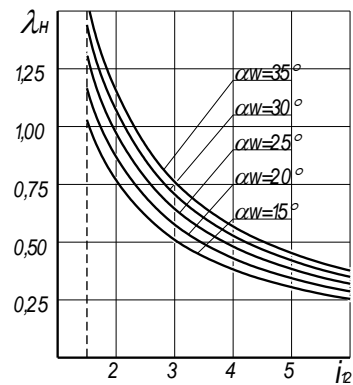


Рис. 4. Зависимости коэффициента  $\lambda_n$  от передаточного отношения гидронасоса  $i_{12}$  и угла зацепления  $\alpha_w$

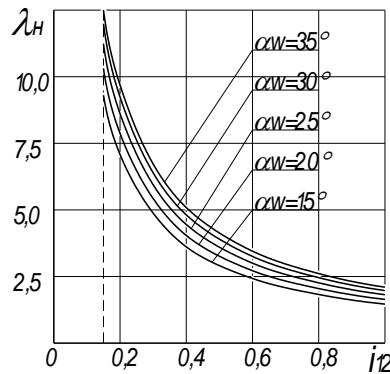


Рис. 5. Зависимости коэффициента  $\lambda_n$  от передаточного отношения гидронасоса  $i_{12}$  и угла зацепления  $\alpha_w$  при наружной ведущей шестерни

Исходя из анализа моментов  $M_{ГН}$ ,  $M_{1cp}$ ,  $M_{2cp}$ , действующих в шестеренных гидромашинах, коэффициента  $\lambda_n$ , а также учитывая их свойство обратимости, можно сделать вывод, что шестеренные гидромашин можно преобразовать в гидромеханические дифференциальные механизмы как составные части гидромеханических вариаторов.

### Заключение

Гидромеханический дифференциальный механизм имеет следующие особенности:

- имеет две степени свободы;
- коэффициент распределения моментов от неуравновешенных гидростатических сил давления определяет наличие и величину голономных и неголономных связей между ведущими и ведомыми звеньями зубчатых гидромашин;
- использование потока рабочей жидкости в качестве гидравлической связи между гидромеханическим дифференциалом и одним из возможных

механизмов преобразования гидравлической энергии в механическую позволяет создать бесступенчатую гидромеханическую передачу;

- механический момент, снимаемый с водила гидромеханического дифференциального механизма, можно суммировать с другим механическим моментом, получаемым после преобразования мощности гидравлического потока;

- при изменении угловых скоростей звеньев гидромеханического дифференциального механизма происходит изменение подачи гидронасоса, что обеспечивает внутренний автоматизм при преобразовании мощности гидравлического потока в механический.

#### Список литературы

1. Фасхиев Х.А., Волошко В.В., Мавлеев И.Р. Гидромеханический дифференциальный механизм // Справочник. Инженерный журнал. – 2007. – №10. С. 39-45.

2. Башта Т.М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.

3. Гуськов В.В. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Объемные гидро- и пневмомашины и передачи. Минск: Высшая школа, 1987. – 310 с.

4. Галеева Р.А., Сунарчин Р.А. Объемные гидромашины. Уфа: изд. Уфимского ордена Ленина авиационного института им. Серго Орджоникидзе, 1984. – 174 с.

### **АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПЛАНЕТАРНАЯ КОРОБКА ПЕРЕДАЧ**

И.Г. Мухаметшин, Е.В. Розов, Л.В. Мельников

*Набережночелнинский институт (филиал)*

*Казанского государственного университета*

В статье рассмотрен один из вариантов конструкции автоматической коробки передач и приведены формулы для определения передаточных отношений.

**Введение.** Использование коробок передач планетарного типа в автоматических трансмиссиях транспортных средств обусловлено возможностью получения малогабаритной, компактной по компоновке конструкции, легко вписывающейся в ограниченное габаритами кузова пространство, обеспечивающее экономичность, динамичность, комфорт, безопасность движения.

Разработка и создание новых планетарных коробок передач направлено на достижение технического результата, который заключается в:

- увеличении диапазона изменения передаточных отношений;
- обеспечении гармоничности шага передаточных чисел в пределах диапазона;
- улучшении тягово-динамической и топливно-экономической характеристик за счет увеличения числа передач;

- уменьшении сложности системы управления и энерговооруженности коробки передач;
- увеличении КПД коробки передач;
- расширении типов транспортных средств, на которые можно установить новую коробку передач.

**Автоматическая планетарная коробка передач.** В варианте конструкции, предусматривающем возможность последовательного соединения входного звена коробки передач с солнечной центральной шестерней первого планетарного ряда и водилом с помощью фрикционных блокирующих муфт и одновременным включением одного из управляющих элементов получаем восемь передач прямого хода (нейтральная; понижающие (1-5 передачи); прямая; повышающие (7-8 передачи) и одну заднюю передачу.

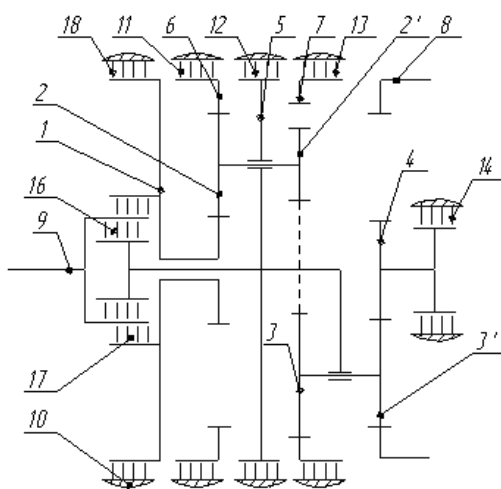


Рис. 1. Кинематическая схема АПКП

Автоматическая ступенчатая планетарная коробка передач (рис. 1), реализующая восемь передач прямого хода и одну передачу заднего хода, содержит картер 10, входное звено 9, выходное звено 8, пять фрикционных тормозов 11, 12, 13, 14, 18 и многопоточный дифференциальный механизм. Входными звеньями многопоточного дифференциального механизма являются солнечная центральная шестерня 1 и водило 5, которые могут соединяться с помощью фрикционных блокирующих муфт 16, 17 с входным звеном 9 коробки передач, солнечная центральная шестерня 1 соединяется с помощью фрикционного тормоза 18 с картером коробки передач.

При включенной фрикционной блокирующей муфте 17 и последовательном включении одного из тормозов передаточное отношение между входным 1 и выходным 8 звеньями определяется выражением:

$$i_{1-8} = i_{1-5}^p \cdot i_{5-8}^p \quad (1)$$

При включенной фрикционной блокирующей муфте 16 и последовательном включении одного из тормозов передаточное отношение между входным 5 и выходным 8 звеньями определяется выражением:

$$i_{5-8} = i_{5-8}^P. \quad (2)$$

При включенной фрикционной блокирующей муфте 17 и торможении водила 5 фрикционным тормозом 12, механизм превращается в обычный рядный редуктор, передаточное отношение между входным 1 и выходным 8 звеньями определяется выражением:

$$i_{1-8} = i_{1-2} \cdot i_{2-3} \cdot i_{3-8}. \quad (3)$$

При одновременном включении фрикционных блокирующих муфт 16, 17 звено 1 и звено 5 многопоточного дифференциального механизма получают одинаковое число оборотов, происходит блокировка механизма и он работает как жесткий вал, осуществляя прямую передачу.

**Заключение.** Данная АПКП является трехступенной, так как для получения какой-либо определенной передачи требуется включение двух управляющих элементов одновременно.

#### Список литературы

1. Шарипов В.М. Конструирование и расчет тракторов. – М.: Машиностроение, 2004.
2. Патент на изобретение №2384773 Р.Ф. Автоматическая ступенчатая планетарная коробка передач / В.В. Волошко, И.И. Салахов. МПК F16Н 3/44. – 2008126685/11; Заявлено 2008.06.30, опубл. 2010.03.20. Бюл. №8.
3. Салахов И.И., Фасхиев Х.А., Волошко В.В. Определение КПД дифференциального механизма автоматических коробок передач // Вестник машиностроения. – 2013. – №2. – С. 14-19.

### СВОЙСТВА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ВЕДУЩИМ ВОДИЛОМ

И.Г. Мухаметшин, Е.В. Розов, Л.В. Мельников  
*Набережночелнинский институт (филиал)  
Казанского государственного университета*

#### Введение

В настоящее время существуют самые разнообразные конструкции механизмов распределяющих мощность. Один из самых распространенных из них – это дифференциальный механизм. Дифференциальный механизм (от лат. differentia – разность, различие) – механизм, обеспечивающий движение звеньев с различными скоростями при сохранении соотношения сил, действующих на эти звенья.

Как правило, в дифференциальных механизмах оси отдельных зубчатых колес являются подвижными. Колеса с подвижными осями вращения называют планетарными колесами или сателлитами, а звено, на котором располагаются оси сателлитов, – водилом. Зубчатые колеса с неподвижными осями вращения

называются солнечными (центральными) и коронными. Дифференциальный зубчатый механизм всегда обладает двумя степенями свободы. В первом случае можно закрепить водило дифференциального механизма и сделать его неподвижным, тогда получим обыкновенную (рядную) зубчатую передачу, во втором можем сделать неподвижным солнечное или коронное колесо, тогда получим планетарный механизм. Наибольшее распространение планетарные зубчатые механизмы получили в планетарных редукторах, предназначенных для получения необходимых передаточных отношений между входным и выходным валами редуктора.

На сегодняшний день существуют различные типы дифференциальных механизмов, такие как:

1. Дифференциальный механизм с положительным значением передаточного числа.
2. Дифференциальный механизм с отрицательным значением передаточного числа.
3. Дифференциальный механизм с ведущим водилом.

#### Дифференциальный механизм с ведущим водилом

Дифференциальный механизм данного типа может быть рассмотрен как механизм, составленный из двух (см. схему 1) дифференциальных механизмов  $A_1$  и  $A_2$  [4].

Принимаем, что звенья 3 и 5 имеют одинаковые числа зубьев, т.е.  $z_3=z_5$  и, соответственно, число зубьев  $z_2=z_4$ .

При заторможенном звене 3 дифференциала  $A_1$ , т.е.  $n_3=0$ , поток мощности  $N_1=n_1 \cdot M_1$ , от звена 1 передает водилу Н, т.е.  $N_1=n_1 \cdot M_1=n_H \cdot M_H=N_H$ .

При этом, как и в предыдущих случаях, имеем дифференциальный механизм с двумя степенями свободы. Поток мощности от водила Н может быть распределен по двум кинематическим цепям  $H \rightarrow 4 \rightarrow 5$  и  $H \rightarrow 4' \rightarrow 6$ .

Параметры водила Н будут равны  $n_H = \frac{n_1}{i_{13}}$ ;  $M_H = -M_1(1 - i_{13})$ ; где  $1 - i_{13} = i_{1H}$  – передаточное число дифференциала  $A_1$ .

При торможении звена 5 дифференциала  $A_2$ , т.е.  $n_5=0$ ; поток мощности передается только по кинематической цепи  $H \rightarrow 4 \rightarrow 4' \rightarrow 6$ . Для определения параметров звена 6 необходимо определить передаточное число  $i_{16}$ .

Из уравнения  $M_H = -M_1(1 - i_{13})$  определим, что  $M_1 = -\frac{M_H}{1 - i_{13}}$ .

Из уравнения  $M_H = -M_6(1 - i_{65})$  определим, что  $M_6 = -\frac{M_H}{1 - i_{65}}$ . После

подстановки в уравнение для  $i_{16}$  значения  $M_1$  и  $M_6$  через  $M_H$  и зная, что  $M_H$  имеет одно и то же значение для обоих дифференциалов  $A_1$  и  $A_2$ .

$$i_{16} = \frac{M_6}{M_1} = \frac{-M_H(1 - i_{13})}{-M_H(1 - i_{65})} = (1 - i_{13}) \frac{1}{1 - i_{65}} = i_{1H}^3 \cdot i_{6H}^3;$$



где  $i_{1H}^3$  – передаточное число дифференциала  $A_1$ ,  $i_{16}^3$  – передаточное число дифференциала  $A_2$ .

Очевидно, что кинематическая схема дифференциального механизма не претерпит качественных изменений, если, учитывая то обстоятельство, что в рассмотренной схеме  $z_3=z_5-u$ ,  $z_2=z_4$  схема будет изменена так, как показано на рис. 2.

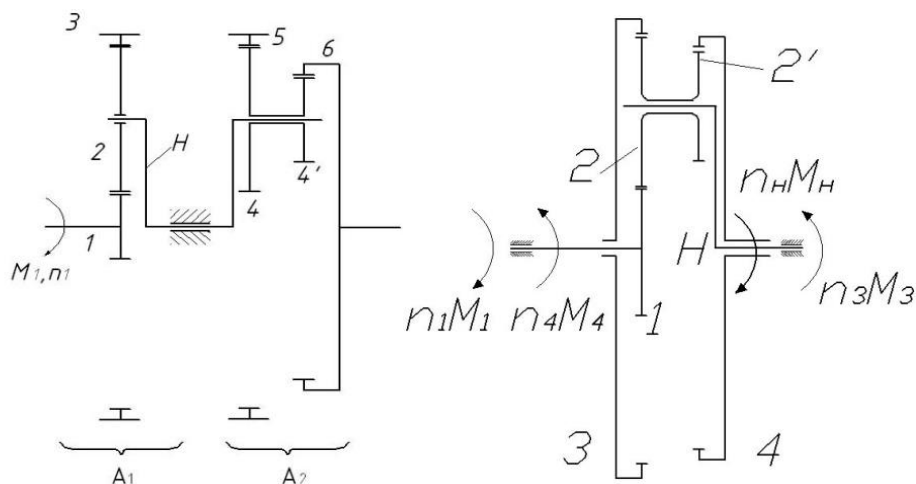


Рис. 1

Рис. 2

Данная схема имеет меньшее число зубчатых колес, уравнение передаточного числа для нее будет иметь вид:

$$i_{14} = i_{1H}^3 \cdot i_{4H}^3 .$$

Рассматривая данную схему, следует иметь в виду, что при торможении колеса 4 ведомым будет колесо 3, и тогда уравнение передаточного числа будет иметь вид:

$$i_{13} = i_{1H}^4 \cdot i_{3H}^4 .$$

Используя кинематическую схему, при которой в планетарный ряд включаются паразитные шестерни, возможно преобразовать конструктивные схемы и расширить диапазон передаточных чисел. Так, например, известный и получивший широкое распространение единичный дифференциал с коническими колесами, нашедший повсеместное применение в конструкции ведущих мостов автомобилей (рис. 3, а), реализуется при использовании паразитных шестерен в планетарном ряду в единичный дифференциал с цилиндрическими колесами (рис. 3, б).

Использование паразитного планетарного ряда позволяет реализовать конструктивную схему с внешним зацеплением для дифференциальных

механизмов как с отрицательным, так и с положительным значениями передаточного числа, например (рис. 4 а, б):

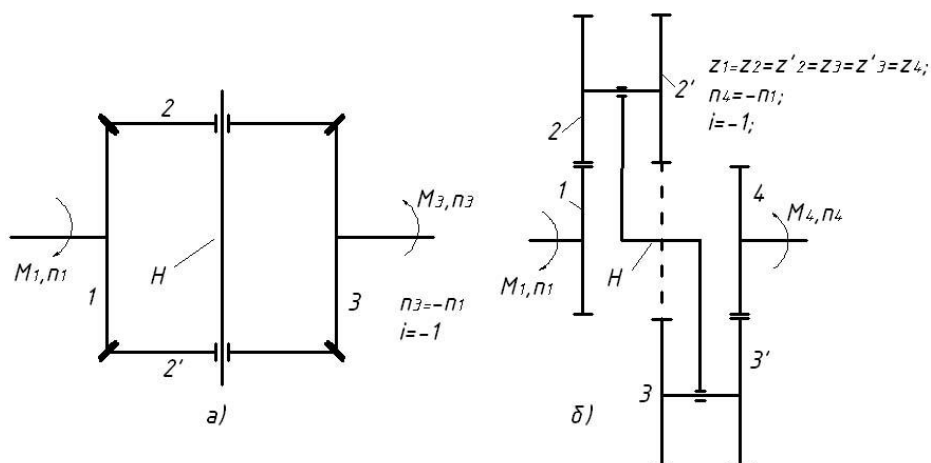


Рис. 3

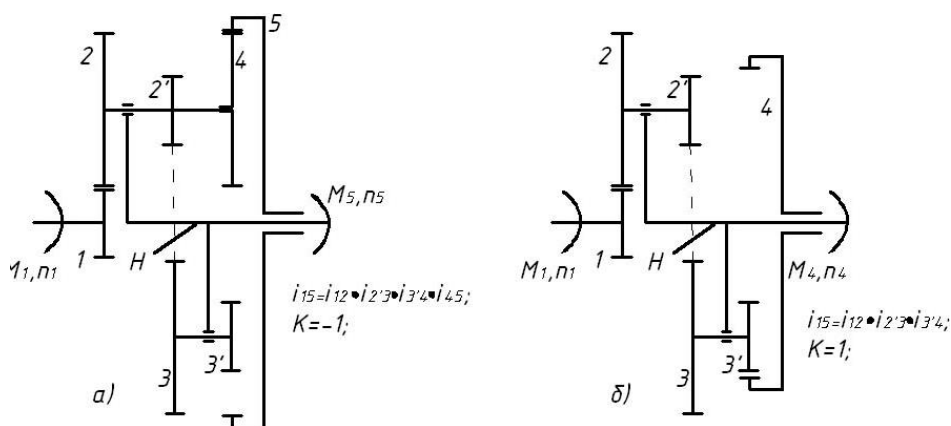


Рис. 4

Таким же образом может быть реализован дифференциальный механизм с отрицательным значением передаточного числа, составленный из цилиндрических колес с внешним зацеплением (рис. 5).

Аналогичным образом может быть трансформирован дифференциальный механизм с ведущим водилом (рис. 6).

Достаточно широкое распространение получил дифференциальный механизм с паразитными шестернями в планетарном ряду для использования отбора мощности по двум кинематическим цепям (механизм Ле-Пельтье). Так, например, он имеет основное применение в кинематических схемах автоматических коробок фирмы ZF (рис. 7).

Отбор мощности осуществляется при заторможенном звене 4 от водила H, при заторможенном H от звена 4 или звена 2.

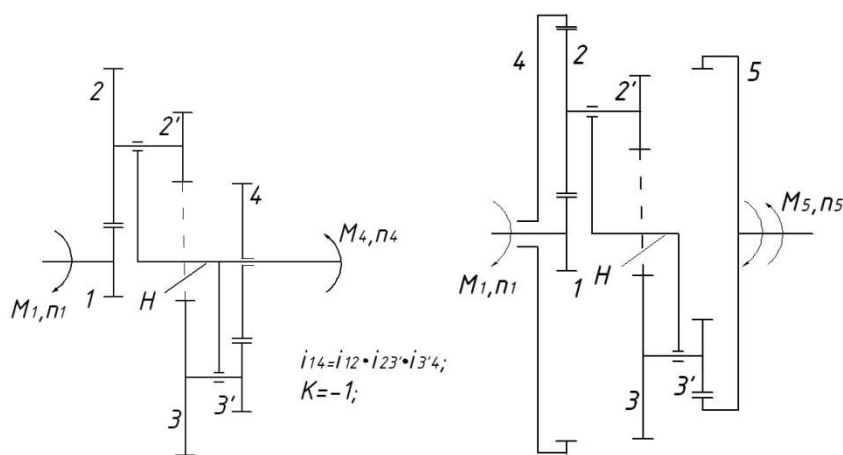


Рис. 5

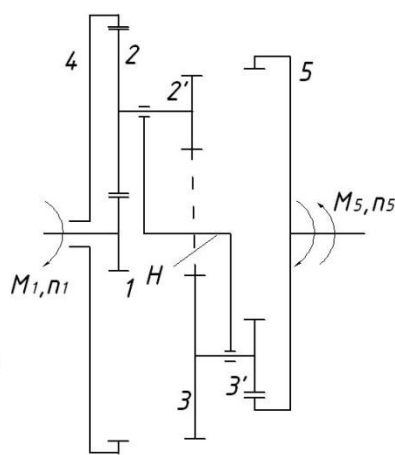


Рис. 6

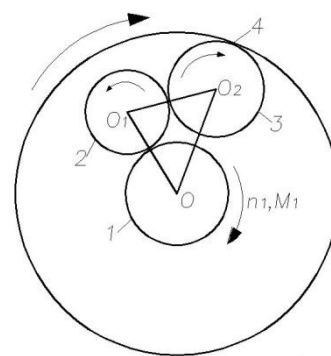


Рис. 7

### Заключение

Несмотря на разнообразие и особенности каждой из типовых схем дифференциальных механизмов, им присущи и общие особенности:

1. Дифференциальный механизм при равных угловых скоростях его звеньев обладает способностью автоблокировки.

2. Дифференциальные механизмы способны как разветвлять поток мощности на 2 параллельных потока, так и складывать их.

3. Дифференциальные механизмы могут складывать поток мощности от одного или двух источников внешней мощности дополнительно к основному двигателю.

4. Разность моментов на ведомых звеньях дифференциального механизма при торможении одного из них всегда равна величине момента на входном валу.

5. Кинематические связи между ведомыми звеньями дифференциального механизма могут быть как геометрическими стационарными, так и динамическими, которые проявляются в движении механизма при наличии нагрузки.

6. Дифференциальный механизм в общем случае имеет более высокое значение КПД по сравнению с рядными передачами.

7. Дифференциальные механизмы имеют более компактные габариты при передаче в том числе и больших мощностей.

8. Дифференциальные передачи и их элементы требуют более высокой точности изготовления и в общем случае более современную технологию и культуру производства.

### Список литературы

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1988. – 640 с.

2. Кожевников С.Н. Теория механизмов и машин. – М.: Машиностроение, 1969. – 584 с.

3. Мавлеев И.Р., Волошко В.В., Гончаров М.Н., Тумреев В.Ю. Дифференциальные механизмы и их особенности. Проектирование и исследование технических систем // Межвузовский сборник, КамПИ, 2005. №6, С. 167-178.

4. Салахов И.И., Волошко В.В., Мавлеев И.Р. Дифференциальный гидромеханический вариатор с динамической связью. Сборник трудов 77-й Международной конференции ААИ «Автомобиле – и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров», МГТУ МАМИ, 2012. С. 159-168.

## **О РЕВОЛЬВЕРНЫХ ГОЛОВКАХ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ПРИВОДОМ ВРАЩЕНИЯ ОСЕВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ**

А.В. Попов (студент 4-го курса);

Б.Е. Пини (научный руководитель, к.т.н., доцент)

*Московский государственный машиностроительный  
университет (МАМИ),*

*[assi@mami.ru](mailto:assi@mami.ru); (495) 223-05-23, доб. 1451*

Ключевые слова: револьверная головка, качество обработки, осевые инструменты, приводы вращения, зубчатое колесо.

Аннотация. Дополнительное вращение инструментов в револьверных головках токарных станков осуществляется при использовании устройств со сложной кинематикой, поэтому предложена и рассматривается более простая и надёжная конструкция привода вращения осевых инструментов для револьверных головок токарных станков.

Токарные станки в машиностроении всегда играли существенную роль при изготовлении разнообразных деталей. Высоко квалифицированные токари выполняли на них разнообразные, подчас даже не свойственные для токарных станков операции, при этом качество обработки и его стабильность напрямую зависели от их квалификации [1]. Появление станков с ЧПУ позволило уйти от влияния субъективного фактора, определявшего качество обработки в зависимости от квалификации рабочего, и создало условия для высокой степени повторяемости качественных показателей при изготовлении, в том числе точных, деталей. Современные токарные станки с ЧПУ, обладающие высокой степенью универсальности и гибкости при изготовлении разнообразных по конструкции деталей, способны обеспечивать высокую точность и качество поверхности с минимальным разбросом допусков при изготовлении партий одинаковых деталей. При этом, как правило, эти станки имеют продольное и поперечное управляемые перемещения суппорта с револьверной головкой и управляемое вращательное движение шпинделя станка. Наличие револьверных головок и быстрой смены режущих инструментов, устанавливаемых в них, позволяет выполнять достаточно большой объем токарных работ с высокой производительностью, и поэтому, по нашему мнению, такие станки можно отнести к производственным станкам.

У производственных токарных станков количество гнезд в револьверных головках для размещения режущих инструментов, как правило, составляет 6-8 позиций, но может достигать 10, 12 и более. Увеличение количества рабочих позиций в револьверных головках вызывает увеличение габаритных размеров и оказывает влияние на надёжность их работы. Кроме того, процессы изготовления деталей позволяют, как правило, не увеличивать количество инструментов свыше 6-8 единиц, но при этом часто требуется в дальнейшем выполнять на деталях сверлильные и фрезерные работы. Значительное расширение технологических возможностей токарных станков при минимальном увеличении их стоимости обеспечивает использование револьверных головок, в которых применяются осевые инструменты (сверла, развёртки, метчики, концевые фрезы и т.д.), при сообщении им дополнительного вращения. В результате появляется возможность выполнять различные виды обработки этими инструментами как в направлении, параллельном оси детали, так и в направлении, перпендикулярном к её оси. Становится возможным в пределах одного цикла обработки осуществить сверление отверстий во фланцах деталей, фрезерование, в том числе по сложному контуру, и т.д. по двум вышеуказанным направлениям. Дополнительное вращение инструментов можно отнести к вспомогательному движению, аналогичному повороту револьверной головки при смене инструмента. Однако оно вызывает необходимость в использовании специальных механизмов для осуществления дополнительного привода вращения осевых инструментов.

Конструкции револьверных головок с дополнительным приводом вращения осевых инструментов известны довольно давно [2]. Главным отличием револьверных головок с приводом вращения осевых инструментов друг от друга является использование одного или двух электроприводов для выполнения необходимых рабочих движений в револьверной головке. В ряде разработок, выполненных, в частности, Рязанским специальным конструкторским бюро станкостроения, используется один электродвигатель с регулируемой скоростью вращения, обеспечивающий как поворот револьверной головки для смены инструмента, так и привод вращения осевого инструмента, выводимого на рабочую позицию. В результате за счёт уменьшения количества приводов и элементов управления этими приводами обеспечивается повышение надёжности её работы.

Конструкции револьверных головок зарубежных разработчиков имеют обычно два электропривода и снабжены муфтами соединения хвостовиков оправок с осевыми инструментами с элементами приводов вращения (рис. 1).

Имеются зарубежные конструкции револьверных головок, в которых привод вращения осевых инструментов осуществляется от отдельного двигателя через карданный вал и специальную муфту. Такие конструкции работоспособны лишь за счёт высокого качества изготовления и требуют соответствующего качества обслуживания.

В ряде современных токарных станков применяются гидрофицированные револьверные головки. Кинематическая схема такой головки показана на рис. 2.

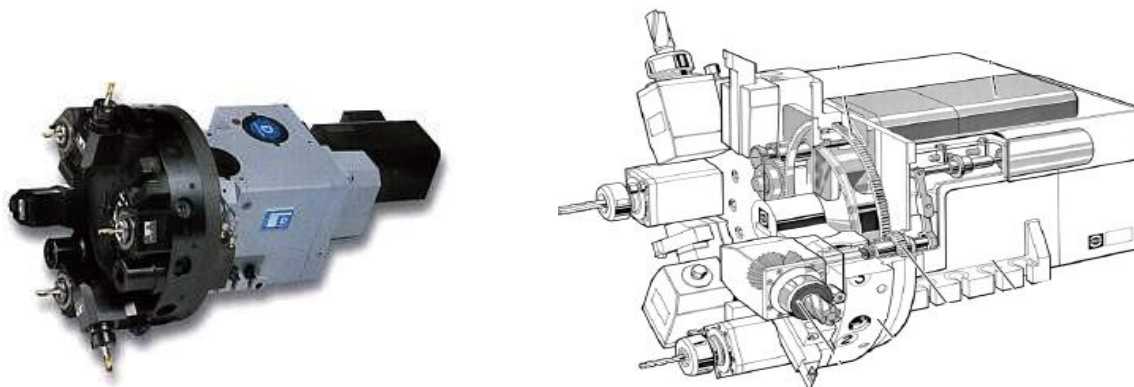


Рис. 1

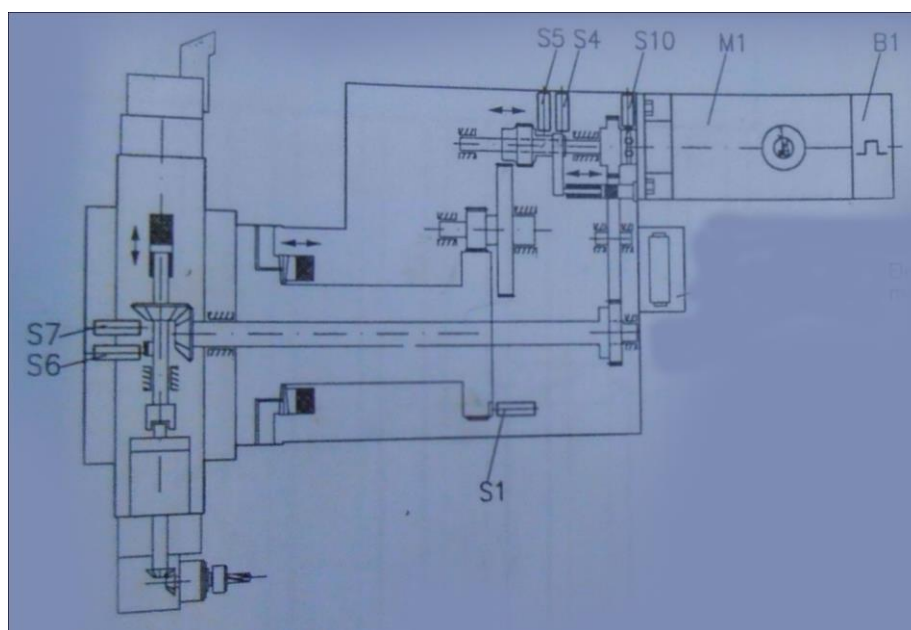


Рис. 2

Из её рассмотрения видно, что кинематика приводов вращения упрощена, однако появился ряд устройств, требующих подвода масла к исполнительным механизмам, в частности к цилиндру для перемещения устройства для сообщения вращения осевому инструменту.

Несмотря на конструктивные отличия, можно говорить о том, что все револьверные головки с приводом вращения осевых инструментов имеют достаточно сложную кинематику с большим числом точных деталей или гидравлические устройства с рядом гидроцилиндров и системой подачи масла к ним. Следовательно, подобные револьверные головки имеют достаточно высокую стоимость. Такое положение является поводом для разработки более простой кинематики привода вращения осевых инструментов с целью соответствующего снижения стоимости таких головок [3]. В Московском

машиностроительном университете получен патент на полезную модель RU 125107 U1 с приоритетом от 07.09.2012 г. (авторы Максимов Ю.В, Пини Б.Е., Лебедев П.А., Глыбина И.Ю.), в которой привод вращения осевых инструментов отличается простотой и удобством обслуживания. Это обеспечено за счёт выноса привода вращения инструментов за пределы корпуса револьверной головки. Предлагаемая конструкция выполнена следующим образом.

Конструкция револьверной головки (рис. 3) имеет корпус 1 с присоединенным к нему инструментальным диском 2, предназначенным для размещения на нём специальной оснастки с инструментами 6 и 7, имеющих возможность вращения, а также невращающихся инструментов, которые на рисунке не показаны. Невращающиеся инструменты устанавливаются в обычных стандартных резцедержателях. Инструменты, которым сообщается вращение, закреплены в цанговых оправках 4 и 5. На оправках 3 и 4 смонтированы конические зубчатые колёса 8 и 9 привода вращения радиально установленного инструмента, а на хвостовых частях цанговых оправок 3 и 5 размещены цилиндрические зубчатые колёса 11, входящие в зацепление с зубчатым колесом 11, установленным на выходном валу электродвигателя 12, который смонтирован на внешней стороне корпуса 1 револьверной головки.

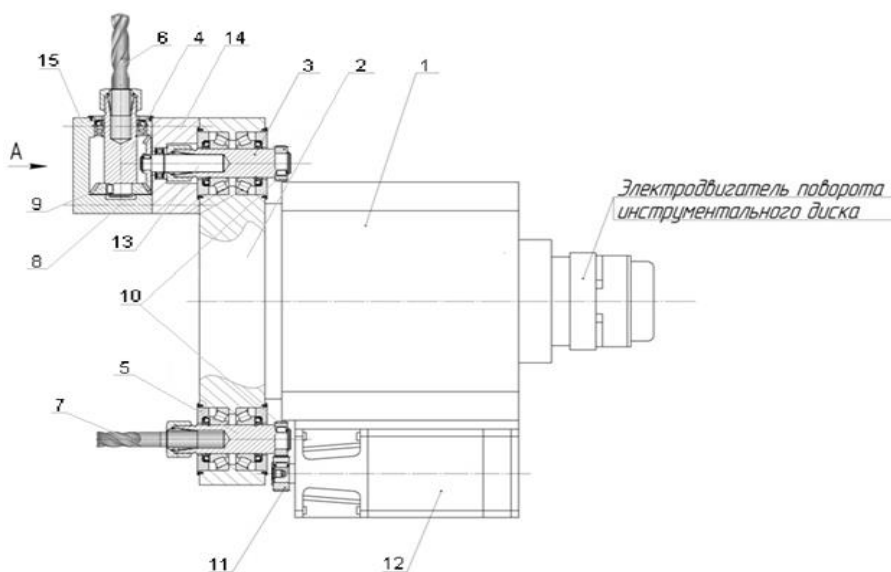


Рис. 3

Для привода вращения осевых инструментов используется асинхронный двигатель с частотным регулированием чисел оборотов.

Все используемые оправки имеют ступенчатую форму, для закрепления которых используются цанговые патроны. Они позволяют закреплять как осевые инструменты, так и оправку с коническим колесом привода вращения инструментов (см. позицию 8). Цанговые оправки, установленные в гнездах револьверного диска 2, смонтированы на радиально упорных подшипниках, которые могут быть радиально-упорными шариковыми или, для повышенных

осевых нагрузок, роликовыми. Для радиально работающих инструментов используются специальный корпус 15, также имеющий подшипники для установки цанговой оправки. Этот корпус прикрепляется болтами через промежуточный корпус 14 непосредственно к поворотному диску револьверной головки. Подшипники в гнездах револьверной головки, используемые для установки цанговой оправки 3 и 5, закрыты крышками с манжетами.

Для установки конического зубчатого колеса 8 используется левая наименьшая по диаметру шейка трёхступенчатого валика 13, закрепляемого в цанговой оправке 3. Затем производится монтаж промежуточного корпуса 15 и закрепление зубчатого колеса 9 на шейке цанговой оправки с инструментом 6, предназначенным для обработки детали в радиальном направлении. Инструмент, предназначенный для обработки детали в осевом направлении, закреплен в цанговой оправке 5.

Работа предлагаемого устройства осуществляется следующим образом.

По команде от системы ЧПУ станка с помощью механизмов, размещённых в корпусе 1 револьверной головки, осуществляется расфиксация инструментального диска и его поворот на необходимый угол с введением зубчатого колёса 11, установленного на цанговой оправке 12, в зацепление с зубчатым колесом 13, закреплённым на валу, регулируемом по числу оборотов, двигателя 14. Для более лёгкого входа в зацепление зубчатых колёс вала двигателя 11 и зубчатого колеса оправки с осевым инструментом 10, зубчатое колесо на валу электродвигателя вращается с числом оборотов, равным 50-60 об/мин. После фиксации инструментального диска 2 в рабочем положении включается предусмотренное программой обработки число оборотов вала электродвигателя, соответствующее намеченному по технологическому процессу.

Вал электродвигателя с зубчатым колесом и зубчатое колесо оправки с осевым инструментом целесообразно для обеспечения техники безопасности закрыть кожухом, что представляется несложным процессом.

В результате упрощения кинематики привода вращения осевого инструмента и исключения муфты включения их вращения стоимость предлагаемой конструкции уменьшается и повышается надёжность её работы.

Для дальнейшего упрощения механизмов револьверных головок и их удешевления в Университете машиностроения проводится разработка новой конструкции револьверной головки с перспективой её патентования.

#### Список литературы

1. Технологические процессы в машиностроении С.Г. Ярушин. Издательство: Юрайт. 2011. 564 с.
2. Сайт ФИПС.
3. Лукина С.В., Крутякова М.В., Соловьёва Н.П. Обеспечение конкурентоспособности металлорежущего оборудования путем управления его качеством и себестоимостью на этапах НИОКР (на примере токарных станков). М.: МГТУ «МАМИ», 2011. 108 с.



## ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ЛОБОВОГО ШЛИФОВАНИЯ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

О.П. Решетникова, А.В. Королев  
*Саратовский государственный технический  
университет им. Ю.А. Гагарина*

В статье рассматривается новая перспективная технология шлифования колец упорных подшипников торцом чашечного шлифовального круга. Приведены результаты проведенных экспериментальных исследований, описано влияние режимов обработки на геометрические параметры дорожек качения упорных подшипников.

В существующих условиях конкуренции на рынке подшипников качения становится наиболее важным обеспечение производства высококачественных изделий с минимальными производственными затратами. В связи с непрерывным ростом требований к точности и качеству деталей и машин и металлообработке все большее развитие получают различные методы шлифования.

Упорные подшипники занимают значительную часть на рынке. Их в большом количестве используют в различных узлах автомобилей, тракторов, комбайнов и др. К числу подшипников, создающих наибольшие проблемы в эксплуатации, относится упорный подшипник верхней опоры передней стойки легковых автомобилей как отечественного производства («Калина», «Приора», «Гранта»), так и зарубежного («Renault», «Ford», «Volkswagen» и др.). Однако подшипники, производимые в России, не обеспечивают требуемых показателей качества, являясь при этом достаточно дорогими.

Особую сложность представляет собой шлифование торцовых фасонных поверхностей, таких как дорожки качения упорных подшипников. Обычно такие поверхности шлифуются периферией шлифовального круга дисковой формы [1]. Для получения требуемой точности шлифование этих поверхностей осуществляется кругом малого диаметра, что приводит к повышенному его износу, необходимости правки после каждой обработанной детали и к частой замене шлифовального круга. Это резко снижает производительность обработки.

На кафедре «Технология машиностроения» СГТУ имени Гагарина Ю.А. разработан перспективный способ шлифования фасонных поверхностей типа дорожек качения колец упорных подшипников торцом чашечного шлифовального круга (патент №2482952) [2, 3].

Способ лобового шлифования – способ шлифования фасонных торцовых поверхностей деталей торцом чашечного шлифовального круга методом копирования при его осевом врезании в обрабатываемую поверхность.

Сущность способа можно отразить в следующей схеме (рис. 1). Ось вращения кольца упорного подшипника 4 устанавливают под острым углом  $\alpha$  к направлению подачи шлифовального круга 1, а ось шлифовального круга 1 устанавливают вдоль направления подачи  $S$  круга. Шлифовальный круг подвергают правке, в результате которой придают его рабочей поверхности

тороидальную форму профиля 3, которая является зеркальным отражением формы профиля, которую требуется получить на обрабатываемой поверхности детали.

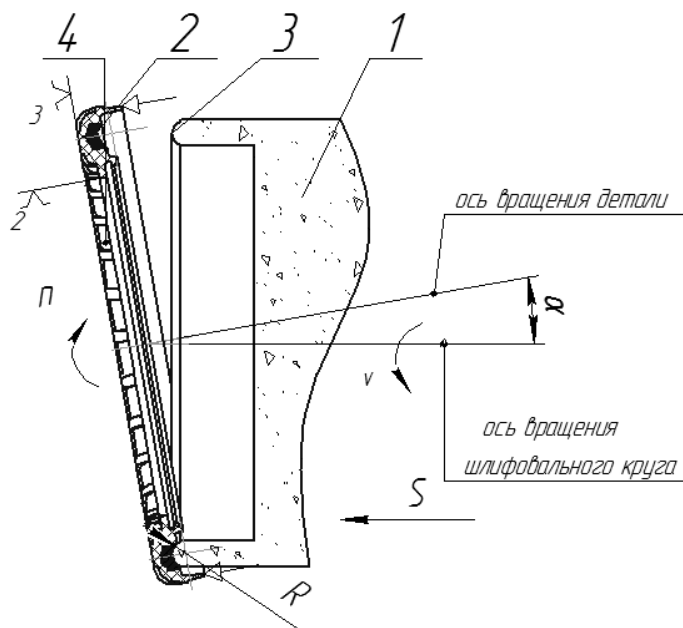


Рис. 1. Схема лобового шлифования дорожек качения колец упорных подшипников

В процессе шлифования деталь 4 и шлифовальный круг 1 вращают в противоположных направлениях, осуществляют быстрый подвод шлифовального круга к обрабатываемой поверхности, а затем осуществляют врезание рабочей поверхности круга в поверхность детали с рабочей подачей  $S$ , обеспечивающей заданный размер. После достижения заданного размера детали шлифовальный круг отводят в исходное положение.

Угол  $\alpha$  устанавливают таким образом, чтобы каждая режущая кромка абразивного инструмента в процессе вращения шлифовального круга периодически входила и выходила из контакта с обрабатываемой поверхностью 2 детали 4. Это обеспечивает очистку рабочей поверхности инструмента от стружки, способствует отводу тепла из зоны обработки и повышению производительности обработки.

Так как ось вращения шлифовального круга установлена в направлении подачи, то износ круга не влияет на диаметр шлифуемой поверхности, что обеспечивает высокую точность обработки и возможность осуществления правки шлифовального круга после обработки нескольких деталей.

Ось шлифовального круга устанавливалась вдоль направления его подачи, а обрабатываемая деталь закреплялась в патрон бабки изделия под углом  $\alpha = 5-8^\circ$  градусов к этому направлению. Выбор такого диапазона угла разворота оси детали обеспечивает, с одной стороны, хорошую очистку шлифовального круга от стружки и шлама, а с другой стороны, обеспечивает высокую точность формирования тороидального профиля детали, идентичную форме профиля рабочей поверхности шлифовального круга.

По сравнению с дисковым шлифовальным кругом чашечный круг имеет значительно больший размер рабочей поверхности, в результате чего снижается его износ и появляется возможность правки круга после обработки нескольких деталей. Шлифовальный круг работает длительное время без замены.

В ходе проведения экспериментальных исследований была подтверждена эффективность применения данного способа, а также получены математические модели, устанавливающие связь получаемых геометрических параметров с режимами обработки. В качестве объекта исследований использовались кольца подшипников 1118-2902840-04 (рис. 2).



Рис. 2. Подшипники 1118-2902840-04

Подшипник предназначен для восприятия радиальных и осевых нагрузок в верхней опоре стойки передней подвески автомобилей семейства ВАЗ, моделей «Калина», «Приора» и «Гранта».

С целью проведения экспериментальных исследований процесса шлифования дорожек качения упорных подшипников был модернизирован станок модели ТПК-125 М.

В качестве шлифовального круга использовался шашечный шлифовальный круг размером 82x72x20 мм на керамической связке 24А60М3К7. Обработку осуществляли за один рабочий ход. Фактически удаленный слой материала (припуск) составил 0,2 мм. Шлифование ведется с применением смазочно-охлаждающей жидкости 3% раствор НГЛ 205 в воде.

Для получения математической модели процесса шлифования дорожек качения упорных подшипников использовали метод полного факторного эксперимента  $2^4$ .

Регулируемыми количественными факторами являлись подача шлифовального круга  $S$ , время выхаживания шлифовального круга  $t$ , частота вращения заготовки  $n$  при обработке колец подшипников и окружная скорость шлифовального круга  $v$ .

За параметры оптимизации приняли радиус дорожки качения  $R$  и толщину колец подшипников по дну канавки  $h$  и момент сопротивления вращению  $M$ .

В результате обработки экспериментальных исследований были получены следующие математические модели:

$$R = 2,46 \cdot S^{-0,015} \cdot v^{0,022} \cdot t^{-0,057}, \quad (1)$$

$$M = 18,28 \cdot S^{0,568} \cdot v^{-0,234} \cdot t^{0,107} \cdot n^{-0,24}, \quad (2)$$

$$h = 3,353 \cdot S^{0,013 \ln(n) - 0,04} \cdot v^{-0,016 \ln(S) - 0,012} \cdot t^{0,003 + 0,005 \ln(S)} \cdot n^{0,015}. \quad (3)$$

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Разработан новый перспективный способ шлифования дорожек качения упорных подшипников.

2. Спроектирована специальная экспериментальная установка для шлифования дорожек качения колец подшипников.

3. Разработана методика полного факторного эксперимента  $2^4$ , позволяющего провести исследования на двух уровнях исследуемых факторов и тем самым снизить трудоемкость экспериментальных исследований, а также выявить влияние каждого из исследуемых факторов.

4. Статистическая обработка результатов исследований обеспечила возможность выявить искомые математические зависимости. Математические модели адекватны с 95% вероятностью.

#### Список литературы

1. Королев, А.В. Теоретико-вероятностные основы абразивной обработки: в 3 ч. Ч. 2: Взаимодействие инструмента и заготовки при абразивной обработке / А.В. Королев, Ю.К. Новоселов; под ред. С.Г. Редько. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1987. 154 с.

2. Исследование влияния режимов шлифования на геометрические параметры колец упорных подшипников / О.П. Решетникова, А.В. Королев, А.Г. Мирошкин, М.М. Журавлев // Вестник Донского государственного технического университета. 2012. №5 (66). С. 56-61.

3. Решетникова, О.П. Экспериментальные исследования способа торцового шлифования дорожек качения колец упорных подшипников / О.П. Решетникова // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. №3 (58). С. 125-129.

### **АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТРАНСМИССИЯ С ДИНАМИЧЕСКИМИ СВЯЗЯМИ**

Е.В. Розов, И.Г. Мухаметшин, Л.В. Мельников

*Набережночелнинский институт (филиал)*

*Приволжского Казанского государственного университета*

Всё более популярными становятся трансмиссии на базе вариаторов, которые обеспечивают бесступенчатое регулирование вращающего момента на выходном валу силового агрегата в зависимости от изменяющейся в процессе его движения нагрузки, максимальный комфорт и безопасность. Главное

преимущество вариаторов заключается в том, что передаточное отношение изменяется плавно, что позволяет идеально согласовывать динамику движения автомобиля с режимами работы двигателя. Наибольшее распространение в трансмиссиях автомобилей в качестве бесступенчатых передач получили фрикционные передачи. Однако существенным недостатком почти всех типов фрикционных передач являются:

- передача тангенциальных (касательных) усилий;
- передача вращающего момента ограниченным участком поверхности (линией, а иногда и точкой), что вызывает повышенные контактные напряжения;
- необходимость создания больших прижимных усилий для предотвращения проскальзывания поверхностей относительно друг друга, что обуславливает большое давление на опоры, вызывает значительные потери в подшипниках и уменьшает срок службы основных рабочих деталей;
- необходимость отбора мощности для привода масляного насоса привода элементов управления.

Общим недостатком для всех существующих автоматических трансмиссий являются ограниченный диапазон регулирования, сложность конструкции, обусловленная применением дорогостоящего и сложного регулируемого гидропривода и системы автоматического управления. Эти обстоятельства заставляют искать конструкторов оригинальные решения.

Очевидно, что работы, связанные с устранением этих недостатков, должны быть связаны с созданием принципиально новых схем с целью их практической реализации, которые обеспечивали бы:

- автоматическую бесступенчатую трансформацию вращающего момента, развиваемого двигателем, пропорционально величине внешней нагрузки;
- коэффициент трансформации вращающего момента, развиваемого двигателем, перекрывающий весь диапазон изменения внешней нагрузки как для легковых, так и для грузовых автомобилей;
- исключение из состава конструкции какой-либо системы управления.

Задачами, на решение которых направлены изобретения, являются увеличение максимального значения передаваемого трансформированного вращающего момента, повышение КПД, уменьшение габаритных размеров, обеспечение автоматического, без использования систем управления, регулирования вращающего момента на выходном валу в зависимости от изменения внешней нагрузки и диапазоне регулирования вариатора

$$i_{\text{var}} = \frac{1}{i_{\text{зад}}} \div 1,$$

где  $i_{\text{var}}$  – передаточное отношение вариатора;  $i_{\text{зад}}$  – заданное передаточное отношение.

Дифференциальный гидромеханический вариатор состоит из двух последовательно соединенных дифференциальных ступеней (рис. 1). Дифференциальная ступень, входной вал которой связан с двигателем и является входным валом вариатора, представляет собой механический

дифференциальный механизм, внутреннее передаточное число которого может иметь различные значения.

Вторая дифференциальная ступень представляет собой гидромеханический дифференциальный преобразователь, имеющий два планетарных ряда, один из которых образован кинематическими звеньями многостеренного гидронасоса, состоящего из коронного колеса соединенного внутренним зацеплением с сателлитами, а второй – кинематическими звеньями многостеренного гидромотора с двухвенцовыми сателлитами, шестерни внутреннего зацепления которых связаны с коронным колесом, а наружного зацепления с центральной солнечной шестерней. Входным валом гидронасоса является коронное колесо первого планетарного ряда, направление вращения которого совпадает с направлением вращения входного вала вариатора, а выходным валом гидромотора является центральная солнечная шестерня второго планетарного ряда. Оси сателлитов первой дифференциальной ступени и гидромеханического дифференциального преобразователя установлены в общем корпусе-роторе. Корпус-ротор установлен на подшипниках в картере вариатора и служит для обеих дифференциальных ступеней общим водилом, на котором установлена муфта свободного хода. Кроме механической связи, обусловленной наличием общего водила, между планетарными рядами гидромеханического дифференциального преобразователя действует динамическая гидравлическая связь, в контур которой установлены автоматический перепускной и регулируемый клапаны.

Принцип работы высокомоментного гидромеханического дифференциального вариатора основан на равенстве взаимодействия противоположно направленных по отношению друг к другу моментов, создаваемых на водиле в результате действия внутренних сил дифференциальных ступеней и автоматическом изменении давления  $p$  и расхода рабочей жидкости  $Q$  через гидронасос и гидромотор, который происходит в результате изменения относительных скоростей звеньев дифференциальных ступеней при изменении скорости выходного вала по отношению к постоянной скорости входного вала.

При этом происходит перераспределение потоков мощности по гидравлическому и механическому контуру и при  $n_{II} = n_I$  вся мощность передается по механическому контуру.

По сравнению с прототипом автоматическое бесступенчатое регулирование кинематических и силовых параметров осуществляется при полном отсутствии какой-либо системы управления, достигается простота вариантов конструкции.

Повышение коэффициента полезного действия происходит за счет уменьшения гидрообъемных потерь, ввиду отсутствия местных сопротивлений в органах управления, малых значений длины потока и скорости движения рабочей жидкости в нем.

Свойство обратимости роторных гидромашин при действии нагрузки со стороны выходного вала обеспечивает возможность торможения двигателем.

Демпфирующие свойства гидравлического контура обуславливают бесшумность работы, плавность хода и постоянство тягового усилия на ведущих колесах.

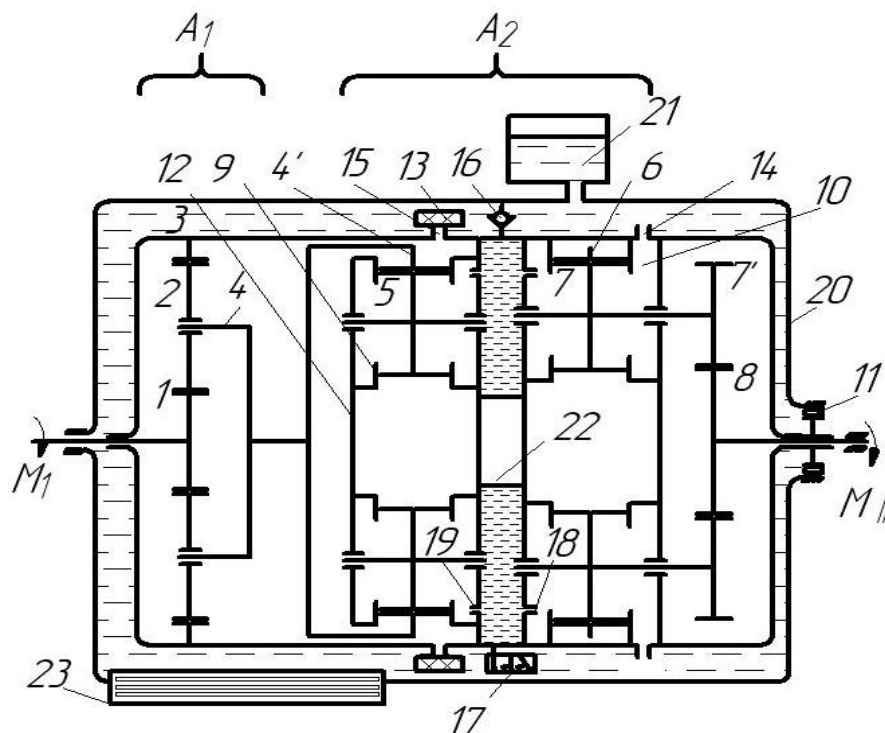


Рис. 1. Кинематическая схема гидромеханического дифференциального вариатора:

$A_1$  – механический дифференциальный механизм;  $A_2$  – гидромеханический дифференциальный преобразователь; 1 – входное звено дифференциального механизма, оно же входной вал вариатора; 2 – сателлиты; 3 – коронное колесо дифференциального механизма  $A_1$ ; 4 – водило дифференциального механизма  $A_1$ , оно же входное звено гидромеханического дифференциального преобразователя; 4' – ведущее коронное колесо гидронасоса; 5 – сателлиты гидронасоса; 6 – коронное колесо гидромотора; 7-7' – двухвенцовый сателлит; 8 – центральная солнечная вал-шестерня; 9 – гидронасос; 10 – гидромотор; 11 – муфта свободного хода; 12 – водило (корпус-ротор) вариатора; 13 – фильтр; 14 и 19 – соответственно выпускные окна гидромотора и гидронасоса; 15 и 18 – соответственно впускные окна гидромотора и гидронасоса; 16 – автоматический перепускной клапан; 17 – управляемый клапан; 20 – картер вариатора; 21 – расширительный бачок; 22 – кольцевой канал; 23 – теплообменник

Муфта свободного хода, установленная на валу водила, и автоматический перепускной клапан в гидравлическом контуре защищают двигатель в режиме разгона и «стоп режиме» от перегрузок.

Сравнительный анализ состава конструкций автоматических коробок передач, клиноцепных и торроидных вариаторов, выпускаемых современной автомобильной промышленностью разных стран, показывает высокую степень конструкторско-технологической преемственности по отношению к существующему производству зубчатых передач и гидромашин, высокую

степень унификации, значительно меньшую стоимости материалов и трудозатрат и, соответственно, гораздо более низкую стоимость.

В автомобилестроении высокомоментные дифференциальные гидромеханические вариаторы, используемые в качестве автоматических трансмиссий грузовых автомобилей, при совместной работе с двигателем позволяют работать в области режима равных мощностей, что приводит к оптимальной степени использования мощности и, соответственно, к значительному уменьшению расхода топлива.

#### Список литературы

1. Волошко В.В., Мавлеев И.Р. Автоматические трансмиссии с динамическими связями на базе дифференциальных гидромеханических вариаторов // Справочник. Инженерный журнал. – 2012. – №9. С. 50-55.
2. Патент №2298125 (РФ). Дифференциальный гидромеханический вариатор / Волошко В.В., Мавлеев И.Р. Бюллетень изобретений, 2007, №12.
3. Патент №2347966 (РФ). Высокомоментный дифференциальный гидромеханический вариатор / В.В. Волошко, И.Р. Мавлеев / Бюллетень изобретений, 2009, №6.

### **ПОРТАТИВНЫЙ ПЛАЗМОТРОН ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ**

Т.Г. Светлова, А.В. Балашов, В.А. Фёдоров

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

Развитие современной техники характеризуется ужесточением условий эксплуатации узлов и деталей машин, что обуславливает необходимость повышения физико-механических и эксплуатационных свойств конструкционных материалов. Ввиду высокой стоимости легирующих элементов использование объемно-легированных материалов становится все более нерациональным. К тому же, с увеличением содержания легирующих элементов прочность, твердость и износостойкость металла возрастают, однако вероятность хрупкого разрушения повышается. Во избежание этого необходимо создание материала, сочетающего прочную, износостойкую и твердую поверхность нанесенного покрытия с пластичной, вязкой и трещиностойкой основой. Это объясняет все возрастающий интерес к покрытиям, среди которых наиболее перспективными являются покрытия на основе полимерных порошковых композиций (ППК). Особую актуальность в этой связи приобретают исследования по совершенствованию оборудования для нанесения коррозионно-эрозийноустойчивых, защитно-декоративных и других видов покрытий.

При изготовлении деталей машин получил распространение метод плазменного напыления покрытий. Плазменное напыление осуществляется с помощью плазменной струи. Поток плазмы характеризуется следующими



показателями: температура в ядре – 20000...30000 К, скорость струи – 300...2000 м/с.

Процесс плазменного напыления осуществляют по схеме, представленной на рисунке 1, где  $h_l$  – расстояние от среза сопла до напыляемой поверхности;  $T_{\text{ч}}$  – температура частицы;  $T_{\text{п}}$  – температура подложки;  $q$  – тепловой поток, поступающий в подложку.

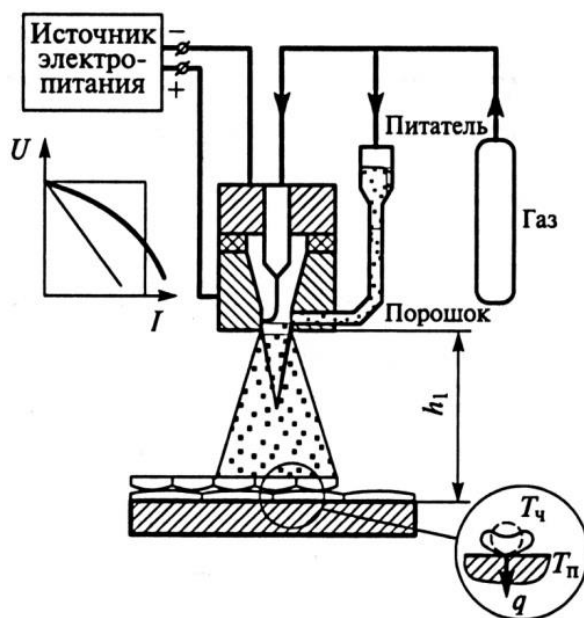


Рис. 1. Схема процесса плазменного напыления

Между водоохлаждаемыми катодом и анодом от источника электропитания зажигается электрическая сильноточная дуга. В зависимости от конструкции плазмотрона величину тока можно регулировать от 80 до 600 А. В дуговой промежутке подают плазмообразующий газ (аргон, азот, смесь Ar-N<sub>2</sub>, воздух и т.д.). При контакте с дугой газ нагревается и, ускоряясь, выходит из сопла в виде струи низкотемпературной плазмы. Температуру струи можно регулировать от  $2 \cdot 10^3$  до  $15 \cdot 10^3$  К. Скорость струи в зависимости от режима проведения процесса может изменяться от 200 до  $2 - 3 \cdot 10^3$  м/с. В струю от специального питателя подают порошок, который ускоряется, расплавляется и оседает на подложке, образуя покрытие. Варьируя параметрами напыления (величина тока, расход и состав плазмообразующего газа, размер частиц и их расход, дистанция напыления и т.д.), можно в довольно широких пределах изменять свойства покрытий.

Плазменное напыление реализуется с помощью плазмотронов.

Портативный плазмотрон для напыления и наплавки покрытий (рисунок 2) имеет корпус 1, в котором соосно установлены сопло-анод 2 и катододержатель 3 со стержневым центральным катодом 9 с активной вставкой 4. Корпус 1 соединен с резервуаром 5 для приема пара, заполненным пористым проницаемым материалом 6. Стержневой катододержатель 3 установлен с возможностью аксиального перемещения внутри влаго- и термостойкой

электроизоляционной трубки 7 при помощи коаксиально размещенных крепежно-контактных упругих элементов 17, которая, в свою очередь, при помощи коаксиально размещенных крепежно-контактных упругих элементов 16, помещена соосно в теплопроводную трубку-испаритель 8 с развитой наружной поверхностью в виде ребер, проходящую через резервуар 5 и входящую в корпус 1. Трубка-испаритель 8 внешней поверхностью контактирует с пористым проницаемым материалом 6, а на конце, обращенном в сторону сопла-анода, имеет отверстия 10, выходящие в разрядную камеру и тепловую трубу 12, контактирующую с соплом-анодом 2. Портативный плазмотрон для напыления и наплавки покрытий снабжен механизмом перемещения катодо-держателя, состоящим из установленного соосно ему мотора-редуктора 13 с покрытием из электроизоляционного материала, перемещающегося по резьбе относительно резервуара 5. Выходной вал 19 мотора-редуктора 13 выполнен с трапецеидальной резьбой, на которой установлен с возможностью свободного осевого перемещения катододержатель 3. Уплотнение зазора между катододержателем 3 и резервуар 5 выполнено резиновым кольцом 11 при помощи спиральной пружины 15. Наружная поверхность катододержателя 3 снабжена ребрами. Резервуар 5 для приема пара от парогенератора или другого источника имеет резьбовое отверстие 18. Подвод рабочего электрического напряжения от источника питания осуществляется с помощью проводов, проходящих под пластмассовой облицовкой 14 к электродам горелки. На корпусе 1 с помощью разъемного хомута 25 установлен кронштейн 26, к которому приварен питатель 20. На наружной резьбе питателя 20 установлен дозатор 24 с установленным на резьбе мотор-редуктором 21. На выходном валу мотор-редуктора 21 с помощью упругой муфты 22 закреплен шнек 23, винтовая часть которого размещена в выходном отверстии дозатора 24. Провода, подводящие электрическое напряжение к мотор-редукторам, собраны в единый жгут с проводами, подводящими напряжение, питающее дуговой разряд, и гибким трубопроводом подачи пара.

Основными отличительными особенностями сгенерированной конструкции плазмотрона по сравнению с плазмотроном, изображенным на рисунке 3, являются применение вынесенного за пределы плазменной горелки кондиционера водяного пара, способного длительное время (40-50 мин.) производить водяной пар под давлением  $0,5 \pm 0,02$  МПа, и установленного на тыльной ее части сервопривода катода автоматической поднастройкой по напряжению, что позволит в несколько раз повысить продолжительность стабильной работы и устранить операцию прогрева после кратковременного перерыва в работе.

Удобная регулируемая подвижная насадка позволяет вводить частицы напыляемого материала в необходимую область плазменной струи. Благодаря подвижной насадке появляется возможность регулирования пористости покрытий и прочности сцепления напыляемых частиц с основой.

Авторами разрабатывается портативный плазмотрон для напыления композиционных порошковых покрытий (рисунок 3).

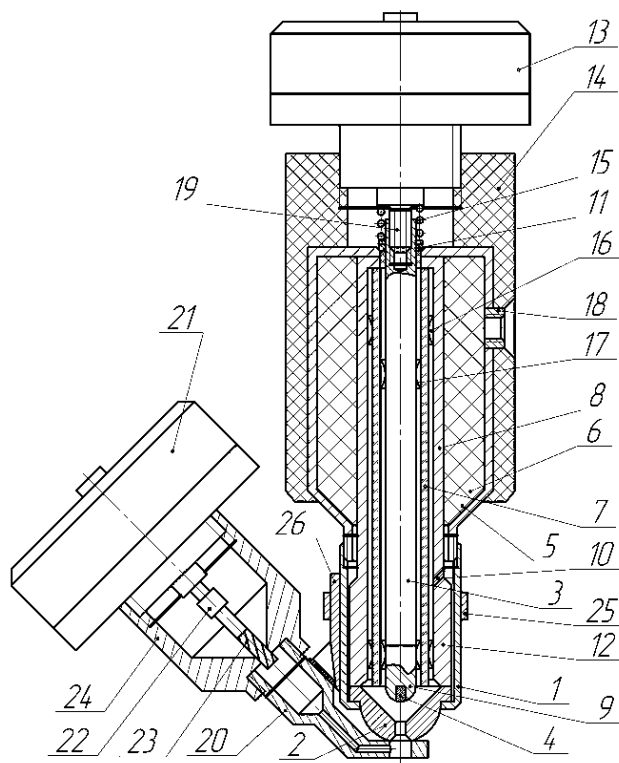


Рис. 2. Портативный плазмотрон

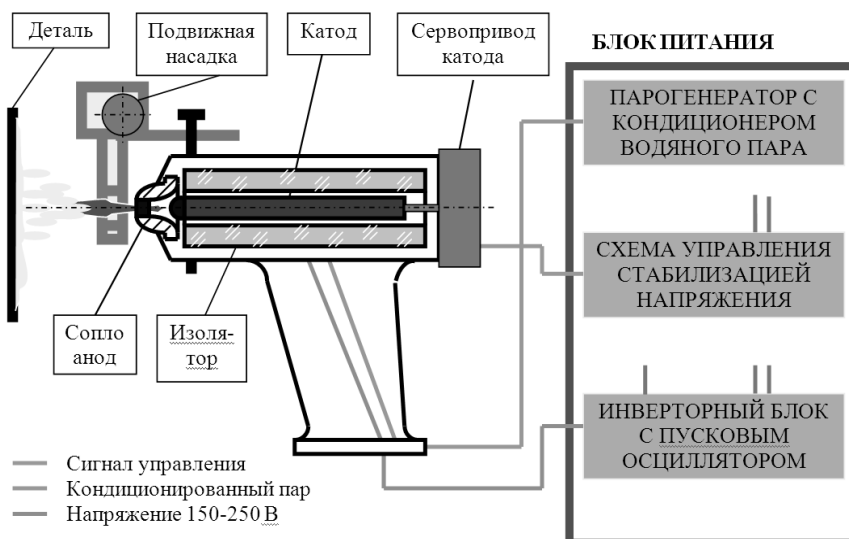


Рис. 3. Предлагаемое конструктивное решение портативного устройства для напыления порошковых покрытий

## ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СМАЗКИ НА ГЕОМЕТРИЧЕСКУЮ ТОЧНОСТЬ ВОЛОЧЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОМ С РЕГУЛЯРНОЙ МИКРОГЕОМЕТРИЕЙ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

В.М. Скоромнов, *к.т.н., доцент*; А.Н. Васин, *студент 5 курса*  
*Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ),*  
*кафедра «Автоматизированные станочные системы и инструменты»*

В работах [1] и [2] представлены результаты комплексных сравнительных исследований методов комбинированного волочения с иррегулярным (ИМР) и регулярным (РМР) микрорельефом воздействующей поверхности деформирующих фильер. При этом установлено, что чем меньше шаг и больше глубина канавок РМР, тем существеннее эффект по снижению усилия волочения и повышению качества обработки.

Для дальнейшего совершенствования указанной технологии волочения были проведены дополнительные исследования, в которых в качестве экспериментальных образцов-заготовок использовались цилиндрические штоки из стали марки 45 (твердость по Бринеллю  $1810\text{МПа}$ ), номинальной длиной  $200\text{мм}$ . Образцы-заготовки обрабатывались с фактической точностью размера до  $0,02\text{мм}$  и шероховатостью поверхности  $R_a = 0,144...0,384\text{мкм}$ .

В качестве обрабатывающего инструмента применялись соответствующие волокна (фильеры) с ИМР и РМР, изготовленные из стали марки 9ХС ( $HRC58...61$ ) с диаметром рабочего канала  $20^{+0,03}\text{мм}$ , углом рабочего и обратного конуса  $5^\circ$  и шириной калибрующей ленточки  $5\text{мм}$ . ИМР воздействующей поверхности волок формировался шлифованием с высотой максимального выступа  $H_{\text{max}} = 7...11\text{мкм}$ . РМР формировался на аналогичном ИМР алмазным выглаживателем радиусом  $1,5\text{мм}$  в виде однозаходных винтовых канавок с шагом  $Ш_k = 0,5\text{мм}$  и глубиной  $Г_k = 10\text{мкм}$ . Продольные профилограммы калибрующих ленточек фильер приведены на рис. 1. При этом нулевые параметры РМР ( $Г_k = Ш_k = 0$ ) условно соответствуют ИМР. Номинальный натяг пластического деформирования  $i_n$  варьировался в диапазоне  $0,1...0,5\text{мм}$  через интервал  $0,1\text{мм}$ .

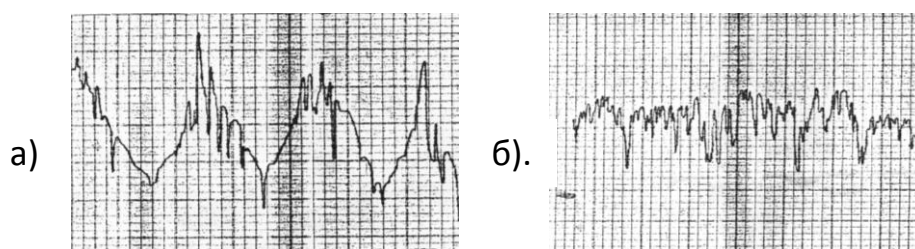


Рис. 1. Продольные профилограммы калибрующей ленточки фильер (вертикальное увеличение  $\times 4000$ , горизонтальное  $\times 40$ ):  
а) фильера с РМР; б) фильера с ИМР

Для сравнительной оценки влияния свойств смазочно-охлаждающей среды в качестве технологических смазок применялись: *жидкая смазка* в виде минерального масла марки *И – 40* и *пластичная смазка*, состоящая из смеси солидола и мелкодисперсного порошка дисульфида молибдена. Скорость волочения около  $1 \text{ м/мин}$ .

На рисунке 2 представлена обобщенная графическая зависимость удельного усилия волочения  $q_D$  от фактического натяга пластического деформирования  $i_\phi$ , вида технологической смазки, а также характера и параметров микрогеометрии воздействующей поверхности инструмента.

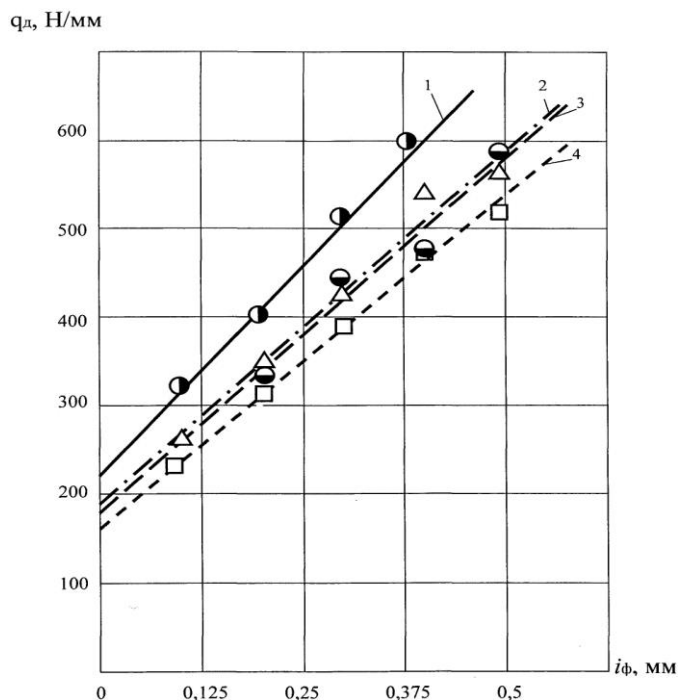


Рис. 2. Зависимость удельного усилия волочения от фактического натяга пластического деформирования, характера и параметров микрогеометрии воздействующей поверхности инструмента и вида технологической смазки:

- 1 –  $\Gamma_k = \text{Ш}_k = 0$ , смазка «И – 40»;
- 2 –  $\Gamma_k = 9,96 \text{ мкм}$ ,  $\text{Ш}_k = 0,5 \text{ мм}$ , смазка «И – 40»;
- 3 –  $\Gamma_k = \text{Ш}_k = 0$ , смазка «солидол + дисульфид молибдена»;
- 4 –  $\Gamma_k = 9,96 \text{ мкм}$ ,  $\text{Ш}_k = 0,5 \text{ мм}$ , смазка «солидол + дисульфид молибдена»

Аналитически графические зависимости могут быть представлены следующими выражениями ( $\text{Н/мм}$ ):

Пластичная смазка:

$$\begin{cases} q_D(\Gamma_k = \text{Ш}_k = 0) = 175,81 + 814,4 \cdot i_\phi \\ q_D(\Gamma_k = 10 \text{ мкм}, \text{Ш}_k = 0,5 \text{ мм}) = 157,5 + 755,5 \cdot i_\phi \end{cases}, \quad (1)$$

Жидкая смазка:

$$\begin{cases} q_D (\Gamma_k = Ш_k = 0) = 217,718 + 944,89 \cdot i_\phi \\ q_D (\Gamma_k = 10 \text{ мкм}, Ш_k = 0,5 \text{ мм}) = 185 + 798,8 \cdot i_\phi \end{cases}, \quad (2)$$

Как следует из сопоставления графических (рис. 2) и аналитических (системы (1) и (2)) силовых зависимостей, при использовании волоочильного инструмента с РМР и пластичных смазках, реализующих режим гидродинамического трения, возможно существенное (до 20%) уменьшение усилия обработки.

Как следует из опыта практики технологий волочения, при уменьшении усилия обработки на 10% стойкость инструмента повышается в среднем в 1,5 раза. Дополнительный эффект по стойкости, как это следует из опыта комбинированной обработки отверстий, может быть получен за счет большей «маслоемкости» регулярной микрогеометрии воздействующей поверхности инструмента по сравнению с иррегулярной (рис. 1), что приводит к замедлению и нейтрализации негативных адгезионных явлений.

На рис. 3 представлена частная зависимость относительного процентного удлинения образцов-деталей при обработке с использованием пластичной смазки.

Данная зависимость хорошо согласуется с соответствующими зависимостями на рис. 2 – чем меньше усилие волочения, тем меньше удлинение, и наоборот.

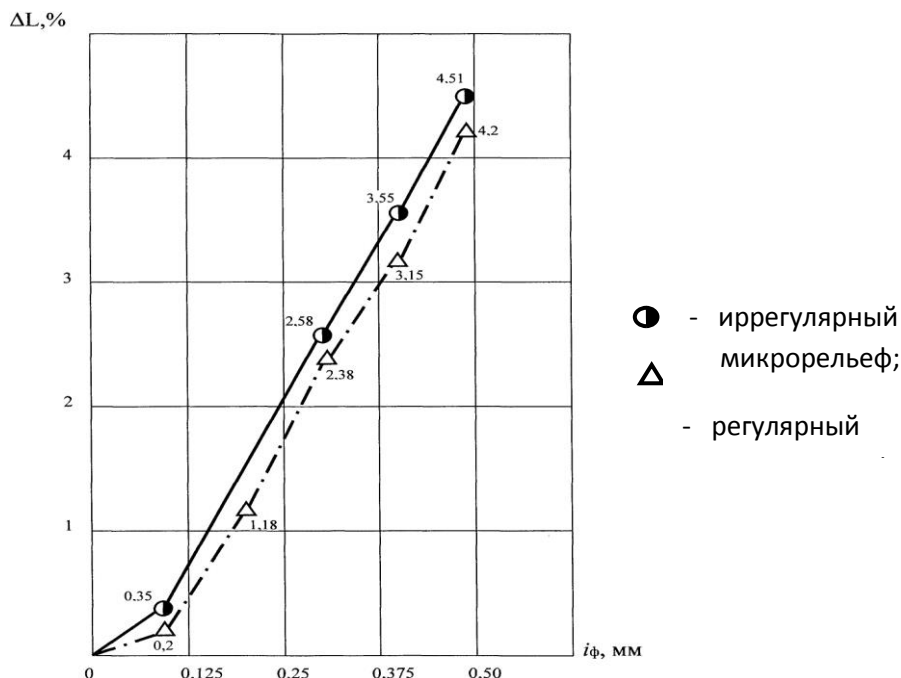


Рис. 3. Зависимость относительного процентного удлинения образцов-деталей от фактического натяга пластического деформирования, характера и параметров микрогеометрии воздействующей поверхности инструмента

На рис. 4 представлена обобщенная зависимость коэффициента уточнения по шероховатости поверхности образцов-деталей. Совместный анализ зависимости (рис. 4) и силовых зависимостей (рис. 2) показывает, что РМР обеспечивает меньшее усилие обработки, но такое же или даже более высокое качество поверхностного слоя по шероховатости.

Это связано с тем, что каждый микровыступ РМР (рис. 1, а) является микродеформирующим элементом, оказывающим дополнительный цикл деформации. При этом в случае применения пластичной смазки эффект по шероховатости меньше, чем при использовании жидкой смазки. Это, в свою очередь, связано с тем, что при использовании пластичной смазки, реализующей гидродинамический режим трения, часть деформации локализуется в более толстом смазочном слое, а при использовании жидкой, менее вязкой смазки реализуется граничный режим трения.

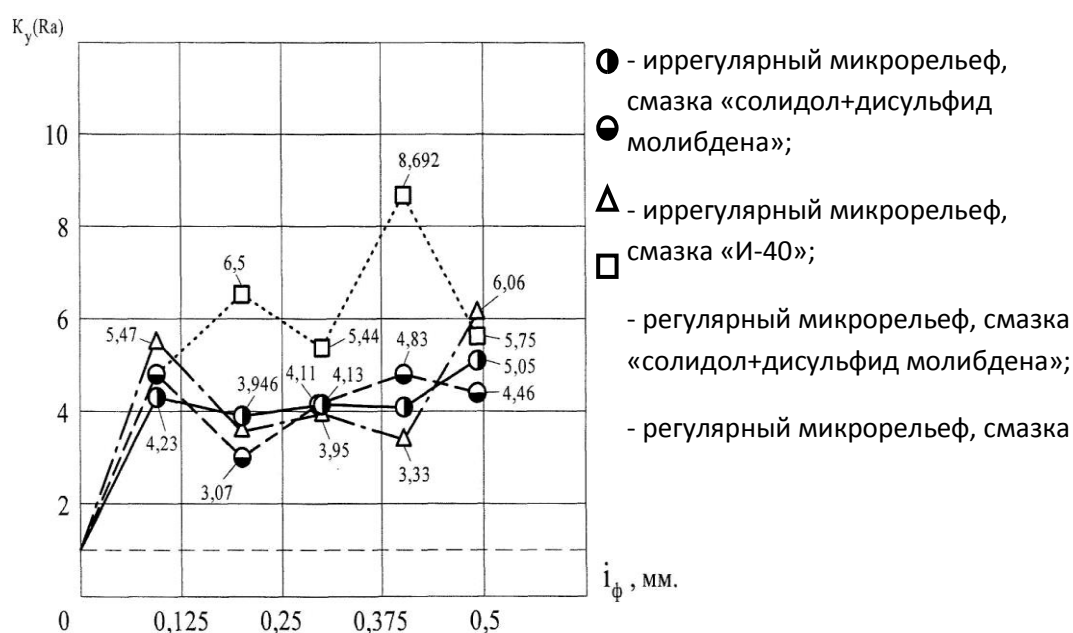


Рис. 4. Зависимость коэффициента уточнения по параметру шероховатости поверхности образцов-деталей от фактического натяга пластического деформирования, характера и параметров микрогеометрии воздействующей поверхности инструмента и вида смазки

Как следует из анализа характерных профилей образцов-деталей (рис. 5), размерная точность в большей степени зависит от погрешности профиля продольного сечения, определяемой деформационными эффектами в начале (Н.О.) и конце обработки (К.О.), которые проявляются соответственно в виде фаски смятия переднего торца образца-заготовки и упругого восстановления его заднего торца.

Другой вывод, следующий из рис. 5, – в диапазоне номинального натяга пластического деформирования 0,1...0,5 мм наблюдается рост величины упругого восстановления поверхности образцов-деталей.

Соответствующие графические зависимости поля рассеивания диаметра (размерной точности) образцов-деталей представлены на рис. 6 и 7.

Из анализа указанных зависимостей следует, что общий минимум размерной точности (максимум  $\Delta D_D$ ) приходится на номинальный натяг пластического деформирования  $i_n = 0,3 \text{ мм}$ , что связано с ростом соответствующих искажений в начале и конце обработки (рис. 5).

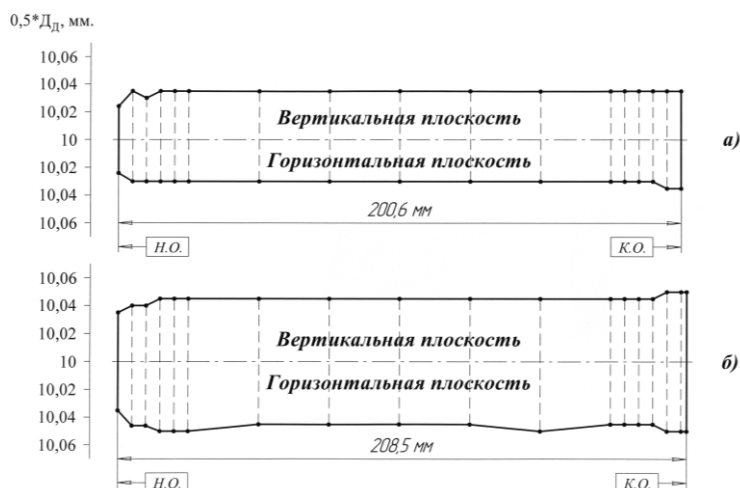


Рис. 5. Характерные профили образцов-деталей, полученных инструментом с ИМР с применением пластичной смазки: **а)**  $i_n = 0,1 \text{ мм}$ ; **б)**  $i_n = 0,5 \text{ мм}$

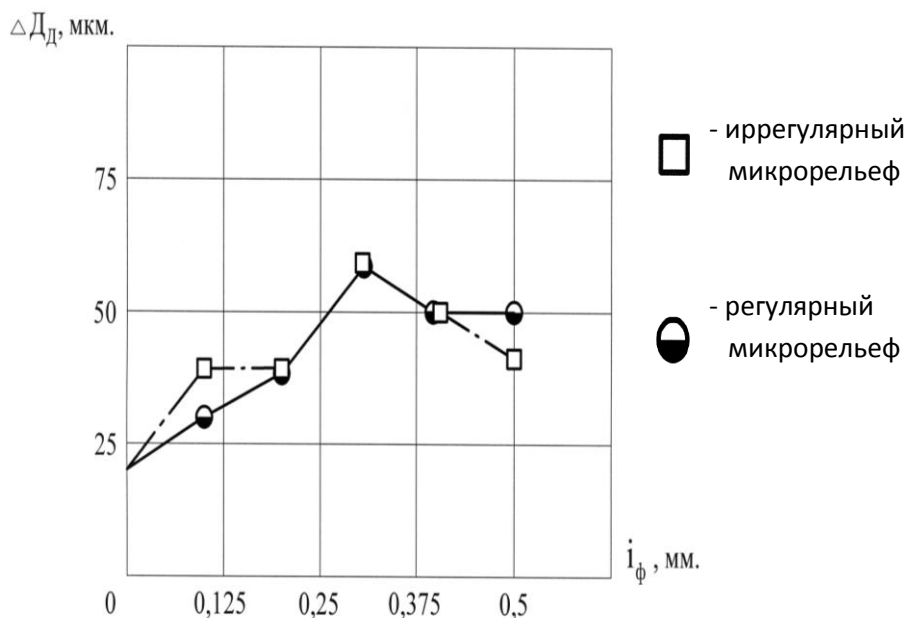


Рис. 6. Зависимости поля рассеивания диаметра образцов-деталей от фактического натяга пластического деформирования, характера и параметров микрогеометрии воздействующей поверхности инструмента (пластичная смазка)



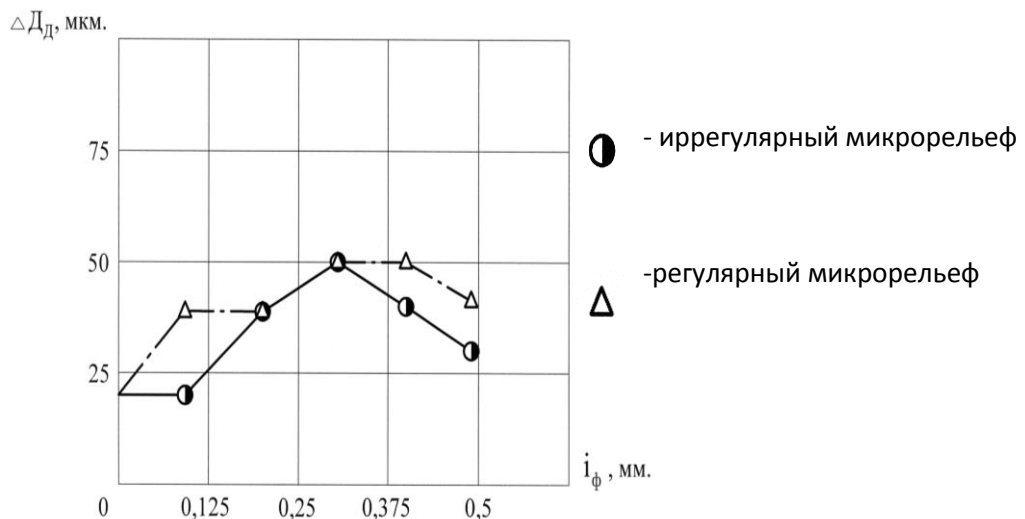


Рис. 7. Зависимости поля рассеивания диаметра образцов-деталей от фактического натяга пластического деформирования, характера и параметров микрогеометрии воздействующей поверхности инструмента (жидкая смазка)

Таким образом, выполненные исследования позволяют расширить информационную базу для целенаправленного совершенствования волочения, а также позволяют распространить выявленные закономерности на другие аналогичные технологии, например, комбинированные методы редуцирования и прошивания.

#### Список литературы

1. Щедрин А.В., Таненгольц А.Б., Скоромнов В.М. Трибологическая концепция системного анализа-синтеза комбинированных методов деформирующе-режущей обработки // Техника машиностроения. – 2001, №4(32). – С. 53-59.
2. Щедрин А.В., Скоромнов В.М., Бекаев А.А., Чихачева Н.Ю. Повышение эффективности методов комбинированного волочения за счет регуляризации микрогеометрии рабочей поверхности инструмента // Машиностроитель. – 2007, №7. – С. 26-29.

### МЕТОДЫ МОДИФИКАЦИИ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН

Р.Ф. Файзуллина, Т.И. Мухтарова, Т.Н. Гусева

*Набережночелнинский институт КФУ*

В работе рассмотрены методы модификации углеродного волокна с целью улучшения физико-механических и химических свойств, в частности, для улучшения адгезии между волокном и полимерной матрицей.

Ключевые слова: углеродные волокна, модификация, поверхностная обработка, адгезия, электрохимическая обработка.

Волокнистые полимерные композиционные материалы (ВПКМ), получаемые на основе армирующих химических волокон и полимерных матриц, нашли широкое применение в машиностроении, авиастроении, приборостроении, в электро- и радиотехнике, электронике. ВПКМ имеют значительно меньшую плотность и более высокие удельные (на единицу массы) механические характеристики, менее теплоемки и теплопроводны, чем многие другие виды материалов. Большинство из них являются диэлектриками, обладают высокой эксплуатационной стойкостью при действии активных сред и других внешних воздействий [1].

Волокна армирующего наполнителя воспринимают механические напряжения, определяя основные механические свойства ВПКМ: прочность, деформативность, жесткость. Взаимодействие волокон с матрицей должно обеспечивать высокую реализацию механических свойств волокон в армированном материале и его монолитность. Для этого необходимы: хорошая смачиваемость волокон матрицей и/или связующим; высокая адгезия между волокном и матрицей, которая должна долговременно сохраняться в условиях эксплуатации композита при активных внешних воздействиях.

В настоящее время активно развивается применение углеродных волокон (УВ) в качестве армирующих элементов композиционных материалов с различными типами матриц – терморезистивными и термопластичными полимерами, керамическими, металлическими, углеродными и др. Интерес к углеродным волокнам обусловлен тем, что они обладают уникальным комплексом свойств: высоким модулем упругости, специфическими тепло-, электрофизическими и сорбционными свойствами [2].

В процессе производства углеродных волокон получают гладкую поверхность, которая является химически неактивной (неполярной) и обладает слабой адгезией к полярному полимерному связующему. Для улучшения адгезии УВ к полимерным связующим и для получения различных свойств волокна используются различные виды модификации [3].

Наиболее распространённым методом является **окислительная обработка**, которая может проводиться как в жидкой, так и в газовой среде. Для этой цели применяются высокотемпературное окисление поверхности углеродного материала газообразными окислителями ( $\text{CO}_2$ , водяной пар, кислород воздуха), окисление озоном, окисление в кислородной и изобутиленовой плазме, обработка минеральными кислотами или их смесями, пероксидом водорода, дихроматом или перманганатом в концентрированных водных растворах [4]. Окисление в воздушной среде придает волокнам огнестойкость за счет частичного дегидрирования или окисления, межмолекулярного сшивания и других процессов. При этом повышается стойкость волокон к плавлению при прогревании и сдерживается чрезмерное удаление атомов углерода [13].

**Обработка кислотами**, помимо формирования на поверхности углеродного волокна фенольных, карбоксильных и других

кислородосодержащих групп, приводит к образованию других функциональных групп, например, сульфогрупп, нитроэфирных групп [4].

При **высокотемпературной обработке** в окислительной или восстановительной среде достигается увеличение пористости, площади удельной поверхности, изменяется состав поверхностных функциональных групп. Отрицательными моментами такой активации являются потери, вследствие эффекта выгорания, значительной части исходного углерода, отсутствие возможности эффективного управления процессом [5].

**Электрохимическая обработка (ЭХО)** остается одним из весьма эффективных методов модификации углеродного волокна. В ряде случаев предложено проведение процесса путем совмещения электрохимической и химической обработки. В качестве среды при ЭХО используют азотную кислоту, которая способна окислять поверхность углеродного волокна и без электрохимического воздействия. При одновременном использовании растворов аммиачных солей, в частности бикарбоната аммония, и электрохимической обработки УВ удается существенно повысить межфазное взаимодействие УВ с матрицей, позволяет преодолеть нежелательный эффект разрушения первоначальной структуры волокон и сохранить их исходные механические характеристики. Непосредственным следствием электрохимической окислительной обработки УВ является появление шероховатости поверхности волокна, что усиливает межфазное взаимодействие между УВ и эпоксидной матрицей. Возникновение азот- и кислородсодержащих групп (в первую очередь карбоксильных  $\text{COOH}$ ) на поверхности волокна способствует образованию химических связей между УВ и матрицей и усилению адгезии. Следующим важным фактором, влияющим на прочность УВ, и в конечном итоге – композита, является уменьшение размеров кристаллитов на ~30%, что дает выигрыш в пределе прочности. Следует также иметь в виду позитивный эффект окислительного травления, однако чрезмерное травление убирает наружные упорядоченные слои и открывает доступ к внутренним неупорядоченным областям, снижая таким путем общую организацию УВ, что порождает трещины и ухудшает механические свойства.

Нанесение на поверхность УВ полимерных, в частности, полианилиновых слоев открывает альтернативный путь модификации поверхностных свойств, который может быть использован в комбинации с электрохимической обработкой волокна или непосредственно как самостоятельный метод нанесения таких слоев при электрохимическом воздействии [6].

Преимущества электрохимических методов: возможность управления технологическими процессами и их автоматизация, снижение экологической опасности (за счет меньшей агрессивности среды, меньшей концентрации растворов, в которых обрабатывается углеродное волокно), обеспечение энерго- и ресурсосбережения [4].

**Модификация УВ металлами** (железо, кобальт, никель) позволяет придавать им новые специфические свойства (сорбционно-каталитические,

пирофорные, биоцидные, магнитные и т.д.), что значительно расширяет области применения этого уникального по ряду свойств материала [4].

Отличительной особенностью **металлоуглеродных волокон (Me-УВ)** с магнитными свойствами от известных углеродных волокон, полученных на основе вискозного сырья, является наличие в их составе ферромагнитных металлов подгруппы железа. Их получают путем карбонизации вискозных волокон, импергированных солями ферромагнитных металлов. В процессе карбонизации соли металлов восстанавливаются до свободных металлов высокой степени дисперсности. С повышением температуры термической обработки Me-УВ размер частиц металла увеличивается и происходит их агрегирование в более крупные микрочастицы. Введение металлов в составе УВ улучшает их смачиваемость полимерными связующими. Это способствует равномерному распределению дисперсий волокон в связующем и улучшает взаимодействие между полимером и наполнителем на границе раздела их фаз, что приводит к повышению прочностных показателей формируемых композиционных материалов [7].

Металлоуглеродные волокна обладают высокой удельной намагниченностью, которая позволяет использовать современный технологический прием – формирование композиционных материалов в магнитном поле – для получения материалов с анизотропными электрическими и магнитными свойствами [8].

Металл в углеродном волокне в форме оксидов, карбидов, а также в свободном высокодиспергированном виде:

- придаёт конечному материалу адсорбционно-каталитические свойства в ряде химических реакций;
- улучшает смачиваемость волокна различными видами включений;
- влияет на характер включений между компонентами на границе раздела фаз (волоконный наполнитель / полимер) [9].

**Озонирование** оказывает наиболее существенное влияние на величину удельной поверхности и пористость углеродных волокон по сравнению с другими методами. В зависимости от природы волокна, температуры, концентрации и времени озонирования наблюдается значительный рост площади удельной поверхности. В процессе озонирования происходят изменения в распределении пор по размерам. Рост объема пор происходит за счет увеличения количества микро- и мезопор.

Окисление углерода озono-кислородными смесями позволяет существенно изменить количество и состав кислородосодержащих групп на поверхности. Образование этих групп наиболее интенсивно происходит в интервале температур 0-20°C. В зависимости от типа углеродного волокна количество групп после озонирования может возрасти в 10 и более раз в расчете на единицу веса. Эффект проявляется тем сильнее, чем меньше удельная поверхность исходного волокна. В результате озонирования наблюдается существенный рост фенольных гидроксильных, карбоксильных, карбонильных и лактонных групп, также отмечено образование на поверхности большого

количества «нефункционального кислорода». Озонирование значительно улучшает адгезионные свойства углеродных волокон, используемых для приготовления углепластиков. Модифицирование озоном увеличивает механическую прочность углепластиков в 3-4 раз [5].

**Плазмохимическое модифицирование** в зоне послесвечения кислородной плазмы ВЧ- и СВЧ-разрядов слабо сказывается на величине удельной поверхности. При обработке в плазме тлеющего разряда с поверхности углеродного волокна практически исчезают все функциональные группы. Действие кислородной плазмы высокочастотного и тлеющего разрядов при исследовании состава и содержания кислородных комплексов на поверхности углеродного волокна во многом аналогично действию озона, однако все эффекты выражены значительно слабее. Степень выгорания увеличивается, рост поверхности значительно ниже, количество функциональных групп заметно уменьшается [5].

**Нанесение замазливателей** позволяет повысить совместимость УВ со связующим и облегчает переработку волокон. В качестве покрытий применяются поливиниловый спирт, эпоксидные смолы, полиимиды и другие материалы. Основной целью нанесения покрытий является улучшение связи волокон со связующим [10].

Для повышения термоокислительной устойчивости УВ и углеволоконистых материалов на их поверхности образуют **защитные слои** или барьерные покрытия из карбидов кремния или тугоплавких металлов, нитрида бора, фосфатных стекол и других [11]. Введением добавок, в том числе интеркалянтов, добиваются увеличения проводимости УВ. Одним из таких способов является бромирование УВ в газовой фазе, при котором электрическое сопротивление УВ уменьшается в 3-6 раз [12].

**Вывод:** использование различных методов модификации углеродных волокон позволяет получать углеродные материалы с высокими физико-механическими свойствами, в частности, создается возможность заранее прогнозировать содержание и состав функциональных групп, пористость, площадь удельной поверхности.

Так как поверхность углеродных волокон, образовавшихся в процессе карбонизации или графитизации, характеризуется слабой адгезией к ней полимерной матрицы, актуальной проблемой является модификация УВ, увеличивающая сдвиговую прочность углепластиков. Например, электрохимическая обработка способствует появлению шероховатости и образованию химических связей между УВ и полимерной матрицей, что улучшает адгезию композита. Также ЭХО не влияет на прочность УВ.

#### Список литературы

1. Полимерные композиты на основе химических волокон, их основные виды, свойства и применение [Электронный ресурс] : Российские торговые марки, 27 октября 2006, Технический текстиль №13, 2006. – Режим доступа: <http://rustm.net/catalog/article/185.html>

2. Углеродные волокна / Каданцева А.И., Тверской В.А. [Электронный ресурс] : Учебное пособие, 2008 – Режим доступа: <http://sp-department.ru/upload/iblock/1c2/1c252130d0406c9d5a326710b6e8565c.pdf>

3. Кванин, А.Л. Влияние ЭХО на химические свойства поверхности углеродных волокон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://refdb.ru/look/2242618.html>

4. Земскова, Л.А. Модифицированные сорбционно – активные углеродные волокнистые материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chem.msu.su/rus/jvho/2004-5/53.pdf>

5. Нетрадиционные методы модифицирования свойств углеродосодержащих материалов / Г.И. Емельянова, Л.Е. Горленко, В.В. Лунин, Н.Н. Рожкова [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://istina.msu.ru/workers/561220/>

6. Электрохимическая модификация поверхностных свойств углеродного волокна на основе полиакрилонитрила [Электронный ресурс] // Наука и образование. #09, сентябрь 2013. – Режим доступа: <http://technomag-bmstu.ru/doc/620998.html>

7. Металлоуглеродные волокна с магнитными свойствами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pbnh.com.ua/upload/23%20b%20me-cf.pdf>

8. Волокна металлоуглеродные с магнитными свойствами, технология их получения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.referatdb.ru-ekonomika/51463/index.html>

9. Вязкое углеродное волокно – радиопоглощающий материал, [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.umitrade.com.ua/?q=node/67>

10. Углеродные волокна из гидратцеллюлозных (ГТЦ) волокон, [Электронный ресурс]//COMPOSITES MARKET. – Режим доступа: <http://www.b-composites.net/100.html>

11. Углеродные волокна, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/4640.html>

12. Клименко, И.В. Изменение физико-химических свойств углеродных волокон в процессе их бромирования [Электронный ресурс]: автореферат диссертации. – Режим доступа: [www.dissercat.com/content](http://www.dissercat.com/content)

13. Симамура С. Углеродные волокна. Пер. с япон / Под ред. С. Симамуры. – М.: Мир, 1987 – 304 с., ил.

## **МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН С ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕЙ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ**

**Р.Ф. Файзуллина, Т.И. Мухтарова, Т.Н. Гусева**

*Набережночелнинский институт КФУ*

В работе рассмотрены методы повышения адгезии в композиционных материалах на основе углеродных волокон и полимерной матрицы.

Ключевые слова: углеродные волокна, модификация, поверхностная обработка, адгезия, эпоксидная матрица.

Волокнистые полимерные композиционные материалы (ВПКМ), получаемые на основе армирующих химических волокон и полимерных матриц, нашли широкое применение в машиностроении, авиастроении, приборостроении, в электро- и радиотехнике, электронике благодаря высоким механическим характеристикам, меньшей плотности, чем многие другие виды материалов [1].

Волокна армирующего наполнителя воспринимают механические напряжения, определяя основные механические свойства ВПКМ: прочность, деформативность, жесткость. В настоящее время активно развивается применение углеродных волокон (УВ) в качестве армирующих элементов композиционных материалов. Интерес к углеродным волокнам обусловлен тем, что они обладают уникальным комплексом свойств: высоким модулем упругости, специфическими тепло-, электрофизическими и сорбционными свойствами [2].

В процессе производства углеродных волокон получают гладкую поверхность, которая является химически неактивной (неполярной) и обладает слабой адгезией к полярному полимерному связующему [3]. Для улучшения адгезии УВ к полимерным связующим используются различные механизмы: повышение адгезионных свойств углеродного волокна за счет его модификации и модификация полимерного связующего.

#### 1. Модификация углеродных волокон.

Для улучшения адгезионной прочности углепластиков проводят поверхностную обработку и изменение состава УВ. Различные виды модификации УВ представлены ниже.

**Окислительная обработка.** *Способ обработки.* Проводится в жидкой и газовой среде, газообразными окислителями ( $\text{CO}_2$ , водяной пар, кислород воздуха), в изобутиленовой плазме, обработкой минеральными кислотами или их смесями, пероксидом водорода, дихроматом или перманганатом в концентрированных водных растворах [4].

*Влияние на адгезионную прочность.* Превращает изначально гидрофобную поверхность в гидрофильную [5], формирует на поверхности УВ фенольные, карбоксильные и другие кислородосодержащие, сульфогруппы, нитроэфирные группы [4].

*Достоинства.* Осуществляется с помощью недорогих и доступных реагентов; удаляется дефектный слабо связанный поверхностный слой углерода толщиной 15-50 нм; образуются хемосорбированные кислородосодержащие углеродные группы, которые способны реагировать с молекулами связующих [5].

**Электрохимическая обработка.** *Способ обработки.* Анодная обработка в щелочном электролите может проводиться в растворах солей, в частности аммиачных, в среде раствора нитрата калия [7].

*Влияние на адгезионную прочность.* Появляется шероховатость поверхности УВ, азот- и кислородсодержащие группы (в первую очередь

карбоксильных COOH), вызывает уменьшение размеров кристаллитов на ~30%, что дает выигрыш в пределе прочности [7].

*Достоинства:* возможность управления технологическими процессами и их автоматизация; снижение экологической опасности (за счет меньшей агрессивности среды, меньшей концентрации растворов, в которых обрабатывается УВ); обеспечение энерго- и ресурсосбережения [4].

**Озонирование.** *Способ обработки.* Интенсивно происходит в интервале температур 0-20°C [5].

*Влияние на адгезионную прочность.* Наблюдается существенный рост фенольных гидроксильных, карбоксильных, карбонильных и лактонных групп, образование на поверхности большого количества «нефункционального кислорода» [6].

*Достоинства.* Значительно улучшает адгезионные свойства углеродных волокон, используемых для приготовления углепластиков, увеличивает механическую прочность углепластиков в 3-4 раз [6].

**Металлоуглеродные волокна.** *Способ обработки.* В состав УВ входят ферромагнитные металлы подгруппы железа, получают путем карбонизации вискозных волокон, импергированных солями ферромагнитных металлов [8].

*Влияние на адгезионную прочность.* Улучшает смачиваемость УВ полимерными связующими. Это способствует равномерному распределению дисперсий волокон в связующем и улучшает взаимодействие между полимером и наполнителем на границе раздела их фаз, что приводит к повышению прочностных показателей формируемых композиционных материалов [8].

*Достоинства:* обладают высокой удельной намагниченностью, которая позволяет использовать формирование композиционных материалов в магнитном поле – для получения материалов с анизотропными электрическими и магнитными свойствами; придает конечному материалу адсорбционно-каталитические свойства в ряде химических реакций; улучшает смачиваемость волокна различными видами включений; влияет на характер включений между компонентами на границе раздела фаз [9].

**Нанесение замасливателей.** *Способ обработки.* Применяются поливиниловый спирт, эпоксидные смолы, полиимиды, полианилиновые слои и другие материалы [4]. Также производят осаждение более активных форм углерода (пиролитического углерода) [5].

*Влияние на адгезионную прочность.* Позволяет повысить совместимость УВ со связующим и облегчает переработку волокон.

Наиболее эффективными методами из вышеперечисленных является электрохимическая обработка и озонирование УВ. Влияние этих видов обработки поверхности на адгезионную прочность показано в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, при обработке поверхности УВ имеет место незначительное уменьшение прочности волокна. Электрохимическая обработка обеспечивает наибольшую адгезионную прочность углепластика с минимальными потерями прочности УВ.

2. Модификация полимерной матрицы на основе эпоксидного связующего.



Повышения адгезии УВ к полимерным матрицам можно добиться:

- подбором компонентов;
- оптимизацией вязкости.

Влияние обработки поверхности на адгезионную прочность [10]

Таблица 1

Показатель	Прочность УВ на разрыв, МПа	Адгезионная прочность, МПа	
		эпоксидиановое	эпоксидноволачное
Исходное волокно	3000	71	52
Озонирование	2780	-	78
Э/х обработка	2800	91	-

В первом случае основной задачей является выбор компонентов (отвердителей и модификаторов). Химическая природа и строение отвердителей определяют структуру сетки, оказывают влияние на технологические свойства исходных материалов и на эксплуатационные характеристики готовых углепластиков [11].

В работе [11] изучено влияние использования модификаторов и совместного применения модификаторов и нанонаполнителей на свойства углепластиков. Результаты представлены в таблице 2.

Свойства углепластиков на основе модифицированных эпоксидных олигомеров [11]

Таблица 2

Показатель	Модификатор				
	Немодифиц.	ПК	ОФС	ОФС+УНТ	ОФС+ОБ
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,450	1,440	1,427	1,432	1,438
$\sigma_p$ , МПа	1530	1890	1970	2160	2050
$\varepsilon$ , %	1,02	1,22	1,19	1,24	1,17
$\sigma_{изг}$ , МПа	1690	1980	2040	2250	2175
$A$ , кДж/м <sup>2</sup>	80	115	120	160	136
$A_p$ , кДж/м <sup>2</sup>	780	1150	1170	1340	1200
$\sigma_{отсл}$ , МПа	1190	1520	1490	1650	1560
Теплостойкость, °С	120	165	170	180	175
Водопоглощение, %	0,19	0,15	0,17	0,09	0,07

где  $\sigma_p$  – прочность при растяжении;

$\varepsilon$  – относительное удлинение;

$\sigma_{изг}$  – прочность при изгибе;

$A_p$  – работа разрушения;

$A$ , – ударная вязкость;

$\sigma_{отсл}$  – напряжение отслаивания волокна от матрицы;

ПК – пропиленкарбонат;

ОФС – олигофенолсилокан;

УНТ – углеродные нанотрубки;

ОБ – органомодифицированный монтмориллонит.

Как видно из таблицы 2, модификация ОФС и углеродными нанотрубками дает увеличение прочностных характеристик, а также вызывает повышение напряжения отслаивания волокна от матрицы, косвенно характеризующую адгезионную прочность углепластика. Повышение прочности связано с тем, что наночастицы заполняют микротрещины и дефектные зоны, что предотвращает дальнейшее трещинообразование, снижает уровень внутренних напряжений [11].

Во втором случае имеет место изменение вязкости связующего. Для увеличения прочности адгезионного взаимодействия УВ и полимерного связующего следует использовать при пропитке УВ связующее с меньшей вязкостью, что позволит существенно уменьшить толщину слоя связующего между двумя соседними мононитями. Для уменьшения вязкости могут быть использованы два различных способа [12]:

а) Использование растворителя. При этом будут получены микроуглепластики с минимальной толщиной слоя связующего, однако они будут содержать дополнительные поры, которые будут образовываться при улетучивании растворителя в процессе отверждения [12].

б) Нагрев связующего перед пропиткой. Это позволит получать композиты без пор, однако толщина слоя связующего будет выше, чем при использовании растворной технологии [12].

**Вывод:** чтобы добиться повышения адгезионной прочности углепластиков, необходимо использовать комплексный метод, который должен включать в себя как модификацию матрицы с оптимизацией вязкости, так и физико-химическую модификацию углеродных волокон.

#### Список литературы

1. Полимерные композиты на основе химических волокон, их основные виды, свойства и применение [Электронный ресурс] : Российские торговые марки, 27 октября 2006, Технический текстиль №13, 2006. – Режим доступа: <http://rustm.net/catalog/article/185.html>

2. Углеродные волокна Каданцева А.И., Тверской В.А. [Электронный ресурс] : Учебное пособие, 2008. – Режим доступа: <http://sp-department.ru/upload/iblock/1c2/1c252130d0406c9d5a326710b6e8565c.pdf>

3. Кванин, А.Л. Влияние ЭХО на химические свойства поверхности углеродных волокон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://refdb.ru/look/2242618.html>

4. Земскова, Л.А. Модифицированные сорбционно-активные углеродные волокнистые материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chem.msu.su/rus/jvho/2004-5/53.pdf>

5. Углеродные волокна и углекомпози́ты. Пер. с англ. / Под Фитцера. – М.: Мир, 1988. – 336 с. ил. Авторы: Э. Фитцер, Р. Дифендорф, И. Калнин, Х. Ягер, Б. Хейес, К. Стензенбергер, Д. Адаме, К. Брунш, Х. Бергман, Г. Гастингс, Т. Нагабхушанам, Х. Зенг, С. Ким, Б. Ри.

6. Нетрадиционные методы модифицирования свойств углеродосодержащих материалов Г.И. Емельянова, Л.Е. Горленко, В.В. Лунин,

Н.Н. Рожкова [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://istina.msu.ru/workers/561220/>

7. Электрохимическая модификация поверхностных свойств углеродного волокна на основе полиакрилонитрила, [Электронный ресурс] // Наука и образование. #09, сентябрь 2013. – Режим доступа: <http://technomag-bmstu.ru/doc/620998.html>

8. Волокна металлоуглеродные с магнитными свойствами, технология их получения, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.referatdb.ru-ekonomika/51463/index.html>

9. Вязкое углеродное волокно – радиопоглощающий материал, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.umitrade.com.ua/?q=node/67>

10. Адгезия эпоксидных матриц к углеродным волокнам, [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.chemicalnow.ru/chemies-5750-2.html>

11. Осипов, П.В. Разработка и регулирование свойств армированных материалов на основе эпоксидных олигомеров, [Электронный ресурс]: автореферат диссертации. – Режим доступа: [http://www.muctr.ru/upload/form/not\\_image/h93/POsipov.pdf](http://www.muctr.ru/upload/form/not_image/h93/POsipov.pdf)

12. Оценка структурных дефектов углеродных волокон и полимерных композиционных материалов на их основе, # 11, ноябрь 2011, авторы: Миронов Ю.М., Храповицкая Ю.В., Макеев М.О., Нелюб В.А., Бородулин А.С., Чуднов И.В., Буянов И.А.), [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.emtc.ru/images/Files/publications/3.pdf>

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АКТИВНЫХ ПЛОСКИХ НОЖЕЙ СВЕКЛОУБОРОЧНЫХ МАШИН**

О.П. Цень, П.В. Попович, А.Б. Цень, Н.И. Хомик

*Тернопольский национальный технический университет*

*им. Ивана Пулюя, г. Тернополь*

В работе дано описание лабораторного стенда для исследования плоских ножей свеклоуборочных машин и построен ряд графических зависимостей по результатам экспериментальных исследований.

Существенное влияние на дальнейшее хранение и переработку сахарной свеклы оказывает качество выполнения технологического процесса обрезки остатков ботвы с головок корнеплодов [1]. Повышение загрязнения корнеплодов ботвой на 1% снижает выход сахарозы на 0,1% [2]. Конструкция обрезчиков ботвы предусматривает использование двух типов ножей: активных дисковых и плоских ножей [3]. Дополнительная энергии на привод и сложное конструктивное исполнение являются существенными недостатками при проектировании свеклоуборочных машин с активными дисковыми ножами. Преимуществом плоских ножей которые крепятся к раме жестко, с возможностью вращения вокруг оси или осуществлением возвратно-поступательного движения, является значительно меньшая масса относительно активных дисковых режущих органов.

На основе определенной цели диссертационной работы и поставленных научных задач, а также для подтверждения достоверности полученных результатов при теоретических исследованиях программа экспериментальных исследований предполагает следующие этапы:

- обоснование технологического процесса обрезки остатков ботвы с головок корнеплодов активным плоским ножом и разработка конструктивно-технологической схемы обрезчика;
- определение исходных данных, используемых при теоретических исследованиях процесса обрезки ботвы с головок корнеплодов;
- подтверждение характера резания активным ножом обрезчика ботвы;
- проведение лабораторных экспериментальных исследований основных показателей, характеризующих технологическую эффективность процесса обрезки ботвы сахарной свеклы и установления их оптимальных значений при различных параметрах и режимах работы.

Целью экспериментальных исследований является обеспечение минимального значения силы резания активным ножом, оптимального угла его установки относительно ряда свеклы, согласования обратно – поступательной скорости ножа с поступательной скоростью машины.

Объектом экспериментальных исследований является технологический процесс обрезки головок корнеплодов сахарной свеклы от остатков ботвы. Предметом исследований являются конструктивные и технологические параметры механизма для обрезки ботвы сахарной свеклы.

Стандартные методики, используемые при испытаниях сельскохозяйственных машин были соблюдены при проведении экспериментальных исследований:

- пятикратное повторение экспериментов;
- исследования проводились на специально разработанном стенде с возможностью имитации максимально приближенных условий работы обрезчика свеклы;
- экспериментальные данные анализировали и сравнивали с теоретическими.

Лабораторные исследования проводились для определения конструктивных и технологических параметров активного обрезчика ботвы сахарной свеклы с помощью стенда для испытаний ножей свеклоуборочных комбайнов [4] с определенной модернизацией согласно поставленным задачам исследования.

Лабораторный стенд для исследования ножей свеклоуборочных комбайнов [4] (рис. 1) состоит из станины 1, на которой установлены плоский нож 2 и подвижная платформа 3, с закрепленным на ней корнеплодом сахарной свеклы 4.

Блок повода 5 прикреплен к плоскому ножу 2 болтами 6. Подвижная платформа 3 соединена с динамометром 7, что гибкой лентой 8 соединен с приводом, выполненным в виде электродвигателя 9, на валу которого закреплен

барaban 10. Движение подвижной платформы 3 ограничено датчиками 11 управляемых электродвигателем 9.

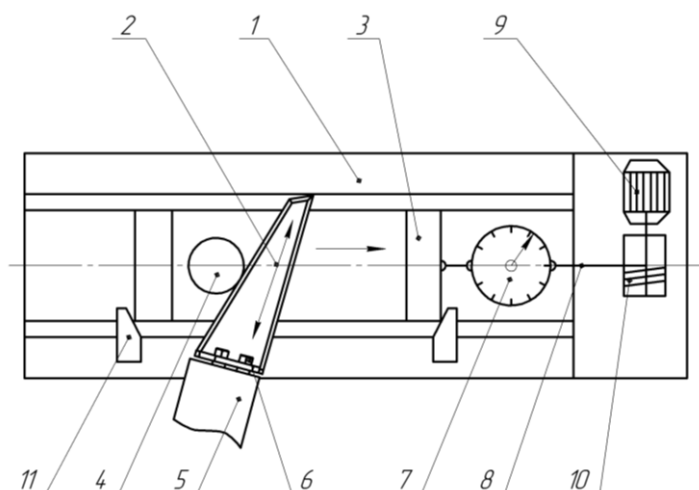


Рис. 1. Стенд для испытания ножей свеклоуборочных машин

Лабораторный стенд работает следующим образом. Корнеплод с ботвой 4 подводится на подвижной платформе 3 до плоского ножа 2. Электродвигатель 9, управляемый датчиками 11, обеспечивает рабочую скорость движущейся платформе 3. Обратно – поступательное движение плоского ножа 2 происходит благодаря блоку повода 5 плоского ножа 2.

Благодаря данному стенду возможно проводить реальную имитацию работы свеклоуборочного агрегата и получать данные по результатам экспериментальных исследований процесса резания плоскими ножами головок корнеплодов сахарной свеклы.

Проведенные экспериментальные испытания с использованием лабораторного стенда для исследования ножей свеклоуборочных комбайнов [4] позволили получить данные, по которым был построен ряд графических зависимостей (рис. 2 и 3):

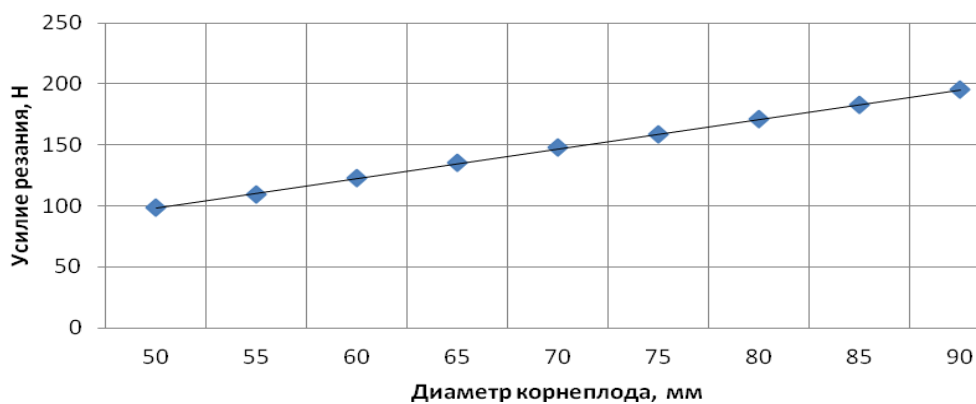


Рис. 2. График зависимости усилия резания головок корнеплодов плоским ножом от диаметра

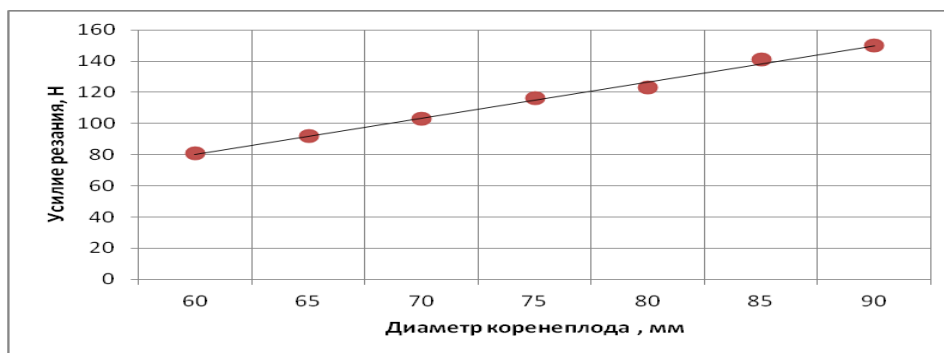


Рис. 3. График зависимости усилия резания головок корнеплодов плоским активным ножом от их диаметра (при длине хода ножа  $L = 40$  мм)

Полученные результаты позволяют сделать выводы о том, что сила резания головок корнеплодов активным плоским ножом значительно меньше, чем пассивным.

#### Список литературы

1. Рыбак Т.И. Обзор ботвоудаляющих аппаратов свеклоуборочных машин и пути их совершенствования / Т.И. Рыбак, О.П. Цень // Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко. Выпуск 134: Технический сервис машин для растениеводства. – М.: Вировец А.П. «Апостроф», 2013. – 342 с.
2. Погорелый Л.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / Л.В. Погорелый, Н.В. Татьянко. – М.: Феникс, 2004. – 232 с.
3. Рыбак Т.И. Обоснование схемы срезания ботвы сахарной свеклы плоским ножом / Т.И. Рыбак, О.П. Цень // Материаловедение и машиностроение: материалы XVI научн. конф., 5-6 дек. 2012, Тернополь, Украина / Терноп. нац. тех. ун-т им. И. Пулюя. – Тернополь, 2012. – Т. II в. – С. 128.
4. Патент на полезную модель № 19426 Украина, МПК GOИМ 19 /00. Стенд для испытаний ножей свеклоуборочных комбайнов / В.Я. Мартыненко, С.И. Головки (Украина). – № U200606884; Заявлено 19.06.06: Опубл. 15.12.06., Бюл. №12.

### **СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НЕЖЕСТКИХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ**

А.В. Цыганков – магистрант, А.В. Балашов – к.т.н., доцент

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

Существующая тенденция к снижению материалоемкости выпускаемых изделий, возрастающие потребности промышленности в упругих устройствах обусловили непрерывный рост объема производства нежестких корпусных деталей высокой точности. Нежесткие корпусные детали применяются в широком классе машин. Наиболее известные области их применения – авиа- и судостроение, приборостроение и автомобилестроение. Здесь, наряду с

показателями скорости, долговечности и КПД, большое внимание уделяется коэффициенту легковесной машины, который выражает отношение несущей способности конструкции к ее массе.

Среди нежестких корпусных деталей наибольшие трудности в обработке создают детали типа пластин, плит, корпусов, а среди поверхностей, подвергаемых обработке, – плоские поверхности. Анализ литературных источников, рабочих чертежей нежестких корпусных деталей позволил выявить наиболее характерные требования по точности, предъявляемые к данным поверхностям: отклонения формы и взаимного расположения главных поверхностей – от 5 мкм до 50 мкм; точность линейных размеров (толщина стенки) – 7-10 квалитеты; параметр шероховатости,  $R_a$  – 0,32-0,25 мкм. Достижение данных требований без использования специально разработанных способов достижения требуемой точности весьма затруднительно. В настоящее время существуют различные способы управления показателями точности (СУПТ) при обработке плоских поверхностей нежестких корпусных деталей, однако все они требуют систематизации, позволяющей не только выбрать способ управления из уже имеющихся, но и разработать при необходимости новый патентоспособный способ управления точностью на основе систематизированных данных.

Для систематизации СУПТ целесообразно использовать методологию поискового конструирования и, в частности, метод синтеза технических решений (ТР) на И-ИЛИ – графе. Суть метода состоит в том, что информацию о прототипах и известных ТР представляют и записывают в виде связного графа.

На основе И-ИЛИ – графа ТР и общего списка требований разрабатывается модель оценки синтезированных ТР, которая позволяет сравнить различные варианты ТР, выбирать ТР, удовлетворяющие заданному списку требований, а также получать наилучшие ТР.

Граф  $G(X,U)$  включает в себя два типа множеств: множество  $X$  и множество ребер  $U$ . Вершины графа описывают элементы и признаки ТР, выявленные в результате предварительных исследований. Ребра показывают иерархическую соподчиненность между вершин,  $X$  состоит из пары подмножеств  $X_1$  и  $X_2$ . Вершины подмножеств  $X_1$  называются И-вершинами; они представляют собой элементы технических объектов, общие для всех ТР. Подмножество  $X_2$  составляют ИЛИ – вершины, которые объединяют альтернативные элементы и признаки, учитывающие особенности каждого из ТР. Особенности построения И-ИЛИ – графа подробно рассмотрены в [1].

И-ИЛИ – граф в первую очередь представляет интерес как средство компактного представления и хранения информации о многих известных ТР, полученных по результатам патентного поиска и из литературных источников. Однако И-ИЛИ – графы, построенные на основе только известных ТР, часто содержат мало новых патентоспособных решений. Поэтому необходимо обеспечить расширение множества возможных технических решений. Такое расширение может осуществляться с помощью метода и фонда эвристических приемов [1].

На рисунке 1 представлен И-ИЛИ – граф способов управления показателями точности при обработке плоскостей нежестких корпусных деталей с учетом расширения множества возможных ТР. В разработанном И-ИЛИ – графе содержится около 3000 способов управления, отличающихся друг от друга по крайней мере хотя бы одним элементом или признаком. Структура И-ИЛИ – графа не является закрытой. Она предполагает свое дальнейшее дополнение по мере накопления новой информации по интересующей тематике.

При формировании модели оценки ТР, содержащихся в И-ИЛИ – графе, достаточно провести оценку элементов и признаков, соответствующих только висячим вершинам. Фрагмент матрицы соответствий основных элементов, используемых при создании СУПТ, приведен в таблице 1, где висячие вершины И-ИЛИ – графа оценивалась по пятибалльной системе оценок, приведенной в таблице 2.

Таблица 1

Матрица соответствия (фрагмент)

Элемент		Требование			
		Производительность СУПТ	Гибкость СУПТ	Стоимость СУПТ	Обеспечение точности обработки
Управление физико-механическим состоянием заготовки	Предсказание профиля заготовки изгибом до обработки	4	3	4	5
	Предсказание профиля заготовки изгибом в процессе обработки	5	3	4	5
	Предварительное формообразование поверхности	3	2	3	4
	.....				
1	2	3	4	5	6
Управление с помощью приспособления	Постоянные и подводимые опоры	5	3	4	5
	Постоянные опоры	4	4	5	3
	Постоянная сила закрепления	4	5	5	3
	Изменяющаяся сила закрепления	5	4	3	5
	.....				
И т.д.					



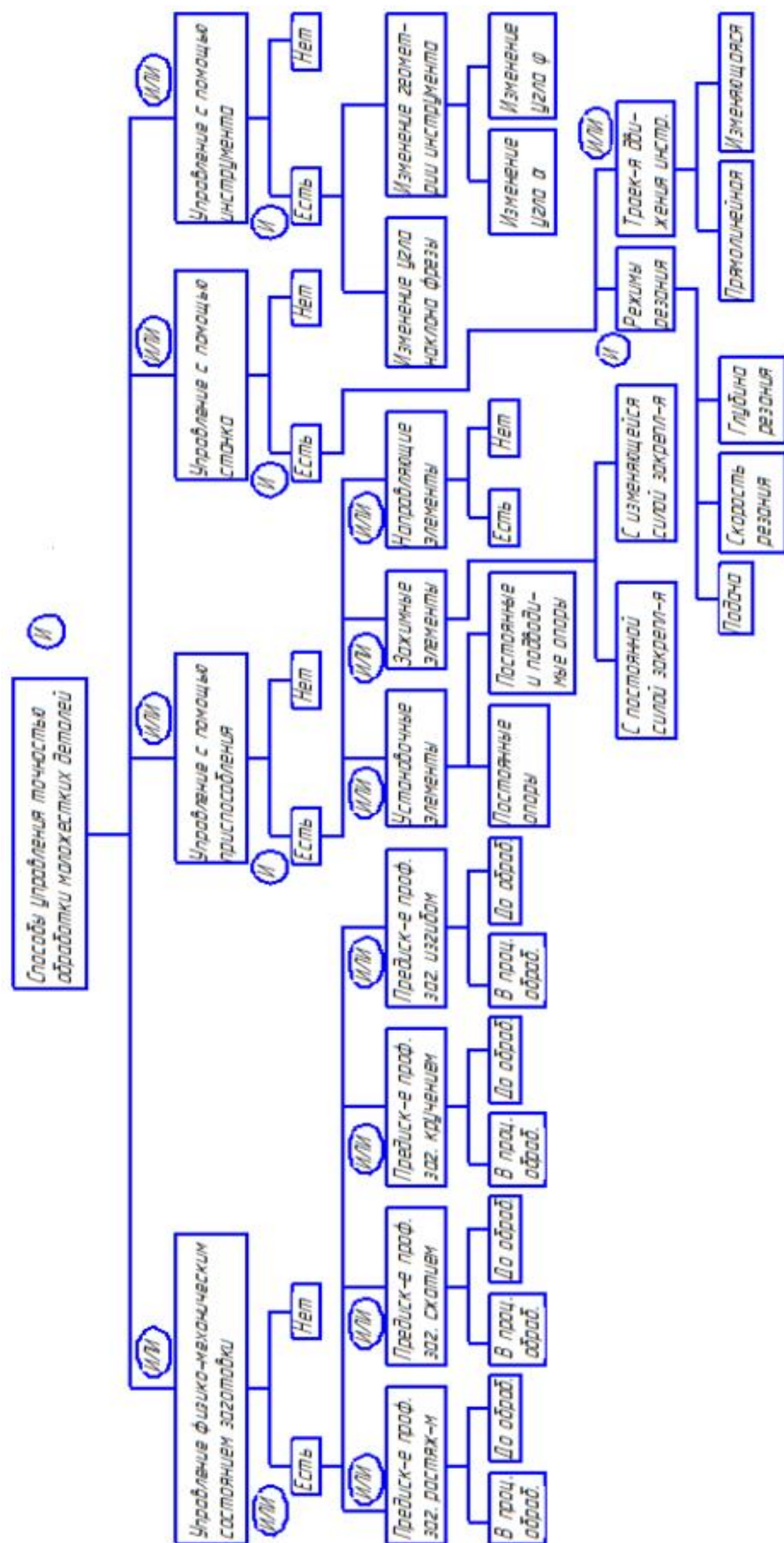


Рисунок 1 – И – ИЛИ – граф способов управления показателями точности при обработке плоских поверхностей нежестких деталей

## Система оценок вершин И-ИЛИ дерева

Оценка	Степень соответствия
5	Вершина отлично соответствует данному требованию
4	Вершина хорошо соответствует данному требованию
3	Вершина удовлетворительно соответствует данному требованию
2	Вершина плохо соответствует данному требованию
1	Вершина не соответствует требованию, но может быть включена в решение
0	Вершина не оценивается по данному требованию, но допускается в составе решений

После составления И-ИЛИ – графа следует синтез структуры ТР, удовлетворяющих требованиям технического задания. Данная процедура весьма трудоемка и требует использования вычислительной техники. Результатом работы служат синтезированные структуры технических решений, которые выводятся на дисплей или принтер в виде иерархической последовательности совокупности описаний их основных элементов (рисунок 2). На основе выданных решений разрабатываются принципиальные схемы из осуществления.

ВВОД	СИНТЕЗ
<b>ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ СИНТЕЗА</b>	
<b>Всего возможно решений – 157464</b>	
<b>Техническое решение 6245</b> Способ управления параметрами точности Управление физико-механическим состоянием заготовки Нет Управление с помощью приспособления Нет Управление с помощью станка Есть Режимы резания Подача Управление с помощью инструмента	

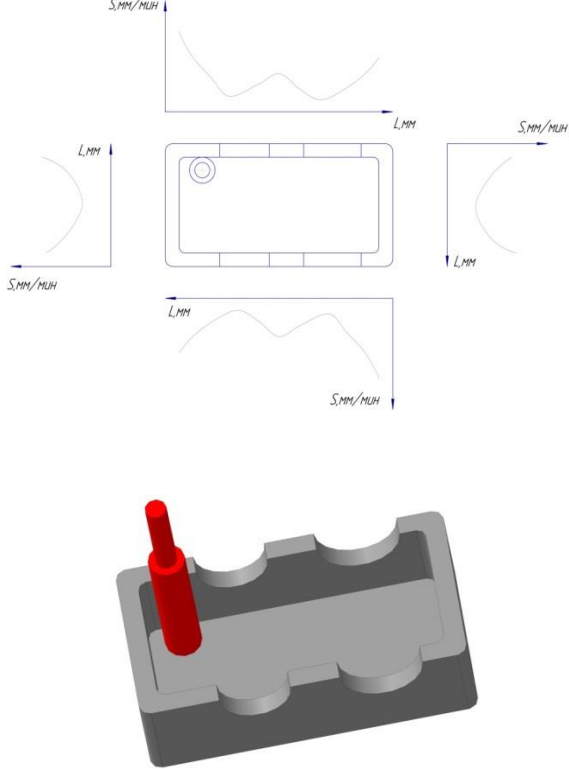
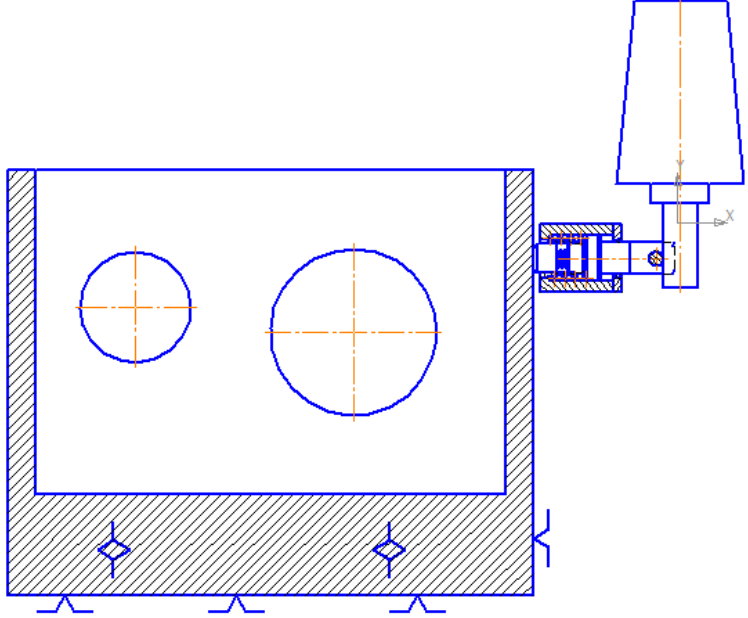
Рисунок 2 – Экранная форма результатов синтеза технологических решений

В таблице 3 приведены принципиальные схемы реализации двух ТР, полученных в результате комбинаторного синтеза и обладающих новизной. Техническое задание формулировалось следующим образом: "Способ

фрезерования плоской нежесткой корпусных деталей, в котором обеспечение заданных показателей волнистости, плоскостности и толщины стенки осуществляется автоматически, за счет изменения режима резания в процессе обработки".

Таблица 3

Технические решения, полученные на И-ИЛИ – графе

Обозн.	Схема
ТР-1	 <p>The diagram for TR-1 includes four graphs showing the relationship between cutting speed (S, mm/min) and feed (L, mm). The top graph shows a wave-like curve with S on the y-axis and L on the x-axis. The left graph shows a curve with L on the y-axis and S on the x-axis. The right graph shows a curve with S on the y-axis and L on the x-axis. The bottom graph shows a wave-like curve with L on the y-axis and S on the x-axis. Below the graphs is a 3D model of a grey part with a red tool cutting it.</p>
ТР-2	 <p>The diagram for TR-2 shows a cross-section of a part with two circular holes. A tool is shown cutting the part, with a coordinate system (X, Y) and a cutting direction indicated. The part is shown with hatching to indicate its thickness and the tool's position relative to the holes.</p>
...	.....

Представленные в таблице 3 технические решения предусматривают возможность управление показателями точности нежесткой детали посредством управления подачей инструмента или заготовки в зависимости от жесткости технологической системы, а также при помощи автоматической подводимой опоры.

Первое техническое решение, представленное в таблице 3, для обеспечения требуемых показателей точности предполагает изменение минутной подачи в зависимости от положения фрезы относительно нежесткой заготовки.

Во втором техническом решении предлагается использовать домкрат самоустанавливающийся с автоматической фиксацией подводимой опоры.

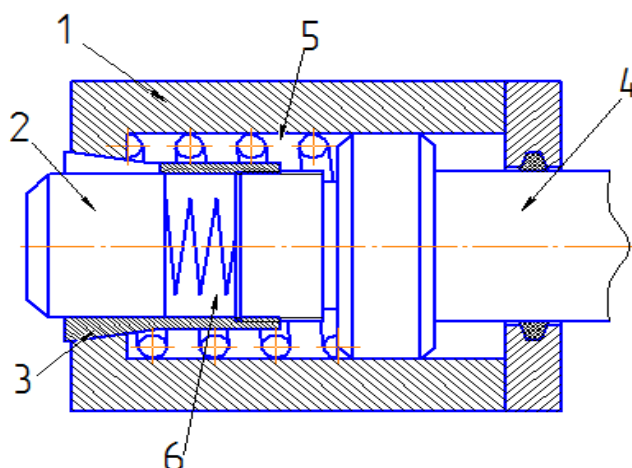


Рисунок 3 – Домкрат самоустанавливающийся с автоматической фиксацией подводимых опор

Домкрат самоустанавливающийся содержит корпус 1, в отверстии которого, размещены подводимая опора 2, зажимная цанга 3, ползун 4 и пружины 5, 6.

Домкрат самоустанавливающийся работает следующим образом. Шпинделем станка подается усилие на ползун 4. В результате чего ползун 4 перемещается и сжимает пружину 5, вызывая раскрепление подводимой опоры 2 из цанги 3. Раскрепленная подводимая опора 2 самоустанавливается по поверхности детали посредством пружины 6. После чего снимается усилие ползуна 4, который возвращается в исходное положение, а опора 2 автоматически закрепляется с помощью пружины 5 и цанги 3. Таким образом, предлагаемое техническое решение позволяет зафиксировать опору без ручных операций и подвода электроэнергии к движущемуся столу станка, следовательно, повысить производительность обработки и расширить технологические возможности использования опор с автоматической фиксацией.

Для использования предложенных технических решений требуются экспериментальные исследования, в частности математическое моделирование.

## Выводы

1. Созданное методическое и информационное обеспечение для проектирования способов управления точностью обработки нежестких деталей содержит более  $15 \cdot 10^4$  технических решений, отличающихся друг от друга по крайней мере хотя бы одним элементом или признаком.

2. Разработанный с использованием методологии поискового конструирования способ управления точностью обработки нежестких корпусных деталей при фрезеровании, основанный на изменении подачи в зависимости от положения фрезы относительно заготовки, позволяет повысить производительность обработки за счет сокращения основного времени. Предложенный способ управления точностью обладает признаком патентной чистоты.

3. Разработанная конструкция подводимых домкратов обеспечивает повышение жесткости технологической системы в процессе обработки и расширяет технологические возможности установки домкрата в станочное приспособление.

## Литература

1. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. – М.: Машиностроение, 1998. – 368 с., ил.

## Секция 4. НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

**Председатель секции: кандидат технических наук, профессор кафедры «Наземные транспортные системы» Площаднов Александр Николаевич**

УДК 625.76

### **К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ СНЕГООЧИСТИТЕЛЕЙ ОТБРАСЫВАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ**

Д.С. Алешков, Н.Ю. Аюпова

*Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия  
(СибАДИ), г. Омск*

В работе обосновывается необходимость классификации снегоочистителей отбрасывающего действия. Выявлено процентное соотношение современных снегоочистителей отбрасывающего действия.

Проблема борьбы со снежными заносами на дорогах в нашей стране, учитывая ее географическое положение, существовала всегда. Снежный покров в Российской Федерации лежит около 6 месяцев. Зимой 2012-2013 года избыток осадков наблюдался в центральных и северо-западных областях Европейской части, в низовьях Оби, Енисея, Хатанги и Лены, в Прибайкалье и Забайкалье, также на Сахалине, в Приморье и Магаданской области. В Омске в среднем за зиму бывает 159 дней с устойчивым залеганием снежного покрова [1]. Таким образом, приоритетными являются вопросы интенсификации технологического

процесса очистки от снега: тротуаров, городских улиц, автомагистралей и других территорий.

Одним из актуальных направлений является использование снегоочистителей отбрасывающего действия, которые выполняют практически полный цикл снегоуборочных работ и, как следствие, не образуют валов на обочине дороги, благодаря чему значительно уменьшается заносимость дорожного покрытия.

Рассмотрим современные тенденции развития снегоочистителей отбрасывающего действия на примере существующих моделей, которые образуют некоторое ограниченное множество  $U$ . Таким образом, в результате упорядочивания множества  $U$  снегоочистителей отбрасывающего действия, представляется возможным выявить доминирующие признаки их развития. Рассматривается номенклатурный ряд пяти производителей коммунальной и дорожной техники [3,4,5,6,7]. Упорядочивание которого осуществлялось по следующим признакам: предназначение снегоочистителя (рисунок 1); мощность двигателя (рисунок 2); тип рабочего органа (рисунок 3).

В результате проведенных исследований были сформированы упорядоченные множества шнекороторных и фрезерно-роторных снегоочистителей отбрасывающего действия [2,3,4,5,6,7], которые позволяют сделать следующие выводы:

1. Широкое видовое разнообразие шнеко-фрезерно-роторных снегоочистителей по всем признакам, по которым осуществлялось упорядочивание.

2. Доминирующим направлением с точки зрения количества элементов подмножества  $U$  является очистка от снега городских дорог и улиц снегоочистителями с мощностью двигателя от 20 до 60 кВт, где в качестве рабочего органа используется ленточная фреза.

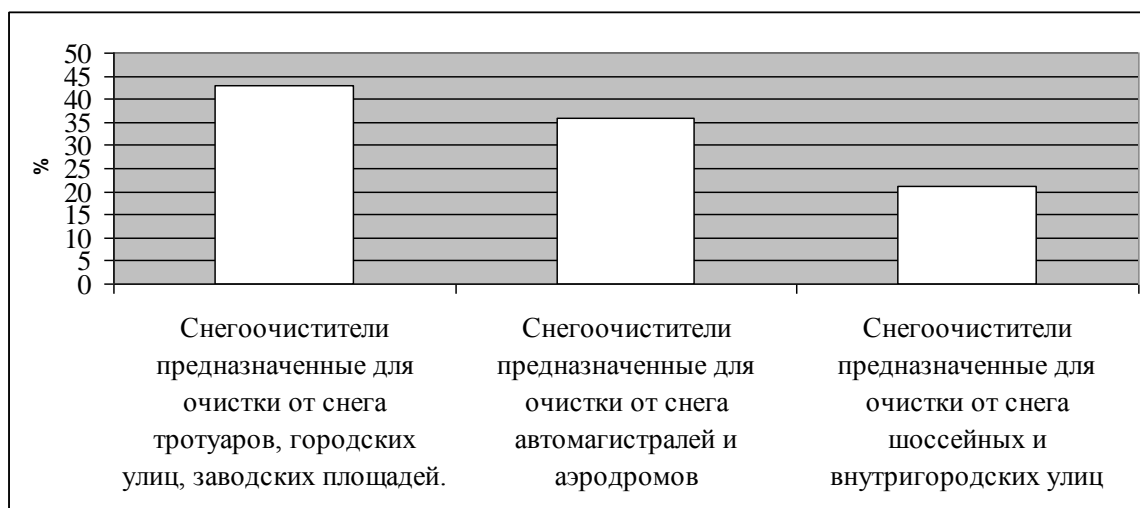


Рис. 1. Процентное соотношение шнеко-фрезерно-роторных снегоочистителей по функциональному назначению

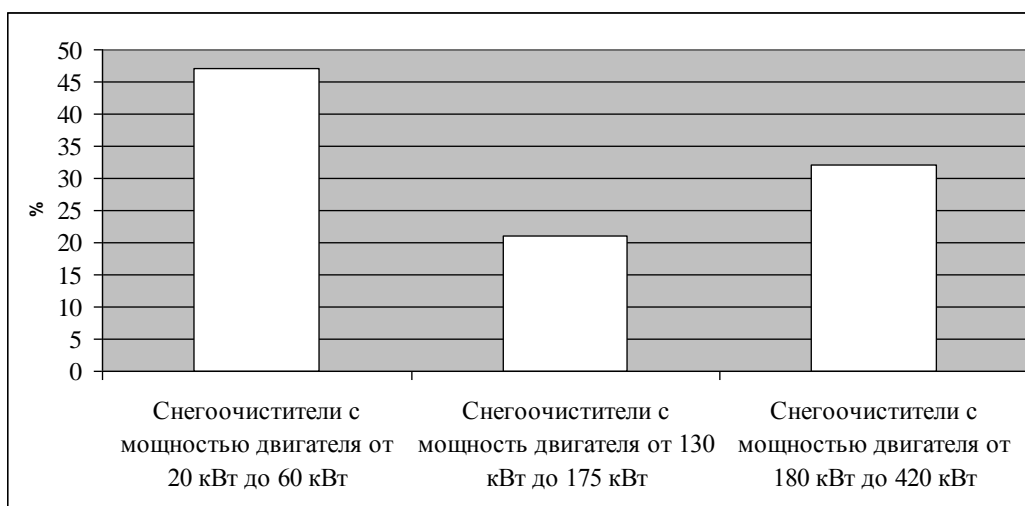


Рис. 2. Процентное соотношение шнеко-фрезерно-роторных снегоочистителей по мощности двигателя

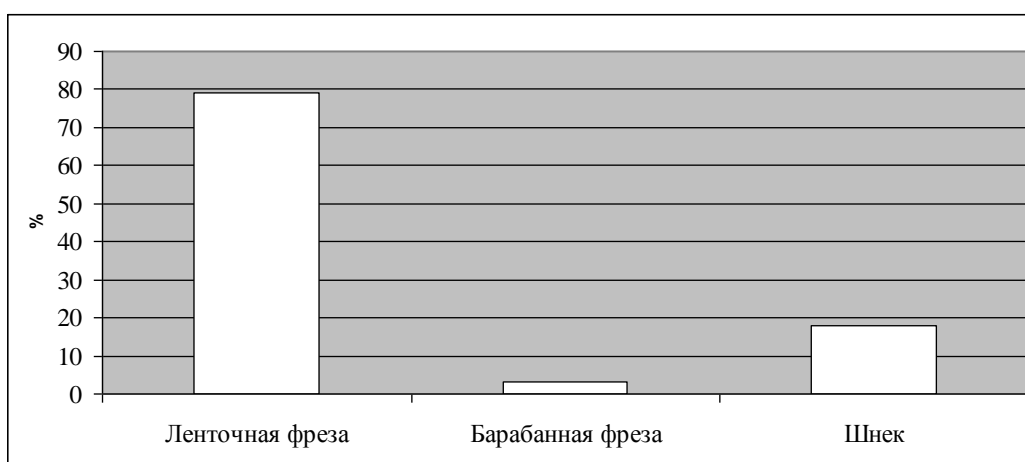


Рис. 3. Процентное соотношение шнеко-фрезерно-роторных снегоочистителей по типу рабочего органа

#### Список литературы

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2012 год [Электронный ресурс]. – Росгидромет. – М., 2013.
2. Машины для содержания и ремонта городских и автомобильных дорог: Учебное пособие для вузов по дисциплине «Дорожные машины» для специальностей 170900, 230100, 150600 и 291800 / В.И. Баловнев, М.А. Беляев и др.; Под общ. ред. В.И. Баловнева. – 2-е изд., дополн. и перераб. – Москва – Омск: ОАО «Омский дом печати», 2005. – 768 с., ил. 250, табл. 150.
3. <http://amkodor.by>
4. <http://www.fresia.it>
5. <http://schmidt-swk.de>
6. <http://special-machine.ru>
7. <http://www.smolmash.ru>

## **К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБРИДНЫХ ПОДВЕСОК В МНОГООПОРНЫХ МАШИНАХ**

Д.Н. Альмухаметов, бакалавр

М.С. Валенцев, аспирант

*Волгоградский государственный технический университет*

В настоящем исследовании обсуждается вопрос о применении активных или гибридных подвесок в многоопорных машинах и о существенном повышении плавности хода в данных подвесках.

В целом вопросы повышения плавности хода транспортных средств становятся актуальными, потому как это связано не только с требованиями повышения ресурса динамически нагруженных узлов транспортных средств, но и с необходимостью обеспечения высокой безопасности дорожного движения, комфортабельности водителя и пассажиров и защиты их от воздействия высокочастотных колебаний [4].

В настоящее время на отечественных транспортных средствах (ТС) применяются пассивные подвески, состоящие из упругих элементов и амортизаторов, характеристики которых не регулируются. Анализ таких подвесок показывает, что их потенциальные виброзащитные свойства недостаточны, так как в типичных условиях эксплуатации уровни вибраций различных АТС существенно выше допустимых. Это вызывает ухудшение самочувствия и утомление людей, являющегося причиной заболеваний водителей, ускоряет износ ходовых систем АТС и дорог, также снижает безопасность дорожного движения. В масштабах страны это все приводит к ежегодным убыткам в сотни миллиардов рублей [2]. На военной технике недостаточные виброзащитные свойства подвесок снижают боеспособность экипажа, точность стрельбы сходу [1]. Из вышесказанного следует, что пассивные подвески исчерпали свои возможности для повышения плавности хода, поэтому исследования направлены на создание управляемых подвесок.

Согласно данным [1], плавность хода, безопасность движения, топливная экономичность и другие эксплуатационные качества АТС во многом определяются виброзащитными свойствами подвески кузова, поскольку она является наиболее эффективным гасящим звеном между возбудителем колебаний со стороны дороги и подрессоренной массой. Несовершенство характеристик подвески снижает производительность и срок службы АТС, повышает их эксплуатационные расходы, снижает сохранность груза, ускоряет износ деталей и узлов подвески и ухудшает качество дорог.

Например, при эксплуатации АТС известно, что на дорогах с неровной поверхностью средняя скорость движения уменьшается на 40...50%, а производительность снижается на 30...40% [1]. Это связано с утомляемостью водителя, которое в свою очередь вызвано повышенным вибрационным колебанием. В результате снижается скорость движения автомобиля. Хотя, как показывают проведенные испытания зарубежных и отечественных грузовых



автомобилей, даже снижение скорости все равно не решает проблемы соблюдения допустимых норм вибронегруженности в соответствии с международным стандартом ИСО 2631-1:1997 или ГОСТ 31191.1-2004 (рис. 1) [1].

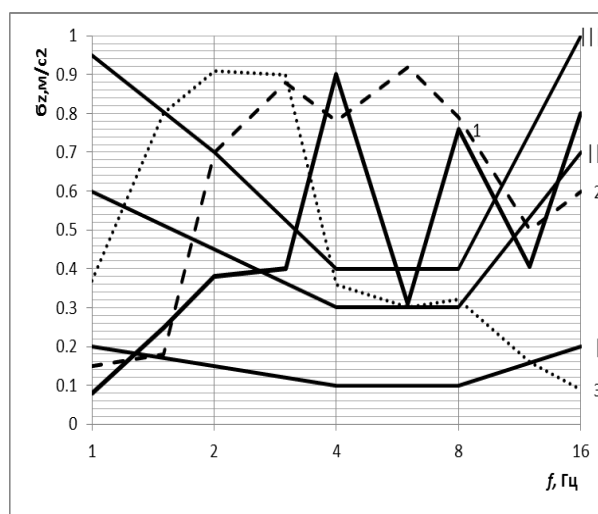


Рис. 1. Спектры вертикальных ускорений на сиденьях автомобилей:  
 I – граница комфорта по ИСО для  $T = 8$  ч; II и III – границы допустимой утомляемости без снижения производительности по ИСО для  $T = 8$  и  $4$  ч; 1 и 2 – седельные тягачи с полуприцепами без груза, скоростная автодорога, 89 и 96 км/ч, соответственно; 3 – пикап 3/4 т с грузом, работа в карьере, 16 км/ч

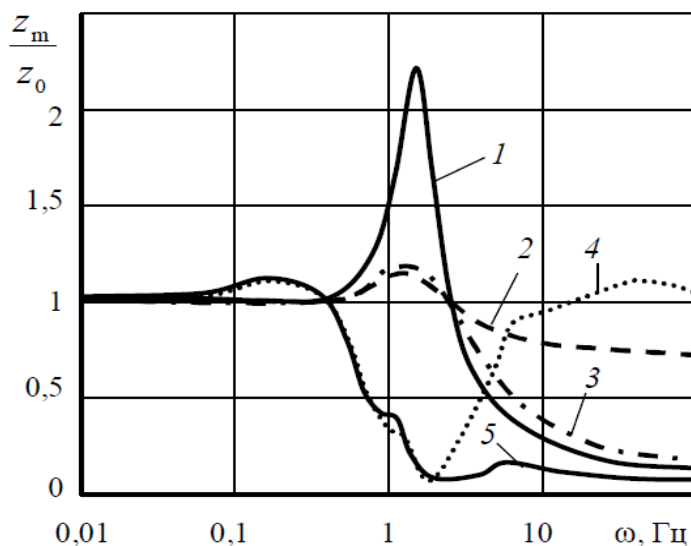


Рис. 2. АЧХ различных виброзащитных систем:  
 1 и 2 – пассивная нерегулируемая подвеска с разным уровнем демпфирования;  
 3 – пассивная подвеска с регулируемым в зависимости от частоты демпфированием; 4 – активная подвеска; 5 – гибридная подвеска

Анализ рис. 1, показывает нам, что ни один автомобиль не проходит по международному стандарту, и это нам говорит, что пора использовать управляемые подвески.

Сравним АЧХ различных систем поддрессоривания, таких как пассивные (регулируемые и нерегулируемые), активные и гибридные на рис. 2. У активной и пассивной системы резонансная область приближается к гладкой кривой (рис. 2), это говорит нам, что амплитуды колебаний данных систем очень малы, следует повышенная плавность хода.

В настоящее время еще не применяются активные и гибридные подвески на многоопорных машинах, но по исследованиям многих ученых можно сказать, что установка управляемых подвесок целесообразна, так улучшается не только плавность хода, комфортабельность езды, но и также увеличивается ресурс деталей систем поддрессоривания, [3] хоть это экономически невыгодно. Но в военной технике речь должна идти о качестве, а не о выгоде.

#### Список литературы

1. Новиков В.В. Динамика движения. В 3 ч. Ч. 1. Теоретические основы повышения виброзащитных свойств подвесок. Учеб. пособие; Волгоград. гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2008. – 112 с.

2. Слюняев И.Н. Модернизация транспортной системы России / И.Н. Слюняев // [Электронный ресурс] / Режим доступа <http://www.standartov.ru>

3. Investigation of Thermal Intensity of Hydropneumatic Spring of Vehicle / Е.А. Черкашина, М.В. Ляшенко, В.В. Шеховцов, М.С. Валенцев // Journal of KONES. Powertrain and Transport. – 2011. – Vol. 18, No. 1. – С. 99-102. – Англ.

4. Гофман Е.В., Макенов А.А., Давыдов А.А. Оптимизация показателей плавности хода автотранспортных средств // Студент и транспортная наука: Векторы инновационного развития: Матер. XXXIII респ. студ. научно-практ. конф., 20-24 апр. 2009 г. / Том II. – Алматы: КазАТК, 2009, С. 71-74.

### **РАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДБОР МАСЛА И ПЕРИОДИЧНОСТЬ ЗАМЕНЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ СИЛОВОЙ ПЕРЕДАЧИ АВТОМОБИЛЕЙ КАМАЗ И УРАЛ**

М.И. Артеменко, Е.М. Артеменко

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) АлтГТУ*

В статье приведены данные исследований влияния сорта масла и периодичности замены на износ деталей цилиндрических и конических шестерен главных передач автомобилей.

Проблема повышения долговечности трущихся поверхностей деталей находится в очень тесной связи с проблемой рационального подбора и применения смазочных материалов. Однако при эксплуатации автомобиля с начала массового производства и до настоящего времени для смазки деталей агрегатов силовой передачи большинства машин использовался летний и

зимний нигрол (ГОСТ 542-86), состав которых не претерпел за это время существенных изменений.

В настоящее время большинство автомобилей не имеют фильтров для очистки масла в агрегатах силовой передачи.

При эксплуатационных исследованиях агрегаты силовой передачи УРАЛ и КамАЗ силовой передачи были заправлены маслом АК-15, МТ-16п, ТАп-15.

В процессе эксплуатационных исследований из картеров агрегатов силовой передачи автомобилей производился отбор проб масла, которые подвергались физико-химическому анализу.

Максимальная температура, полученная во время эксплуатационных исследований, в картере коробки передач КамАЗ составляла при работе на масле МТ-16п – 77,5°C, на масле АК-15 – 83°C, на масле ТАп-15 – 88°C. Предельная рабочая температура масла, при температуре окружающего воздуха 19-22°C, равная при работе на масле АК-15, МТ-16п и ТАп-15 – 79-85°C.

Анализ проб масла, отобранных в процессе эксплуатационных исследований из картера коробки передач и главной передачи КамАЗ, показал, что общее количество механических примесей в масле по мере работы автомобиля возрастает и за межремонтную наработку достигло: при работе на масле МТ-16п – 0,095%; на масле АК-15 – 0,68%; на масле ТАп-15 – 1,5%. Максимальное содержание несгораемых механических примесей составило: при работе на масле МТ-16п – 0,07%; на масле АК-15 – 0,37%; на масле ТАп-15 – 0,7% и на нигроле – 0,52%; в том числе абразивных частиц при работе МТ-16п – 0,035%; на масле АК-15 – 0,06%; на масле ТАп-15.

Лабораторные и эксплуатационные исследования показали, что с увеличением содержания абразивных частиц в масле увеличивалась скорость изнашивания трущихся поверхностей деталей агрегатов силовой передачи. При этом на скорость изнашивания трущихся поверхностей оказывает влияние не только количество абразивных частиц, но их размеры.

При эксплуатационных исследованиях за межремонтную наработку фактические износы зубьев шестерен и шлиц валов и шестерен коробки передач и главной передачи КамАЗ находились в пределах: зубья цилиндрических шестерен 0,02-0,20 мм; зубья конических шестерен 0,01-0,30 мм; шлицы валов и шестерен 0,01-0,23 мм. Фактические износы деталей главной передачи силовой передачи УРАЛ находились в пределах: зубья цилиндрических шестерен 0,003-0,174 мм; зубья конических шестерен – в пределах допуска на изготовление; шлицы валов и шестерен 0,003-0,138 мм.

При полученных в процессе эксплуатационных исследований скоростях изнашивания трущихся поверхностей деталей замену масла в агрегатах силовой передачи целесообразно производить при наработке автомобиля КамАЗ 10 тыс. часов и пробеге УРАЛа – 15 тыс. км.

При работе агрегатов силовой передачи автомобиля УРАЛ происходят изменения физико-химических свойств масла. Основные изменения связаны с накоплением в масле механических примесей. Кроме того, в процессе работы

повышается вязкость масла ТАп -15. Повышение вязкости масел АК-15 и МТ-16п в процессе работы практически не происходит.

Анализ противоизносных свойств масел и суммарных удельных затрат на смазочные и ремонтные работы и расход топлива показал, что целесообразно для смазки деталей агрегатов силовой передачи автомобилей КамАЗ и УРАЛ масло АК-15 и МТ-16п в качестве всесезонного трансмиссионного масла с заменой его при ремонте агрегата.

#### Список литературы

1. Исследование влияния сорта масла и периодичности замены на износ деталей главной передачи КамАЗа: Труды ГОСНИТИ. 1987. №11.
2. Результаты испытаний автомобилей УРАЛ в условиях низких температур. 1987 г.

### ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗНОСА СЦЕПЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Б.А. Ахметханов, Р.Р. Басыров

*Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВПО  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»*

В данной работе сгруппированы основные неисправности сцепления автомобиля и специфические требования к ним.

Сцепление предназначено для кратковременного отсоединения работающего двигателя от трансмиссии и плавного их соединения. Отсоединять трансмиссию от двигателя необходимо при остановке, торможении автомобиля и переключении передач; плавно соединять их – при трогании автомобиля с места и после переключении передач во время движения [1].

При интенсивной эксплуатации автомобиля могут возникнуть следующие неисправности сцепления и привода сцепления:

- износ и повреждения накладок ведомого диска;
- деформация ведомого диска;
- замасливание накладок ведомого диска;
- износ шлицев ведомого диска;
- износ или поломка демпферных пружин;
- поломка или ослабление диафрагменной пружины;
- износ или поломка подшипника выключения сцепления;
- износ поверхности маховика;
- износ поверхности нажимного диска;
- заедание вилки выключения сцепления.

С учетом назначения, места в схеме передачи энергии трансмиссией автомобиля, к сцеплению предъявляются следующие *специфические требования*:

1. Надежная передача крутящего момента от двигателя к коробке передач.
2. Полнота включения.

3. Полнота («чистота») выключения, обеспечивающая полное разъединение двигателя и трансмиссии.

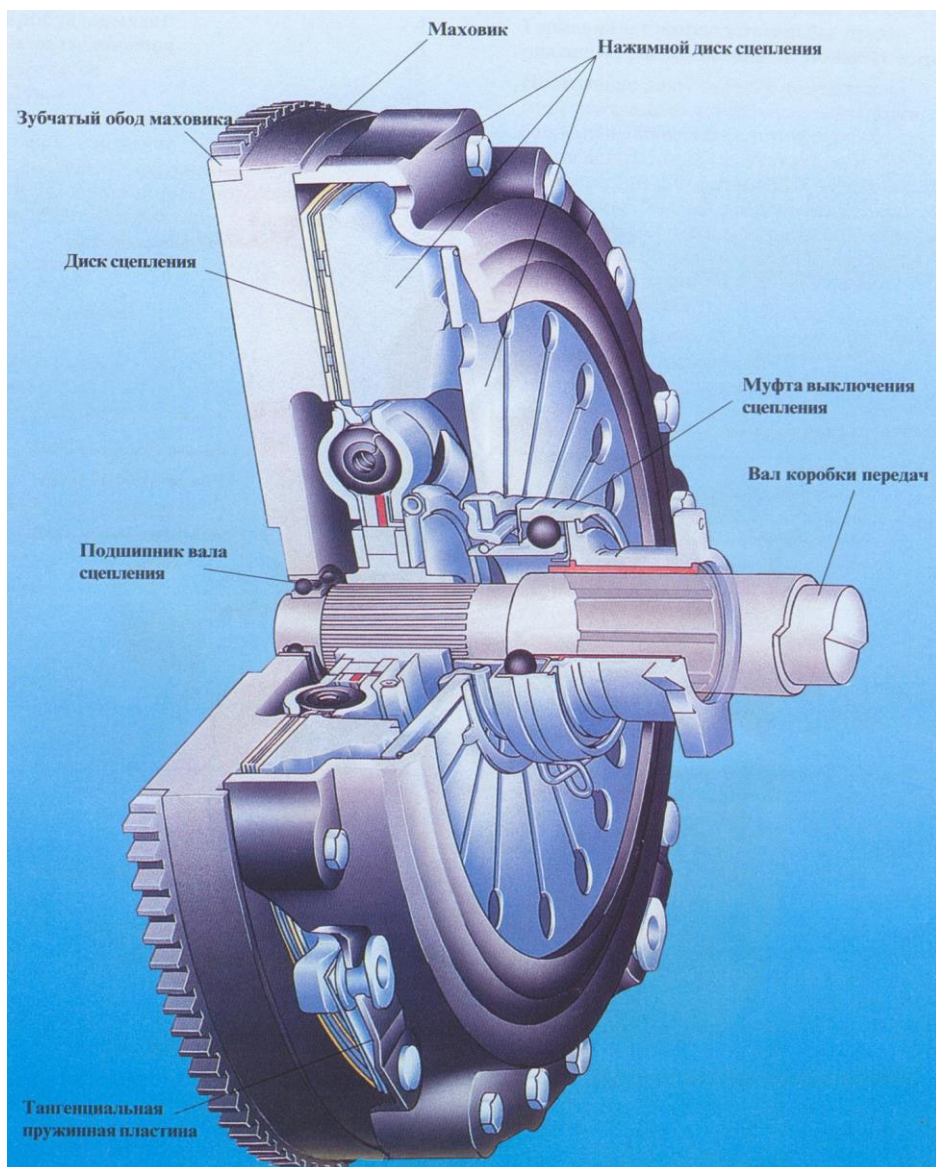
4. Плавное включение, обеспечивающее заданную интенсивность трогания с места автомобиля или после включения передачи.

5. Предохранение трансмиссии и двигателя от перегрузок и динамических нагрузок.

6. Малый момент инерции ведомых деталей сцепления, снижающий ударные нагрузки на зубья колес при переключении передач.

7. Обеспечение нормального теплового режима работы и высокой износостойкости за счет интенсивного отвода тепла от поверхностей трения.

8.  
Хорошая



уравновешенность с целью исключения «биений» и, соответственно, динамических нагрузок при работе сцепления.

9. Легкость и удобство управления, возможность автоматизации процессов включения и выключения.

### Рис. 1 – Сцепление MFZ-430

К сцеплениям предъявляют и общие конструкционные требования, такие как: простота устройства, малая трудоемкость и удобство технического обслуживания; минимальные размеры и масса; технологичность и низкая стоимость производства; ремонтпригодность; низкий уровень шума.

Большинство неисправностей возникают в связи несоблюдения правил эксплуатации автомобиля. Которые включают в себя: главным образом стиль вождения, своевременное ТО, а также дорожные условия, в которых эксплуатируется автомобиль.

Рассмотрим частный случай работы сцепления – неполное выключение, когда диск сцепления не полностью разъединяется с нажимным диском. Т.е. даже при выжатом сцеплении часть энергии от двигателя продолжает поступать на трансмиссию. Переключение передач в этом случае приводит к скрежету в коробке передач, из-за вращающихся шестерен. Если же будет проходить значительная передача крутящего момента, то переключение

скорости будет невозможным. Данная проблема может возникнуть по следующим причинам:

- растянулся или оборвался трос сцепления;
- тугая педаль сцепления;
- человеческий фактор;
- утечка жидкости из системы гидропривода через соединения или трубопроводы;
- недопустимое увеличение свободного хода педали сцепления;
- коробление ведомого диска;
- неровности на рабочих поверхностях дисков сцепления или маховика;
- наличие воздуха в системе гидропривода.

При неполном включении сцепления (сцепление "буксует"):

- недостаточный свободный ход педали сцепления;
- ослабление нажимных пружин сцепления;
- повышенный износ фрикционных накладок ведомого диска;
- замасливание фрикционных накладок ведомого диска, поверхностей маховика и нажимного диска;
- неполный возврат педали сцепления при потере упругости оттяжной пружины.

#### Литература

1. Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В. Основы конструкции автомобиля. – М.: За рулём, 2006. – 336 с.

### **ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА НА УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОМОБИЛЯ**

Студенты гр. ММФ – 552 С.С. Бахмацкий, С.С. Зуев,  
старший преп. В.А. Камерлохер

*Филиал Южно-Уральского государственного университета  
(научно-исследовательского университета) в г. Миассе*

В работе исследуются безопасность движения автомобиля и влияние дорожного полотна на его устойчивость.

Дорожные условия оказывают значительное влияние на режим и безопасность движения как отдельных автомобилей, так и всего потока транспортных средств в целом. Большая роль в обеспечении безопасности движения принадлежит основным технико-эксплуатационным показателям автомобильных дорог. К числу таких показателей, в частности, относится ровность и шероховатость дорожного покрытия, наличие выбоин, погодные условия и климат.

Важной задачей повышения безопасности движения является устранение скользкости покрытия. Шероховатость покрытия в процессе эксплуатации снижается в результате истирания каменных материалов под действием шин транспортных средств. Растет тормозной путь, увеличивается вероятность ДТП. Снижение коэффициента сцепления происходит также в результате действия

атмосферных осадков, загрязнения, температурного размягчения асфальтобетонного покрытия. Неровность покрытия, по данным ГИБДД, является причиной 13-18% ДТП, связанных с неблагоприятными дорожными условиями, она вызывает колебания подвески, что может привести к потере управляемости. Наличие неровностей на дорогах повышает утомляемость водителей, отвлекает их внимание от восприятия других объектов на дороге, снижает пропускную способность дороги и в конечном итоге снижает производительность. Единственным эффективным методом борьбы с неравномерностью покрытия является, кроме качественного строительства, своевременный ремонт. Однако хочется отметить, что ремонтные работы проезжей части улиц и дорог также создают зоны повышенной опасности и значительно снижают эффективность транспортного процесса в результате образования предзаторных и заторных условий движения. Автомобили в нашей стране эксплуатируются в различных климатических и дорожных условиях. Это и усовершенствованные дороги больших городов, автомагистрали, дороги с твердым покрытием и без него, а зачастую и полное бездорожье. Много дорог проложено в горных районах страны. В климатическом отношении – это холодный климат северных районов с длительным периодом эксплуатации в условиях снегопадов и гололеда, а также в условиях жаркого климата летом.

С ростом количества автолюбителей растет и количество дорожно-транспортных происшествий. По итогам 2005 года первое место по количеству жертв аварий принадлежит Китаю – 98 470 человек, в Индии погибло за год 94 970 человек, в США – 43 440 погибших, в Бразилии и России – по 34 000 человек. Для сравнения, в Японии эта цифра составила 6 870 человек, в Великобритании – 3 200, в Австралии – 1 640, в Австрии – 770, в Дании – 330 человек (по данным ЕК).

Россия занимает четвертое место по количеству жертв и ДТП. Только за 2006 год в России произошло 229 140 ДТП (на 2,6% больше, чем в 2005-м), в результате погибли 32 724 человека, а общее число пострадавших выросло на 3,8% и составило 285 362 человека.

Самое страшное, что в результате многих аварий погибло 1 276 человек детей, а 25 720 детей получили повреждения различной степени тяжести.

На дорогах Южного Урала зонами повышенной опасности являются горные, извилистые и с резкими поворотами участки дорог. А если принять во внимание тот факт, что, в частности, лишь в одной Челябинской области протяженность автомобильных дорог общего пользования составляет 9,9 тыс. км, в том числе более 96% занимают дороги с твердым покрытием. Удельный вес дорог с усовершенствованным покрытием в протяженности автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием составляет 74,7%. Сложно представить, сколько может существовать зон высокого риска на дорогах Южно – Уральского региона.

Такое разнообразие дорожных и климатических условий требует от водителей автомобилей многогранного мастерства и постоянного его совершенствования. Особенно это относится к водителям, которые



эксплуатируют автомобили в резко меняющихся условиях, когда требуется оперативно оценить изменившуюся обстановку и принять необходимые меры для обеспечения безопасности движения.

От дорожных условий, характеризующихся технической категорией дороги, зависит режим эксплуатации автомобиля.

Все автомобильные дороги делятся на пять категорий:

Дороги **I** и **II** категорий с капитальными типами покрытий полностью отвечают условиям автомобильного движения. К их числу относят, например, новые автомагистрали с несколькими полосами движения в каждом направлении и двухполосные, имеющие по одной полосе движения в одну сторону. Широкие полосы движения (3,75 м), ограниченные максимальные уклоны (3...4%), увеличенные радиусы поворота и расширенные обочины обеспечивают на этих дорогах безопасность движения и достаточную пропускную способность.

Дороги **III** категории, рассчитанные на менее интенсивное движение, имеют облегченное усовершенствованное покрытие. Ширина каждой полосы движения такой дороги может быть уменьшена до 3,5 м, радиусы кривых в плане до 400 м, максимальные уклоны до 5%.

К **IV** категории относятся дороги с твердым покрытием, но не всегда усовершенствованным (булыжник, гравий). Ширина полосы движения на них не более 3 м, минимальные радиусы поворотов 250 м, максимально продольные уклоны 6%.

К **V** категории относятся профилированные дороги, не имеющие твердого покрытия (проходящие по естественному грунту). Иногда их поверхность обрабатывают специальными добавками, связывающими грунт, и несколько повышающими стойкость верхнего слоя. В осеннюю и весеннюю распутицу, а также в период снежных заносов они обычно становятся непроезжими, но в начале зимы, с наступлением первых морозов и до сильных снегопадов, а также летом в сухое время грунтовые дороги обладают хорошими качествами для эксплуатации.

Для дорог **I** категории, проходящих по равнинной местности, расчетная скорость с учетом обеспечения безопасности движения составляет 150 км/ч, а для дорог **II** категории – 120 км/ч. Действительная максимальная скорость с учетом интенсивности движения и геометрии трассы, которая может быть практически реализована, составляет примерно 85% от расчетной.

На отдельных участках некоторых магистралей с наиболее благоприятными условиями для скоростного движения по решению местных органов власти разрешается движение с более высокой скоростью, чем установлено Правилами дорожного движения для всех дорог (90 км/ч).

Для дорог **III** категории, проходящих по равнинной местности, расчетная скорость 100 км/ч, а для пролегающих по пересеченной местности – 80 км/ч.

Для дорог **IV** категории эти цифры соответственно равны 80 и 60 км/ч.

Таким образом, для многих дорог **III** и **IV** категорий наибольшая допустимая скорость для автомобилей будет меньше верхнего предела

скорости, установленного Правилами дорожного движения. На таких дорогах обычно устанавливаются дорожные знаки, ограничивающие скорость движения.

**Уклон дороги.** На прямых участках дорог поперечный профиль устраивают двускатным, образующим выпуклость с небольшим возвышением у оси, что способствует стоку воды.

Примечание: поперечный уклон на гравийных и щебеночных покрытиях принимают 25÷30%; на покрытиях из грунтов, укрепленных местными материалами, – 30÷40%.

**Силы, действующие на автомобиль.** При движении автомобиля по дороге на него действуют сила тяжести, силы реакции дорожного полотна, сила тяги, центробежная сила, сила сцепления, сила сопротивления воздуха, сила сопротивления качению. Наиболее сильно на устойчивость автомобиля влияет сила сцепления колёс с дорожным полотном и боковая инерционная сила (центробежная сила), возникающая при прохождении поворота дороги.

**Сила сцепления** шины с дорожным полотном возникает в процессе движения и зависит от многих факторов:

- От качества покрытия дорожного полотна.
- От состояния дорожного полотна (сухое, влажное, заснеженное, обледенелое). Так, при сухом покрытии сила сцепления намного больше, чем при обледенелом.
- От технического состояния колес (конструкции шины, давления, рисунка протектора и его износа, а также от качества самой резины). При изношенном рисунке протектора и увеличенном давлении в колесе сила сцепления с дорогой уменьшается.
- От массы автомобиля – с увеличением массы транспортного средства сила сцепления с дорогой увеличивается.
- От скорости движения – с ее увеличением уменьшается сила сцепления с дорожным полотном.

Водителю необходимо учитывать все эти факторы, так как, когда сила тяги на колеса автомобиля превышает силу сцепления с дорожным полотном, может произойти пробуксовка колес, а на скользкой дороге возможны заносы и выход из-под контроля управления автомобиля.

Коэффициент сцепления шин зависит от материала дорожного покрытия.

От 0,08 (на льду) – до 0,8 (на бетоне).

Если принять то, что радиальная реакция всегда остаётся постоянной, то сила сцепления шин с дорожным покрытием зависит от коэффициента сцепления, т.е. от материала и состояния дорожного покрытия.

**Центробежная сила** возникает в момент прохождения поворотов или смещения транспортного средства влево или вправо относительно проезжей части. В эти моменты автомобиль стремится сохранить первоначально заданное направление движения. Величина этой силы прямо пропорциональна радиусу вхождения в поворот. Направление ее действия – от центра тяжести в

противоположную сторону поворота. Так, при вхождении в правый поворот центробежная сила старается отклонить автомобиль влево на встречную полосу, а при прохождении левого поворота – вправо, в сторону обочины. Уменьшить ее значение можно только снижением скорости движения и увеличением радиуса траектории входа в поворот. При неправильной выбранной скорости и радиусе поворота центробежная сила может развернуть автомобиль вокруг его оси, что приведет к заносу, отбросить в сторону и, наконец, перевернуть.

Для уменьшения величины центробежной силы при прохождении поворота нужно уменьшить скорость автомобиля и увеличить радиус прохождения поворота, что достигается оптимальной траекторией движения.

В заключение стоит отметить, что для безопасного вождения на высоких скоростях водитель должен стремиться к повышению устойчивости своего автомобиля.

Это достигается увеличением веса автомобиля, понижением центра его тяжести, удлинением базы и расширением колеи, адекватным выбором шин согласно сезону, а также правильной регулировкой тормозов и соблюдением скорости, соответствующей состоянию дороги.

#### Список литературы

1. Касьянов М.М. Приоритеты дорожной отрасли/ / Автомобильные дороги, 2001.
2. Российский статистический ежегодник за 2000 г. – М., Госкомстат, 2001.
3. Автомобильные дороги: безопасность, Экологические проблемы, экономика (российско-германский опыт). Под ред. В.Н. Луканина, К-Х. Ленца. – М.: Логос, 2002. – 624 с.
4. Аэродинамика автомобиля. М.: Машиностроение, 1987. Оригинал: Aerodynamik des Automobils, Vogel-Verlag, 1981.
5. <http://krivayadorogi.ru/dorogi/18>
6. [www.auto.ru](http://www.auto.ru)

#### **КОМПОНЕНТЫ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ**

Студент гр. ММФ-552 В.С. Букин, старший преп. В.А. Камерлохер  
*Филиал Южно-Уральского государственного университета  
(научно-исследовательского университета) в г. Миассе*

В работе исследуются наиболее токсичные компоненты отработавших газов самоходного оборудования и механизмов с ДВС – сажа.

Современное состояние атмосферного воздуха – это одна из основных экологических проблем общества. В настоящее время свыше 80% всех вредных веществ, поступающих в атмосферу, приходится на транспорт, в первую очередь на автомобили.

Наиболее токсичным компонентом отработавших газов самоходного оборудования и механизмов с ДВС является сажа. Таким образом, существует реальная необходимость в проведении работ, направленных на снижение концентрации сажи, выбрасываемой машинами и механизмами с дизельным двигателем в атмосферу, для обеспечения безопасных условий жизнедеятельности человека. Поэтому проблема загрязнения атмосферы выбросами автотранспорта и механизмами с ДВС является актуальной.

Актуальность поиска решений проблемы выбросов можно подтвердить примером – современные технологии добычи руд открытым и подземным способом связаны с применением дизельного самоходного оборудования, в результате которого воздух в карьерах и шахтах загрязняется ядовитыми выхлопными газами и мелкодисперсной сажой.

Несмотря на многочисленные попытки заменить двигатель внутреннего сгорания каким-либо другим, не выделяющим токсичные вещества, альтернативы ему пока нет. А если принципиально новый двигатель и появится, то переналадка производства для его крупносерийного выпуска потребует грандиозных капиталовложений и произойдет далеко не сразу. Вместе с тем уже сейчас человечество подошло к той черте, когда без экологически чистого автомобиля просто не обойтись. И выход пока видится один: надо если не полностью исключить, то, во всяком случае, свести к минимуму вредные выбросы ДВС.

**САЖА** – это продукт неполного сгорания углеродистых веществ. Это бесформенное тело без кристаллической решетки.

Сажа является основным компонентом нерастворимых твердых частиц от выхлопа ДВС.

В отработавших газах (ОГ) дизельных двигателей сажа состоит из неопределенных частиц с размерами 0,3-100 мкм.

Норма сажи в ОГ составляет 0,8 г/м<sup>3</sup>. Скорость сжигания сажи зависит от размера частиц (при размере частиц меньше 0,01 мкм сажа сжигается полностью).

Определение параметра выброса сажи заключается в измерении фотометром коэффициента отражения света Q от фильтра, через который пропущена проба газа из струи отработавших газов двигателя.

Система, обеспечивающая отбор и пропускание пробы газа через фильтр, включает пробоотборник, газоподводящую трубку и фильтродержатель с фильтром, а также устройства, позволяющие устанавливать необходимый режим пропускания газа и измерять его параметры (фильтр грубой очистки, клапаны, вакуумный насос, измерители и т.п.).

Частицы сажи выбрасываются главным образом дизелями.

Таблица 1

Содержание веществ в отработавших газах двигателей внутреннего сгорания, % по объему

Состав ОГ	Содержание в объеме, %		Примечание
	Бензин	Дизель	
Сажа	0,04	0,01-1160	Токсично
Бенз(а)пирен	До 0,02	До 0,01	Канцерогенно

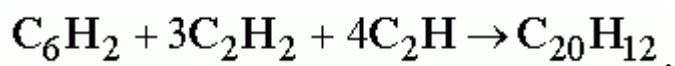
Причина образования сажи заключается в том, что энергетические условия в цилиндре дизельного двигателя оказываются недостаточными, чтобы молекула топлива разрушилась полностью. Более легкие атомы водорода диффундируют в богатый кислородом слой, вступают с ним в реакцию и как бы изолируют углеводородные атомы от контакта с кислородом.

Образование сажи зависит от температуры, давления в камере сгорания, типа топлива, состава топливо-воздушной смеси. Содержание сажи в ОГ уменьшается с увеличением угла опережения впрыска топлива. При уменьшении этого угла выделение сажи заметно возрастает. Количество сажи зависит от температуры в зоне сгорания.

Существуют другие факторы образования сажи – зоны обогащенной смеси и зоны контакта топлива с холодной стенкой, а также неправильная турбуленция смеси.

Образование сажи представляет собой объемный процесс термического разложения (пиролиза) углеводородов в газовой (паровой) фазе в условиях сильного недостатка (отсутствия) окислителя (кислорода).

Реакция пиролиза углеводородов может быть выражена уравнением:



которое не описывает действительного механизма, приводящего к образованию твердого углерода.

Механизм образования включает несколько стадий:

- образование зародышей;
- рост зародышей до первичных частиц (шестиугольных пластинок графита);
- увеличение размеров частиц (коагуляция) до сложных образований – конгломератов, включающих 100-150 атомов углерода;
- выгорание.

Скорость образования сажи определяется скоростью химических процессов, приводящих к возникновению зародыша (т.е. кинетикой процесса).

Установлено, что образование сажи зависит от свойств топлива. Чем выше молекулярный вес предельных и непредельных углеводородов с прямыми цепями, тем выше скорость образования сажевых частиц. Это можно объяснить тем, что прочность одной и той же связи зависит от длины молекулы. Выявлено также, что концентрации сажи тем больше, чем выше отношение С/Н в топливе.

При турбулентном перемешивании горячей смеси образование сажи уменьшается, а выгорание ее увеличивается. Интересно сопоставить экспериментальные данные с концентрацией С, полученной расчетом из условий равновесия для средних параметров газа в цилиндре. Равенство нулю равновесной концентрации С является дополнительным подтверждением того, что образование сажи происходит в местных переобогащенных топливом зонах.

Образование сажи в дизелях может происходить также при попадании струй топлива на сравнительно холодные стенки цилиндра.

Выброс сажи увеличивается с ростом нагрузки на двигатель, сопровождаемым обогащением топливо-воздушной смеси. Граница прекращения дымления соответствует составу смеси при коэффициенте избытка воздуха 1,2.

Исправный дизельный двигатель на холостом ходу частиц сажи (твердых частиц) почти не выбрасывает. Усиленный выброс твердых частиц или несгоревшего топлива указывает на нарушения процесса сгорания, вызванные плохой подготовкой топливо-воздушной смеси, например, из-за неисправных распылителей форсунок, ошибочно установленного начала подачи или высокого расхода масла при износе деталей.

Сажа – это вещество очень въедливое. Длительный контакт с ней вызывает рак кожи, изменение структуры бронхов, легких, нарушает их деятельность. Сажа имеет большую пористую поверхность, поэтому она обладает свойством поглощения различных веществ, в том числе и вредных. Попадая в поверхностные воды, она способствует повышению их щелочной реакции. В саже содержится и бензопирен. Это канцерогенное вещество. Многочисленные научные данные показывают, что особенно много бензопирена выделяется во время разгона, торможения, при работе двигателя на холостом ходу, а также при езде по плохим дорогам. Статистически установлено частое появление злокачественных опухолей у людей, длительное время дышавших воздухом с бензопиреном.

При вдыхании сажи ее частицы вызывают негативные изменения в системе дыхательных органов человека. Если относительно крупные частицы сажи размером 2-10 мкм легко выводятся из организма, то мелкие, размером 0,5-2 мкм, задерживаются в легких, дыхательных путях, вызывают аллергию. Как и любая аэрозоль, сажа загрязняет воздух, ухудшает видимость на дорогах, но, самое главное, на саже адсорбируются ароматические углеводороды, в том числе канцерогенный бензопирен, токсичные свойства которого хорошо известны.

В проект норм Euro 5/6 включена новая методика измерения массового содержания твердых частиц (сажи) в ОГ (подобная методике, предусмотренной в нормах США 2007 г.). В этих стандартах также устанавливаются количественные нормы предельного содержания твердых частиц в ОГ (методика РМР) в дополнение к значениям предельного содержания по массе. Для норм Euro 5/6 добиться соответствия содержания твердых частиц по массе можно только с помощью «закрытых» сажевых фильтров (рис. 1). Введение количественных значений предельного содержания предотвращает возможность разработки в будущем «открытых» фильтров, которые понижают содержание в ОГ твердых частиц по массе, но дают возможность проходить через фильтры большому количеству ультрамелких частиц сажи.

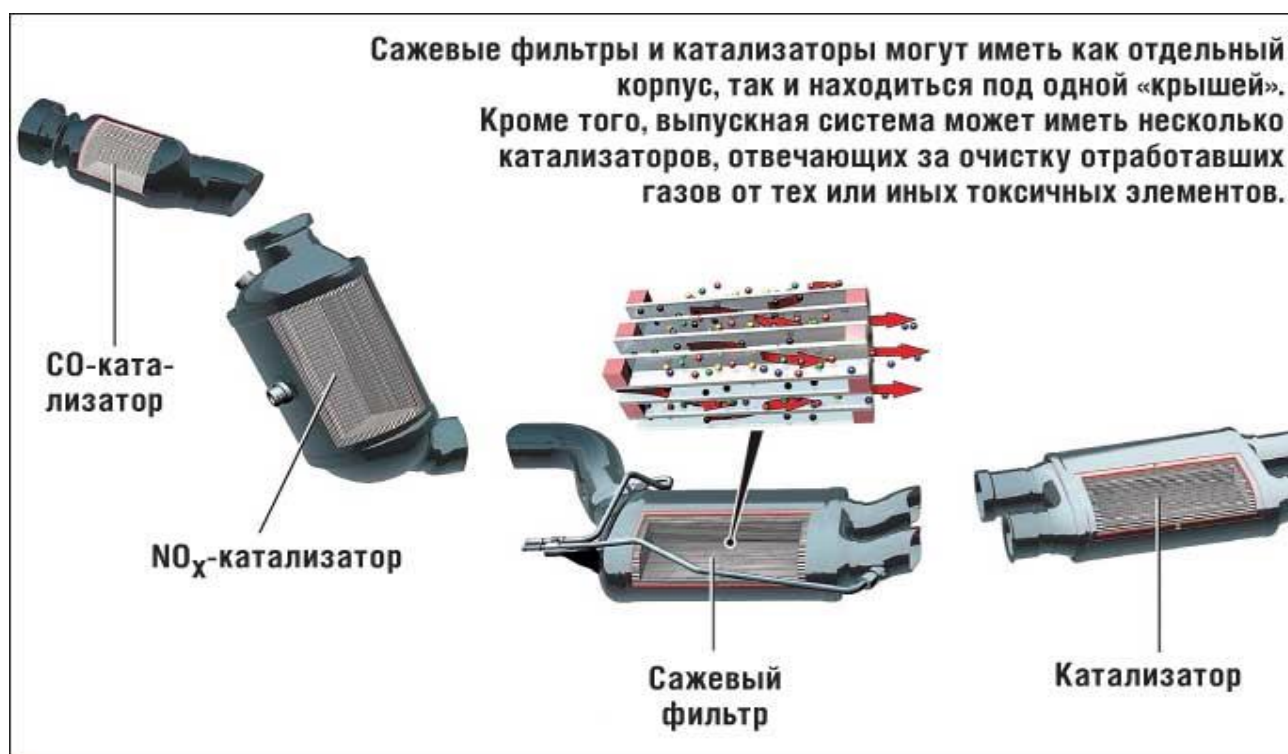


Рис. 1. Сажевый фильтр и катализатор

#### Список литературы

1. Разлейцев Н.Ф. Моделирование и оптимизация процесса сгорания в дизелях. – Харьков: Вища школа, 1980. – 169 с.
2. Alkidas A.C. Relationship between smoke measurements and particulate measurements. SAE Techn. Pap. Ser., 1984, N 840412, 9p.
3. Сводный отчет об охране атмосферного воздуха за 2003 г. – М.: Госкомстат РФ, 2004. – 272 с.
4. Кузубова В.Ю., Яблокова Е.П. Экологические проблемы автомобильного транспорта. – Новосибирск, 1995. – 113 с.

УДК 630\*377: 629.114.2

### МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ НАВЕСНЫХ ТОЛКАТЕЛЕЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН

А.С. Войнаш

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Рубцовск*

Рассмотрены технические решения, в которых навесные толкатели используются по новому назначению.

Навесной бульдозер легкого типа – толкатель – является важным узлом технологического оборудования бесчokerных трелевочных, валочно-трелевочных, сортиментовозов и других лесозаготовительных машин (ЛЗМ). Толкатель используют на заключительных операциях технологического цикла

трелевки: при выравнивании комлей и штабелевке. Как известно, ЛЗМ часто приходится двигаться по лесной целине. При этом возникает необходимость во вспомогательных работах: расчистке волоков, подготовке площадок и т.п. Оснащение толкателем ЛЗМ позволяет выполнять эти работы, тем самым повысить мобильность и снизить потребность в специальной дорожно-строительной технике.

Вопросы выбора параметров толкателя ЛЗМ и его гидропривода рассматривались ранее, [1]. Однако в последние десятилетия появились технические решения, в которых толкатель получил новое функциональное назначение. Анализ научно-технической и патентной литературы позволил выявить следующие направления нетрадиционного использования толкателей ЛЗМ:

- для повышения проходимости ЛЗМ на малосвязных грунтах;
- для самосвальной разгрузки сортиментовозов;
- для удержания рабочего органа гидроманипулятора при движении ЛЗМ;
- для обеспечения работ при ремонте ходовой системы и др.

Так, в [2,3,4], учитывая, что одной из причин низкой проходимости гусеничных ЛЗМ является неравномерность распределения удельных давлений на грунт под движителем (при грузовом ходе машина вздыбливается, равнодействующая нормальных реакций грунта, приложенная в центре давления, смещается к задней кромке опорной поверхности движителя), предлагается повысить проходимость путем регулирования положения центра давления на грунт за счет переноса части веса пачки хлыстов или сортиментов из точки опирания на конике (грузовой платформе) в точку опирания на толкателе, рис. 1, 2. Толкатель при этом оснащается дополнительными узлами: двуплечими рычагами, устройством тросовой обвязки и др.

Специалистами ФГУП "Государственный научный центр лесопромышленного комплекса" (г. Москва) разработано несколько конструкций сортиментовозов, в которых для самосвальной разгрузки сортиментов используется толкатель, рис. 3. Толкатель при этом получает поворотный отвал, дополнительный гидропривод и т.д.

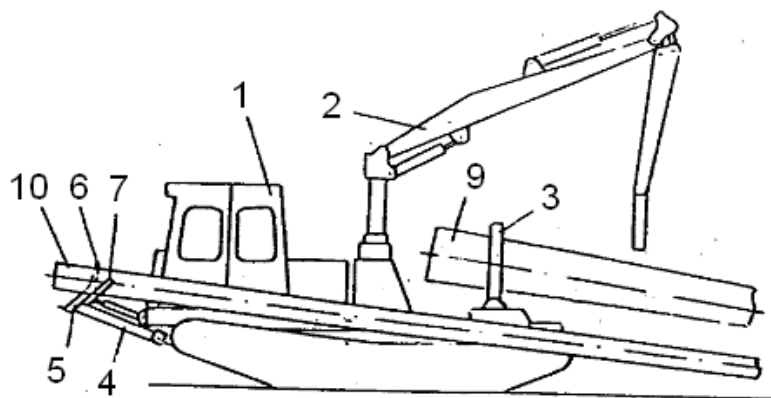


Рис. 1. Использование толкателя для повышения проходимости бесчokerной трелевочной машины, [3]



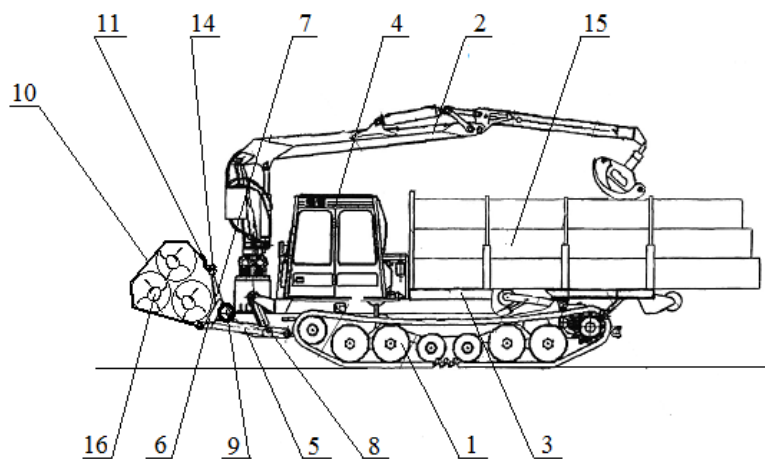


Рис. 2. Использование толкателя для повышения проходимости сортиментовоза, [4]

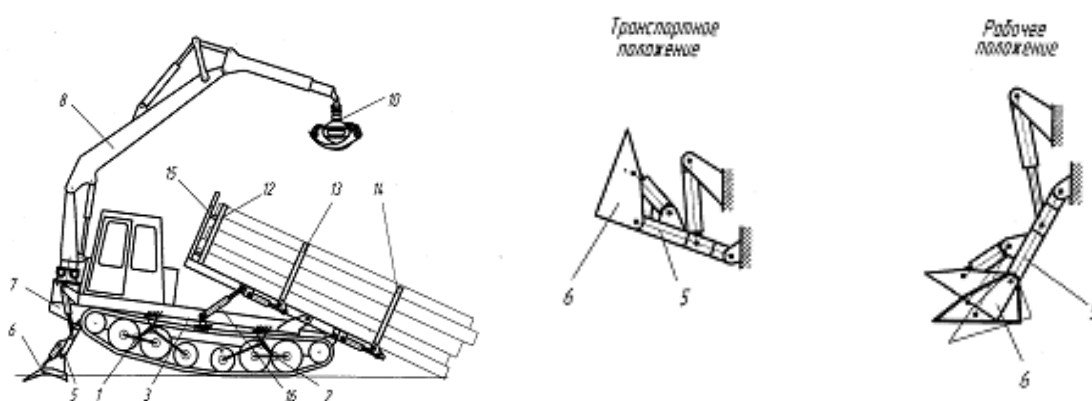


Рис. 3. Использование толкателя в ЛЗМ по патенту РФ 118510

Повышение multifunctionality толкателей ЛЗМ в ряде случаев существенно изменяет нагруженность металлоконструкции и гидропривода толкателя, генерирует новые силовые потоки в раме машины, усложняет процессы управления толкателем и т.д. Все это должно быть учтено при проектировании как самого толкателя, так и основных систем самоходного шасси ЛЗМ: несущей системы, ходовой части, гидросистемы и др. Целесообразно проведение теоретических и экспериментальных исследований по уточнению расчетных методик, применяемых при проектировании.

#### Список литературы

1. Войнаш А.С. К вопросу оснащения базовых лесопромышленных тракторов толкателями / А.С. Войнаш, В.Р. Ситников // Известия вузов. Лесной журнал. 1998. №4. С. 66-71.

2. Войнаш А.С. Повышение проходимости гусеничных ЛПТ (ЛЗМ) / А.С. Войнаш // Ползуновский вестник. 2003. №1-2. С. 201-207.

3. Патент № 131943 РФ на полезную модель, МПК А 01 G 23/081. Лесозаготовительная машина / Войнаш А.С.; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова” (АлтГТУ) (RU). – № 2013116416/13; заявл. 10.04.2013; опубл. 10.09.2013. Бюл. №25.

4. Заявка от 27.08.2013 г. № 2013139778/11 (060370) РФ на предполагаемое изобретение “Сортиментовоз”.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ ПО ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ**

А.С. Войнаш, А.Н. Площаднов

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО “Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова”, г. Рубцовск*

Рассмотрено техническое решение по отдельному перемещению лунохода и грузов, позволяющее снизить в 1,5...2 раза затраты энергии на совершение транспортной работы.

После 2020 года планируется интенсивная строительная деятельность на поверхности Луны. К строительству долговременных обитаемых станций приступит ряд стран: Китай, США, Россия и др. Строительные блоки будут забрасываться космическими челноками и монтироваться на месте согласно соответствующим планировкам. Анализ показал, что возникнет потребность в перемещении большого количества грузов по поверхности Луны, например, от места посадки космического челнока до места монтажа.

В земных условиях проблема была бы решена применением специальных транспортных средств – грузовиков. В условиях Луны одним из направлений является использование лунохода-ровера, оснащенного приспособлениями для обеспечения канатного привода достаточно простых вспомогательных грузовых тележек (ВГТ). В числе таких приспособлений – лебедка достаточной канатоемкости и силовые опоры.

При расстояниях транспортировки в несколько сотен метров предлагается реализовать схему отдельного перемещения грузов и лунохода. Это позволяет снизить затраты энергии на совершение транспортной работы.

Технологическая схема перемещения грузов по поверхности Луны представлена на рис. 1. Усилие  $R_{тр}$  в канате лебедки может быть подобрано из двух условий:

- достаточности для перемещения заданного количества ВГТ;
- отсутствия вздыбливания лунохода (должно гарантированно выполняться условие  $R_k > 0$  под любым из колес лунохода).

Затраты энергии на совершение транспортной работы зависят от преодоления различных сил сопротивления. Рассматривая равномерное

движение по поверхности Луны, можно записать, что сопротивление качению  $P_f$  всей транспортной системы составляет:

- при одновременном движении лунохода и груза

$$P_f = P_{f_{лун}} + \sum P_{f_{ВГТ}}, \quad (1)$$

- при схеме раздельного перемещения грузов и лунохода

$$P_f = \sum P_{f_{ВГТ}}, \quad (2)$$

где  $P_{f_{лун}}$  – сопротивление качению лунохода;

$\sum P_{f_{ВГТ}}$  – суммарная сила сопротивления качению всех ВГТ.

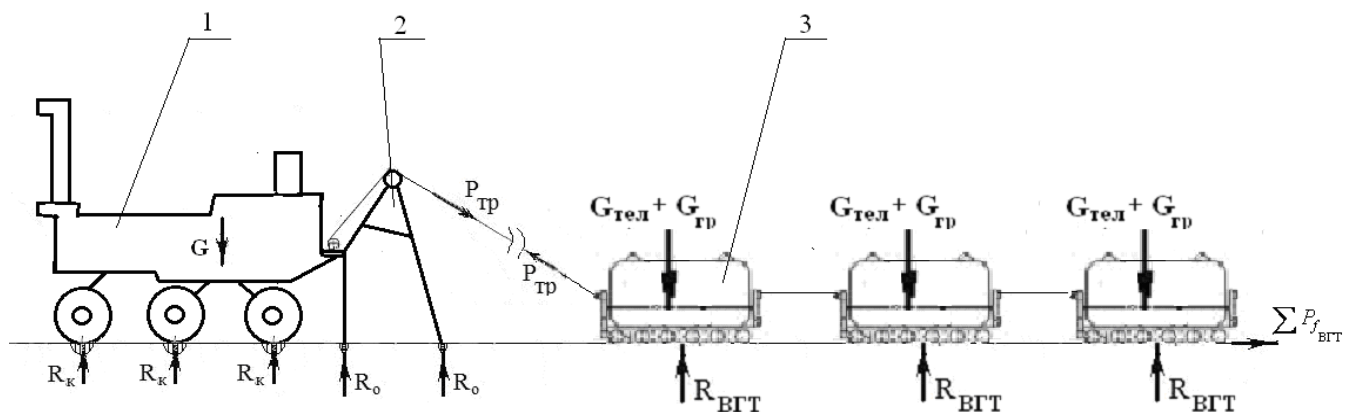


Рис. 1 – Технологическая схема перемещения грузов:

1 – луноход; 2 – силовые опоры; 3 – ВГТ

Принимая коэффициенты сопротивления качению для лунохода и ВГТ примерно равными, можно записать:

$$P_{f_{лун}} = f \cdot G, \quad (3)$$

$$\sum P_{f_{ВГТ}} = f \cdot \sum (G_{тел} + G_{гр}), \quad (4)$$

где  $G$ ,  $G_{тел}$  и  $G_{гр}$  – веса в условиях Луны соответственно лунохода, ВГТ, полезного груза.

Экспертный анализ показал, что можно принять:

$$\sum (G_{тел} + G_{гр}) = k \cdot G, \quad (5)$$

где  $k = 0,5 \dots 2,5$ .

Результаты расчетов по формулам (1) и (2) при массе лунохода 300 кг и коэффициенте сопротивления качению 0,2 представлены на рис. 2 (номер кривой соответствует номеру формулы).

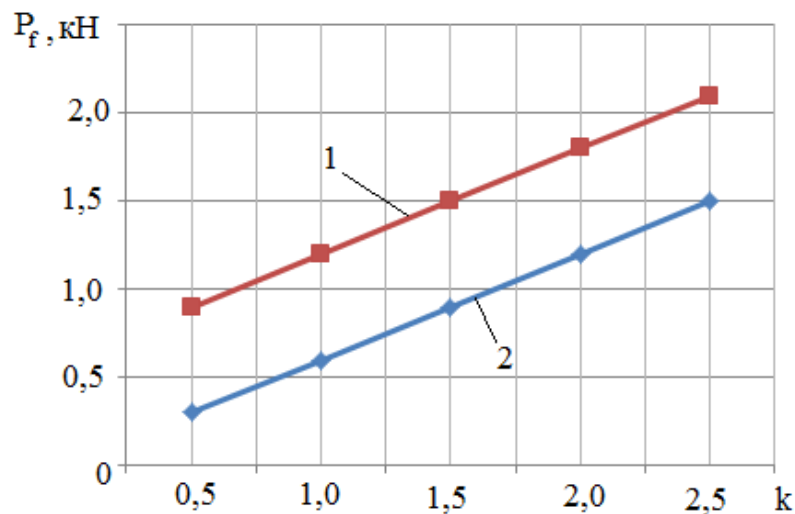


Рис. 2 – Сопротивление качению  $P_f$  транспортной системы

## МЕХАНИЗАЦИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ ПРИ МАЛЫХ ФОРМАХ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

С.А. Войнаш, А.Н. Площаднов

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО “Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова”, г. Рубцовск*

Рассмотрены технические решения по механизации операций в картофелеводстве личных подсобных хозяйств населения.

Примерно 90% картофеля в РФ дают малые формы хозяйствования: крестьянские (фермерские) КФХ и личные подсобные хозяйства (ЛПХ) населения. Количество ЛПХ в РФ составляет около 18 млн., в том числе 15,6 млн. – на селе. Средний размер посевных площадей под картофель в ЛПХ не превышает 0,15 га. Механизация работ в ЛПХ при возделывании картофеля в настоящее время практически отсутствует: техника (тракторы с плугами) привлекается на условиях аренды только для выполнения вспашки, остальные работы выполняются вручную.

В ряде исследований последнего времени (Первушин В.Ф., Охотников Б.Л. и др.), НИР отраслевых институтов и университетов (ДальНИИМЭСХ, ИжГСХА и др.) проводится обоснование технолого-технических систем машин для производства картофеля при малых формах хозяйствования, в основном в КФХ, при размерах полей от нескольких до сотен гектаров. Техника малых размерных групп для хозяйств, имеющих посевные площади 0,2...0,4 га, не рассматривается, ввиду ее низкой эффективности: при достаточно высокой стоимости ее годовая загрузка неудовлетворительна.

Анализ показал, что техника для механизации процессов возделывания картофеля в ЛПХ должна отвечать ряду требований: дешевизна, простота

конструкции, экологичность и энергосбережение. Таким требованиям отвечают предложенные патентоспособные схемные решения, при которых колесный автотрактор конструкции Рубцовского индустриального института АлтГТУ оснащается лебедкой, самосвальным кузовом аппаратного типа (патент РФ №103332), погрузочной стрелой (патент РФ №2449902) и вспомогательной транспортно-технологической тележкой (патент РФ №134859). Названные устройства в совокупности с запатентованной конструкцией (патент РФ №134156) мягкой тары (мешка емкостью до 50 кг) позволяют на фазе “копка картофеля” в десятки раз снизить затраты ручного труда на погрузку затаренного в мешки картофеля в большегрузные транспортные средства.

На основе разработанных и запатентованных схемных решений могут быть рассмотрены две инновационных технологии возделывания картофеля в личных подсобных хозяйствах, рис. 1,2.

При этом предусмотрены следующие операции:

1. Вынос клубней картофеля на дневную поверхность поля с помощью тележки-картофелекопателя (позиция б на рис. 1,2).

2. Ручное затаривание картофеля в мягкую тару (позиция в на рис. 1,2) с улучшенными эксплуатационными свойствами (максимальное использование номинальной грузоподъемности, приспособленность к механизированной погрузке-выгрузке).

3. Подача затаренного картофеля на кромку поля без тяжелого ручного труда (позиция г на рис. 1,2) с помощью вспомогательной транспортно-технологической тележки.

4. Ускоренная погрузка (позиция д на рис. 1) на арендованные большегрузные транспортные средства (грузовые автомобили, тракторные тележки).

5. Самовывоз затаренного картофеля (позиция д на рис. 2).

При операциях 1 и 3 используется предложенная в РИИ вспомогательная грузовая тележка (ВГТ) на гусеничном ходу, приводимая в движение при помощи каната лебедки колесного автотрактора. Канатный привод сельхозорудий известен сравнительно давно: еще во второй половине XIX века применялся плуг Фаулера, источником энергии для которого служила паровая лебедка. Громоздкость конструкции, низкая надежность, отсталость силовой установки предопределили отказ сельчан от плуга Фаулера в пользу тракторной вспашки.

В настоящее время, с учетом малых размеров полей ЛПХ, идея канатного привода рабочих органов сельхозмашин приобретает актуальность. При этом необходимо решить ряд научно-инженерных проблем, среди которых важнейшей является обеспечение устойчивости заданной траектории движения рабочего органа, в нашем случае ВГТ.

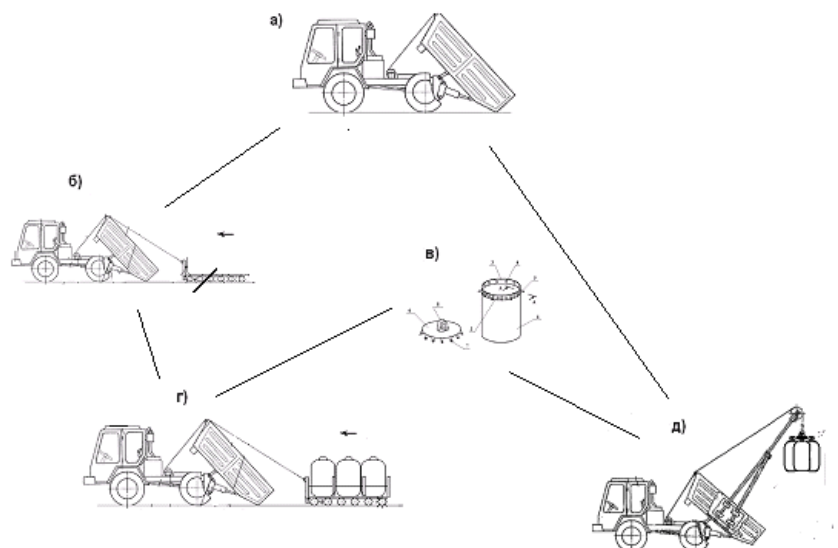


Рис. 1. Инновационная технология копки картофеля с вывозом его арендованными большегрузными транспортными средствами

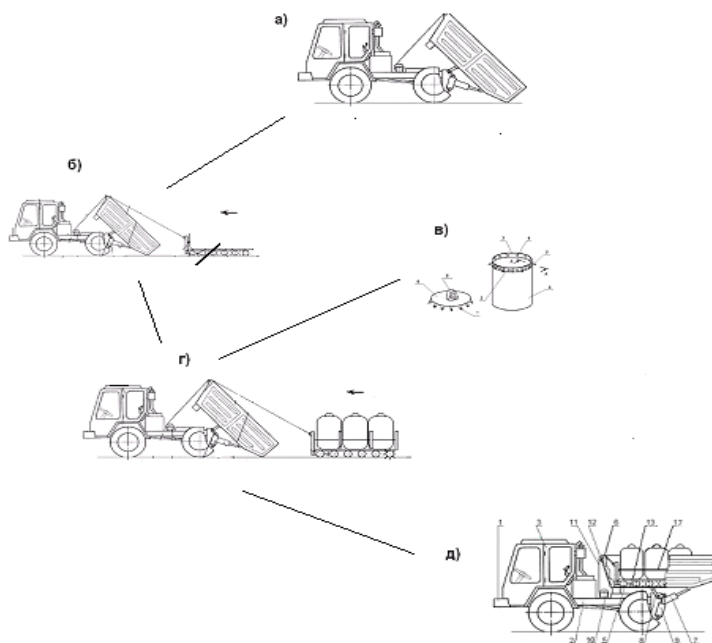


Рис. 2. Инновационная технология копки картофеля с самовывозом

### Литература

1. Войнаш А.С., Войнаш С.А., Жарикова Т.А. Механизация транспортировки картофеля с поля при малых формах хозяйствования // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики В.П. Горячкина (Москва, ВИМ, 17-18 сентября 2013 г.). Ч. 2. – М.: ВИМ, 2013. – С. 189-191.

## ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НА ЗАВОДАХ ФОРД

Р.А. Гайнуллин, Р.Р. Басыров

*Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВПО  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»*

В работе произведен обзор заводов Форд, рассмотрена новая система контроля качества на предприятиях и производствах.

Кризис в автомобильной отрасли заставил многие компании провести оптимизацию технологических процессов, чтобы повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции. В компании Форд приоритетным направлением в этой области стало внедрение четыре года назад новой системы контроля качества на всех предприятиях и производствах по всему миру. Она предполагает детальный статистический учет всех неполадок и обращений клиентов, а также обработку информации. Для этого была разработана унифицированная система отчетности и технической документации, которая используется на предприятиях во всем мире. Она позволяет фиксировать малейшие отклонения и выявлять проблемы на каждом участке – от прессовочного производства до финальной сборки. Каждое утро мастера участков проводят брифинги, где рассматриваются возникшие проблемы и обсуждаются методы их решения. Быстродействие системы позволяет устранить мелкие недостатки в течение суток, а при обнаружении серьезных нарушений на решение проблем требуется не более трех дней. Внедрение новых стандартов позволило компании Форд существенно повысить качество выпускаемых автомобилей.

Рассмотрим на примере главный европейский завод компании Форд в Саарлуисе.

Жизнь небольшого города Саарлуис на северо-западе Германии кардинальным образом изменилась в сентябре 1966 года, когда здесь началось строительство нового завода компании Ford. С тех пор это предприятие выросло в несколько раз, а наряду со сборочным производством по соседству разместился индустриальный парк площадью 260 тыс. м<sup>2</sup>, где находится 14 компаний-поставщиков, которые обеспечивают завод различными комплектующими. Предприятие Форд в Саарлуисе по праву считается одним из крупнейших машиностроительных комплексов в Германии и в Европе.





Рис. 1 – Предприятие Форд в Саарлуисе

Сегодня на предприятии выпускаются седан, универсал и 5-дверный хэтчбек Ford Focus, а также кроссовер Ford Kuga. До 80% всей выпускаемой продукции отправляется на экспорт в более чем 80 стран мира, в том числе Австралию и Новую Зеландию.

На заводе – четыре участка: штамповка, кузовное производство, покрасочный цех и финальная сборка.

Прессовка и формовка.

Производство автомобиля начинается с прессовочного цеха, куда поставляется оцинкованная стальная лента. Листы подаются на несколько линий, где расположено 18 прессов с усилием до 6200 тонн. Там производится вырубка под размер и последующая штамповка до 400 различных элементов кузова. Всего прессовочный цех в состоянии обработать до 900 тонн металла в день.



Рис. 2 – Цех штамповки

Каждая отштампованная деталь, вышедшая из-под пресса, проходит контроль качества. Из прессовочного цеха штампованные детали транспортируются в цех производства кузовов, где они свариваются в готовый каркас.

Сначала производится сварка деталей днища. Затем, в зависимости от модели и типа кузова автомобиля, свариваются боковые панели и крыша. После сварки готовые кузова подвергаются проверке в контрольных точках. Параллельно этому идет сварка дверей, капота и крыльев, которые навешиваются на готовый каркас кузова. Так каждые 30 секунд появляется полностью готовый кузов, который отправляется на следующий этап – покраску.





Рис. 3 – Цех сварки



Рис. 4 – Цех окраски

Качество лакокрасочного покрытия проверяется не только после окраски, но и после финальной сборки. Перед окраской кузов покрывается несколькими защитными слоями. В частности, при фосфатировании кузов погружают в ванну с раствором различных солей фосфора, и на его панелях образуется кристаллический слой металлофосфата. Это обеспечивает оптимальную грунтовку и коррозионную защиту. Длина участка фосфатирования достигает 240 м. В процессе задействовано 114 роботов. Первоначальная грунтовка наносится электролизным методом, путем полного погружения кузова в ванну с грунтом. Разница в электрическом потенциале между кузовом и стенками ванны способствует прочной и однородной грунтовке поверхности, включая скрытые полости. Все внутренние и наружные швы закрывают специальным герметиком. Чтобы ограничивать распространение шума и вибраций, внутри кузова клеятся битумные подложки. На днище наносится несколько слоев защитного покрытия из эластичного пластика, а после этого кузов отправляется в покрасочную камеру. Кроме того, предприятие в Саарлуисе – единственный европейский завод Ford, где производятся и окрашиваются бамперы. Ежедневно здесь выпускается до 4500 бамперов, которые, помимо "родного" завода, отправляют на другие предприятия компании.



Рис. 5 – Цех сборки

Сборочное производство включает самое большое количество технологических операций.

Из цеха окраски кузова и бамперы поступают на линию финальной сборки. На сборочной линии длиной примерно 2,8 километра кузов получает недостающие элементы – силовые агрегаты, ходовую, стекла, двери и детали интерьера. Они подаются в цех по огромному конвейеру из расположенного по соседству индустриального парка. Кроме того, ежедневно около 200 грузовиков доставляют на завод различные комплектующие. Всего на сборочном производстве используется до девяти тысяч различных деталей. Каждый день с конвейера сходит 1670 автомобилей. После всесторонней проверки они отправляются на стоянку готовой продукции, а оттуда поступают к покупателям по всему миру.

Перед отправкой на площадку готовой продукции каждый автомобиль проходит тщательную диагностику бортовых систем. После всесторонней проверки они отправляются на стоянку готовой продукции, а оттуда поступают к покупателям по всему миру.

Важнейшим фактором роста эффективности производства является улучшение качества выпускаемой продукции. Производители всего мира стараются сделать все возможное, чтобы их продукция была высокого качества и, как следствие, пользовалась спросом у потребителя. Стоит помнить, что качество продукции влияет и на спрос, и на конкурентоспособность, и на конечную стоимость выпускаемой продукции. Конечно, ясно, что для обеспечения высокого качества нужно иметь хорошую технологию изготовления, высококачественные материалы и высококвалифицированный персонал, что довольно сильно повысит стоимость конечного продукта.

В связи с этим компания Форд уделяет большое внимание контролю качества продукции, так как это напрямую отражается на статусе организации.

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПОДВЕСКИ С ВОЗДУШНЫМ ДЕМПФИРОВАНИЕМ**

А.А. Джевакаев

*Волгоградский государственный технический университет*

Виброзащитные свойства пневмоподвески можно существенно повысить путём введения в конструкцию серийной пневморессоры дросселирующих

элементов, создающих сопротивление при перетекании воздуха между разделенными полостями [1]. Рассмотрим сначала более простой вариант организации воздушного демпфирования (рисунок 1).

На рисунке 1 показана расчетная схема пневматической подвески с резинокордной оболочкой (РКО) и установленным в полой поршне пневморессоры воздушным демпфером в виде дроссельного отверстия и обратного клапана, закрытого на ходе отбоя.

При разработке математической модели данной подвески приняты следующие допущения: 1) рабочий газ является идеальным и подчиняется адиабатическому процессу; 2) утечка воздуха отсутствует; 3) эффективная площадь при деформации пневморессоры постоянна ( $F_3 = \text{const}$ ); 4) сухое трение при перекачивании РКО по поршню постоянно ( $T = \text{const}$ ) [2].

Рабочий процесс изменения давления газа в пневморессоре за период колебаний можно описать двумя основными режимами.

*Первый режим.* На ходе сжатия сопротивление перетеканию газа из рабочей полости в дополнительную полость через обратный клапан практически отсутствует. Поэтому давления и температуры в этих полостях практически равны между собой и верхняя кривая рабочей диаграммы совпадает с упругой динамической характеристикой пневморессоры без воздушного демпфера (рисунок 2, кривая между точками 1 и 2).

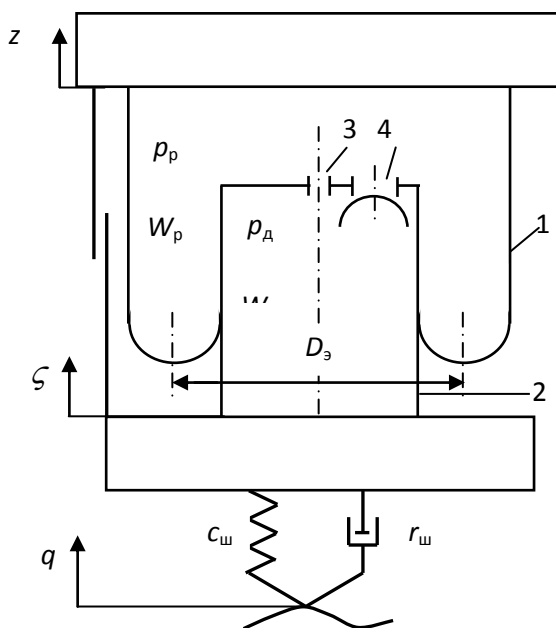


Рис. 1 – Расчетная схема пневматической подвески с воздушным демпфером в виде дросселя и обратного клапана:

$M$  и  $m$  – подрессоренная и неподрессоренная массы;  $T$  – сухое трение;  $c_{ш}$  и  $r_{ш}$  – жесткость и коэффициент демпфирования шины;  $z$  и  $\zeta$  – перемещения подрессоренной и неподрессоренной масс;  $q$  – кинематическое возмущение;  $W_p$  и  $W_d$  – рабочий и дополнительный объемы ( $W_p = \text{var}$ ,  $W_d = \text{const}$ );  $p_p$  и  $p_d$  – абсолютные давления в рабочем и дополнительном объемах;  $D_3$  – эффективный диаметр; 1 – РКО; 2 – полый поршень; 3 – дроссель; 4 – обратный клапан

*Второй режим.* На ходе отбоя и на части последующего хода сжатия оказывается значительное сопротивление перетеканию газа из дополнительной полости в рабочую полость через дроссель. Поэтому давление газа в дополнительной полости больше давления в рабочей полости и нижняя кривая рабочей диаграммы проходит значительно ниже упругой динамической характеристики пневморессоры без воздушного демпфера (рисунок 2, кривая между точками 2, 3 и 1). Площадь внутри рабочей диаграммы соответствует работе воздушного демпфера.

Для *первого режима* работы уравнения для расчета изменения абсолютных давлений в рабочей и дополнительной полостях пневморессоры будут иметь вид:

$$dp_p = dp_d = -\frac{kp_p dW_p}{W_p + W_d} = -\frac{kp_p F_3}{W_{p0} + F_3 \lambda + W_d} \cdot d\lambda, \quad (1)$$

или

$$\frac{dp_p}{dt} = \frac{dp_d}{dt} = -\frac{kp_p F_3}{W_{p0} + F_3 \lambda + W_d} \cdot \frac{d\lambda}{dt}. \quad (2)$$

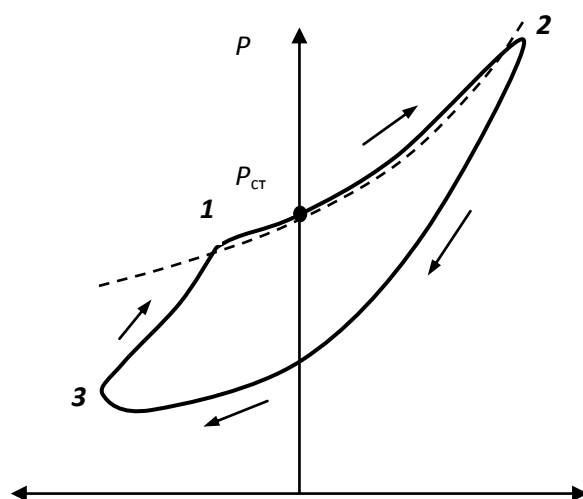


Рис. 2 – упругая динамическая характеристика пневморессоры без демпфера:

- - - - рабочая диаграмма при работе демпфера;

1 – 2 – обратный клапан открыт;

2 – 3 – 1 – обратный клапан закрыт

Во *втором режиме* давление газа в дополнительной полости больше давления в рабочей полости.

Таким образом, во втором режиме изменение абсолютных давлений газа в рабочей и дополнительной полостях пневморессоры описываются следующей системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_p}{dt} &= \frac{kp_p W_d}{(W_{p0} + F_3 \lambda) M_d} \mu_r f_o \sqrt{\frac{2k}{k-1} \frac{p_p M_p}{W_{p0} + F_3 \lambda} \left[ \left( \frac{p_d}{p_p} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]} - \frac{kp_p F_3}{W_{p0} + F_3 \lambda} \frac{d\lambda}{dt}, \\ \frac{dp_d}{dt} &= - \frac{kp_d}{M_d} \mu_r f_o \sqrt{\frac{2k}{k-1} \frac{p_p M_p}{W_{p0} + F_3 \lambda} \left[ \left( \frac{p_d}{p_p} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]}, \end{aligned} \right\} (3)$$

где  $k$  – показатель адиабаты;  $p_p$  и  $p_d$  – текущее абсолютное давление в рабочей и дополнительной полостях;  $M_p$  и  $M_d$  – масса газа в рабочей и дополнительной полостях;  $\mu_r$  и  $f_o$  – коэффициент расхода газа и площадь дроссельного отверстия;  $\lambda$  и  $d\lambda/dt$  – деформация и скорость деформации пневморессоры;  $F_3$  и  $W_{p0}$  – эффективная площадь и начальный объем газа в рабочей полости при статической нагрузке на пневморессору.

Данная модель дает возможность оптимизировать параметры демпфирующего узла к различным параметрам автотранспортного средства и режимам его движения. Позволяет исследовать плавность хода и оптимизировать характеристики пневморессоры для улучшения виброзащитных свойств.

#### Список литературы

1. Певзнер, Я.М. Пневматические и гидропневматические подвески / Я.М. Певзнер, А.М. Горелик. – М.: Машгиз, 1963. – 319 с.
2. Понтрягин, Л.С. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе. – М.: Наука, 1983. – 390 с.

## АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ОДНОСКАТНОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПОДВЕСКИ ДЛЯ ПРИЦЕПОВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

С.А. Зимин, Р.Р. Басыров

*Набережночелнинский институт КФУ (г. Набережные Челны)*

В исследовании производится обзор и анализ односкатной пневматической подвески прицепов грузовых автомобилей.

В настоящее время на рынке прицепной и полуприцепной техники всё большее применение находят пневматические подвески как с односкатной ошиновкой, так и с двухскатной.

С развитием технологий появляются возможности создавать конструкции, требующие меньше материалов при их изготовлении, обладающие большей надёжностью и улучшенными эксплуатационными характеристиками. Что в свою очередь играет большую роль для коммерческого транспорта.

Подвеска входит в несущую систему автомобиля. Она связывает колеса с кузовом, воспринимает силы, действующие на движущийся автомобиль, и гасит колебания кузова.

От конструкции подвески в значительной степени зависит поведение автомобиля на дороге, возможность достижения высоких скоростей и безопасность при совершении маневра.

В пневматических упругих элементах используются упругие свойства сжатого воздуха. Упругий элемент представляет собой баллон, изготовленный из армированной резины, в который подается под давлением воздух от специального компрессора. Форма пневмобаллонов может быть различной. Распространение получили баллоны рукавного типа и двойные (двухсекционные) баллоны.

К преимуществам пневматических упругих элементов подвесок можно отнести высокую плавность хода автомобиля, небольшую массу и возможность поддержания постоянного уровня пола кузова, независимо от загрузки автомобиля.

Подвески с пневматическими упругими элементами применяют на автобусах, грузовых и легковых автомобилях.

Постоянство уровня пола грузовой платформы обеспечивает удобство погрузки и разгрузки грузового автомобиля, а для легковых автомобилей и автобусов – удобство при посадке и высадке пассажиров [1].

Использование пневматических упругих элементов требует применения в подвеске сложного направляющего элемента и амортизаторов.

Сегодня на рынке присутствует огромное количество фирм, предлагающих свою продукцию. Наибольшей популярностью и лидерами являются такие именитые производители, как SAF-HOLLAND и BPW.

Подвеска автомобиля или прицепа представляет собой совокупность деталей, узлов и механизмов, играющих роль соединительного звена между кузовом автомобиля и дорогой, и входит в состав шасси.

Наиболее перспективной и интересной является подвеска SAF-HOLLAND: «SAF INTRADISC plus INTEGRAL».



Рис. 1 – Внешний вид подвески «SAF INTRADISC plus INTEGRAL»

Особенностями этой подвески являются:

- Тормозной диск INTEGRAL: В сравнении с обычными цельнолитыми тормозными дисками, которые представляют собой цельную стальную деталь, INTEGRAL является компоновкой двух материалов в один блок. Благодаря этому он может расширяться в радиальном направлении от нагрева во время торможения, а потом также радиально уменьшаться во время охлаждения по окончании процесса торможения. В общем случае это означает: INTEGRAL не деформируется в форму зонтика под влиянием температуры, что позволяет исключить случаи местного перегрева или "прихвата", которые могут повлечь за собой появление трещин от ударных нагрузок или даже разрушение тормозного диска традиционной конструкции.

- Технология необслуживаемых колесных подшипников. Узел ступицы – это компактный сборочный узел ступицы и подшипников. Он регулируется на заводе и затем собирается в единый блок и не требует технического обслуживания.

- Расположение амортизатора, обеспечивающее его защиту. Амортизатор расположен в верхней части по центру внутри крепежного кронштейна и нижней частью внутри рычага подвески, защищен таким образом от попадания камней и другого дорожного мусора.

- Рычаг подвески и балка оси образуют единый и не требующий технического обслуживания блок. Это позволяет обойтись без стремянок, опорных и зажимных пластин рессоры и гаек. Вся конструкция чрезвычайно прочна и одновременно легка.

- Конструкция рычага подвески надёжно предохраняет тормозные камеры от повреждения [2].

Данная подвеска является очень простой в конструктивном плане и надёжной в эксплуатации (за счёт жесткого соединения оси и продольных рычагов намного сложнее деформировать ось или погнуть рычаг даже при значительном перегрузе), является неприхотливой в эксплуатации, так как уменьшено количество мест, требующих к себе внимания, таких как стремянки крепления продольного рычага к оси, требующие протяжки резьбовых соединений через определённый период. Увеличен ресурс тормозных дисков и стабильность их механических свойств на всем протяжении срока службы, что благоприятно сказывается не только на безопасности, но и на увеличении межсервисного пробега.

#### Список литературы

1. Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В. Основы конструкции автомобиля. Учебное пособие. – М.: За рулем, 2006. – 336 с.
2. Обзорная информация о продукции фирмы SAF-HOLLAND: [Электронный ресурс] <http://ww1.safholland.ru/sites/russia/ru-RU/products/trailersuspensionsystems/airsuspensions/Pages/default.aspx>

# ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ШУМА В КАБИНЕ ТРАКТОРА К-700А

А.И. Искалиев, А.В. Победин

*Волгоградский государственный технический университет*

В статье кратко описана методика измерения шума около панелей в кабине трактора К-700А, проанализированы полученные спектры шума, на основе сделанных выводов предложены рекомендации по снижению шума в кабине трактора К-700А.

Повышенный шум на рабочем месте оператора при эксплуатации трактора является одним из самых вредных факторов, с которым уже давно ведут борьбу большинство конструкторов, занимающихся проектированием кабин наземно-транспортных средств.

Пути распространения шума в кабину трактора К-700А лежат в основном через панели, ограждения, проемы, щели и т.д. В кабине каждая панель, обладая своей интенсивностью излучения звуковых волн, вносит свой непосредственный вклад в образование звукового поля вокруг рабочего места оператора [2, стр. 10].

Объект исследования – трактор К-700А.

Измерения шума около панелей проводились в кабине при движении трактора на 1-й передаче I-го режима работы КПП трансмиссии шумомером РАА3. Обороты двигателя – 1500 об/мин. Положение педали подачи топлива оставалось неизменным. Микрофон находился на расстоянии 100-150 мм от каждой испытуемой панели. Двери были плотно закрыты. Результаты отражены на рисунке 1.

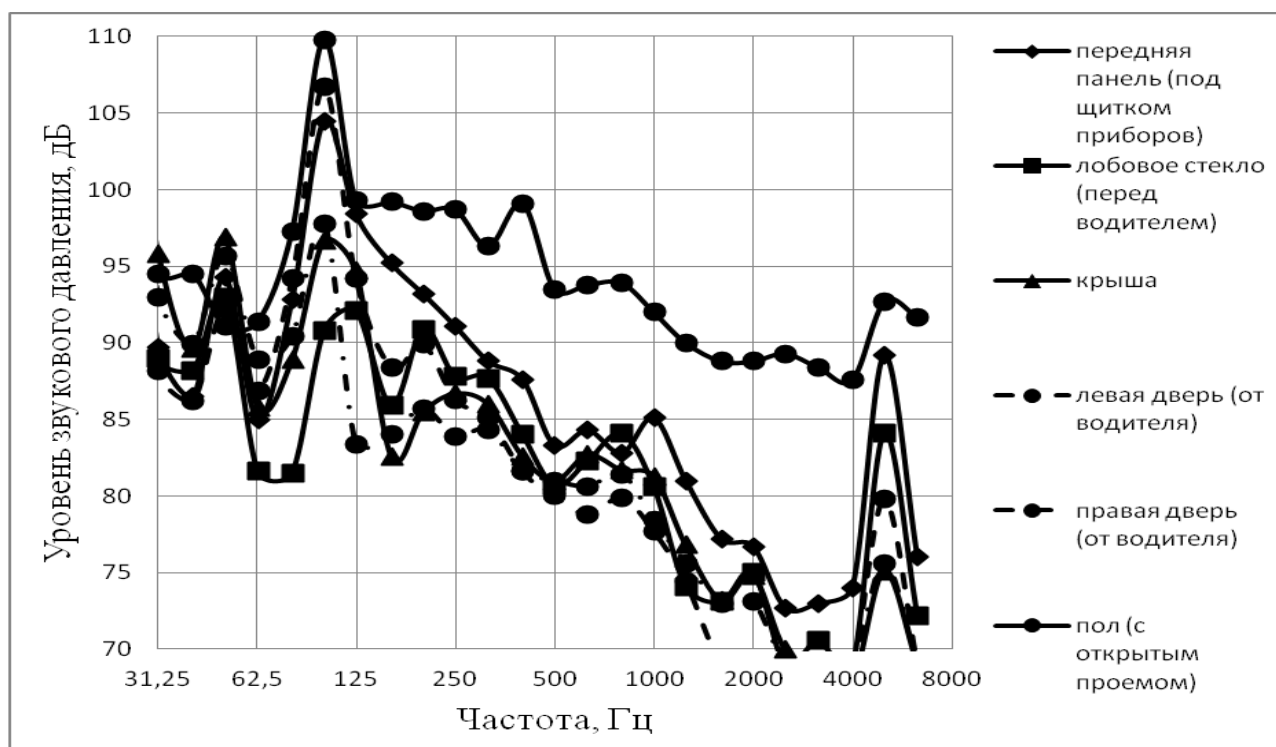


Рис. 1. Спектр шума около различных панелей



Анализ спектра показал, что пики частотного распределения уровней звукового давления для большинства панелей приходились на третьоктавные полосы частот со среднегеометрическими значениями 50, 100 и 5000 Гц.

Образование звукового давления в полосе 50 Гц в кабине трактора К-700А обусловлено звуковой вибрацией панелей, которая, в свою очередь, определяется второй гармоникой вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания [1, стр. 193]. Это подтверждается формулой:

$$f_2 = \frac{2 \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot 1500}{60} = 50 \text{ Гц},$$

где  $n$  – частота вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания, об/мин.

Звуковое давление в полосе 100 Гц возникает вследствие влияния возмущений, передающихся панелям кабины, из-за неравномерности крутящего момента двигателя внутреннего сгорания [2, стр. 15]. Это подтверждается формулой:

$$f = \frac{n \cdot m}{30 \cdot k} = \frac{1500 \cdot 8}{30 \cdot 4} = 100 \text{ Гц},$$

где  $n$  – частота вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания, об/мин;

$m$  – число цилиндров;

$k$  – тактность двигателя.

Если в полосе 50 Гц превалирует структурная составляющая шума, то в полосе 100 Гц вклад структурного шума сравним с вкладом воздушного шума, проникающего через пол, а также через перегородку между моторным отсеком и кабиной, а далее через переднюю панель под щитком приборов [1, стр. 194].

Звуковое давление в полосе 5000 Гц в целом определяется воздушной составляющей шума, проникающего через панели, перегородки, щели и проемы в кабине трактора К-700А, и сопровождается характерным «свистом», исходящим от системы всасывания, а именно от турбокомпрессора.

Анализ спектров шума около панелей внутри кабины трактора К-700А позволяет разработать ряд мероприятий и рекомендаций по снижению шума на рабочем месте:

- увеличить виброизоляцию кабины в целях снижения структурной составляющей шума;

- увеличить звукоизоляцию пола кабины, т.к. через пол получают наибольшее распространение воздушный шум от большинства его источников, что показали спектры шума, полученные при измерении;

- увеличить звукоизоляцию передней панели, т.к. она наиболее близка к главному источнику шума – двигателю;

- максимально герметизировать различные щели и отверстия в кабине трактора К-700А. Большинство щелей находятся около педалей и рычагов управления, поэтому стоит использовать специальные защитные коврики.

## Список литературы

1. Иванов, Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник / Н.И. Иванов. – М.: Университетская книга, 2008. – 424 с.
2. Победин, А.В. Проектирование виброшумоизоляции тракторной кабины: учеб. пособие / А.В. Победин; ВолгГТУ. – Волгоград: Волгогр. науч. изд-во, 1994. – 92 с.
3. ГОСТ 12.1.003-83. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. – Взамен ГОСТ 12.1.003-76; введ. 01.07.84. – М.: Стандартинформ, 2013. – 13 с. – (Межгосударственный стандарт).

## **К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ОПЕРАТОРА**

А.В. Касаев, А.С. Войнаш

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО  
“Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова”, г. Рубцовск*

Рабочее место оператора предназначено для размещения водителя-тракториста с целью управления движением и рабочим оборудованием трактора, контроля за работой агрегатов и систем. На рабочем месте водителю должны быть созданы безопасные и благоприятные условия труда.

С целью контроля за работой агрегатов и систем на рабочем месте оператора устанавливают приборную панель с возможностью считывания информации, необходимой для обеспечения производительности, надежности и безопасности выполнения работ.

В каждой новой модели трактора объем информации для оператора увеличивается. Это подтверждается увеличением числа органов управления узлами машинно-тракторного агрегата, возрастанием числа приборов, а также ростом дробности шкал приборов. В итоге формируется информационная нагрузка на оператора, в том числе недопустимая с точки зрения эргономики.

Для перспективных машин важно решить техническое противоречие: поток информации должен увеличиваться, но информационная нагрузка на оператора не должна превышать допустимых норм. Для решения этой задачи существует несколько направлений, реализация которых возможна благодаря развитию элементной базы (появление электронных датчиков, бортовых компьютеров, светодиодной техники и др.).

Так, автоматизированное сжатие информации за счет «просеивания» промежуточной позволяет оператору получать не только текущие показания датчиков, но и причину изменения оптимального режима работы, а также рекомендации по действиям для его восстановления. Такое решение возможно при установке на тракторе бортового компьютера, который может производить необходимое сжатие информации и служить своего рода электронным подсказчиком оптимальных управленческих решений.

Одним из направлений снижения нагрузки на оператора является дискретизация информационных потоков. Необходимые показания периодически появляются на определенном носителе в зрительном поле оператора. Очередность появления показаний определяется как в плановом (циклическом) порядке, так и с учетом их важности или срочности.

Развитие нанотехнологий позволяет перейти к использованию плоскости фронтального стекла для отображения, в первую очередь, срочной информации или информации, сжатой до вида подсказок.

Задачей конструктора является анализ имеющейся научно-технической информации, в том числе патентной, поиск и обоснование схемных решений и проверка их работоспособности. Результатом работы станет повышение технического уровня поста управления перспективной техники.

#### Литература

1. Степанов И.С., Ефграфов А.Ф., Карунин А.Л. Основы эргономики и дизайна автомобилей и тракторов: учебник для студентов высших учебных заведений/ под общ. ред. В.М. Шарипова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 256 с.

### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С АНАЛОГАМИ КОНКУРЕНТОВ**

Л.Р. Мамин, В.В. Румянцев

*Набережночелнинский институт Казанского  
(Приволжского) федерального университета*

В настоящей статье рассмотрены методики оценки потребительских свойств грузовых автомобилей и методы оценки качества автомобильной техники. Выявлены их основные недостатки. Предложена программа-методика оценки потребительских свойств грузовых автомобилей с использованием программного продукта, реализованного в среде Microsoft Excel.

В настоящее время мировой автопарк составляет порядка 900 млн. единиц и приблизительно на 30% состоит из грузовых автомобилей, а на 70% – из легковых и автобусов. Каждый год в мире производится 40-45 млн. автомобилей, причем порядка 25 млн. заменяют выводимые из эксплуатации транспортные средства, а 20 млн. составляют ежегодный прирост мирового автопарка [3].

Параллельно количеству автомобилей непрерывно растут и требования к транспортным средствам. С одной стороны, действуют все более жесткие нормативные требования, оговаривающие безопасность транспортного средства к окружающей среде и к другим участникам дорожного движения. С другой стороны, растущая конкуренция стимулирует рост потребительских характеристик: цена, ремонтпригодность, эксплуатационные расходы, гарантийные условия, комфорт и т.д.

В современных условиях потребитель выбирает только тот товар, который наиболее полно удовлетворяет его требованиям. Поэтому необходимо иметь точный и удобный инструмент для оценки экономической эффективности и качества изделий не только на этапе их эксплуатации, но и на этапе разработки. К таким изделиям относится автомобильная техника. Для оценки экономической эффективности и качества автомобильной техники предлагались различные решения. Они разрабатывались на уровне как отраслевой науки, так и академической.

Ранее в [2] рассмотрены прикладная программа «Авто-инвест» [1] и методика, предложенная ФГУП «НАМИ», позволяющие оценить экономическую эффективность и качество автомобильной техники, и приведены основные недостатки, которые заключались в следующем:

- отсутствует учет расхода горюче-смазочных материалов (ГСМ) современных автомобилей, оборудованных двигателями экологического уровня Евро-4 и Евро-5, системой SCR (Selective Catalyst Reduction), у которых наряду с затратами на ГСМ необходимо учитывать затраты на жидкость (Adblue) для обработки отработавших газов;

- требует уточнения методика расчета страхования обязательного страхования автогражданской ответственности (ОСАГО) и транспортного налога;

- необходима доработка методики расчета затрат на выполнение транспортной работы автомобилями;

- применение метода «профилей», основной недостаток которого заключается в том, что он не учитывает весомость единичных показателей качества, т.е. все характеристики принимаются равноценными с точки зрения потребителя.

Для устранения приведенных выше недостатков в [2] предложена методика оценки потребительских свойств грузовых автомобилей, реализованная в виде программы в среде MS Excel, а именно:

1. Разработана матрица весовых коэффициентов по семействам грузовых автомобилей.

2. Сформирован единый лист по вводу исходных данных.

3. Уточнена методика расчета ГСМ для двигателей стандарта Евро-4 и Евро-5, оборудованных системой селективной каталитической нейтрализации (SCR).

4. Уточнена методика расчета страхования ОСАГО и транспортного налога и обновлены тарифные ставки.

5. Уточнена методика расчета затрат на выполнение транспортной работы автомобилями.

Разработанная методика базируется на экспериментальных (применительно к автомобилям КамАЗ) и экспертных данных и является результатом учета положительных моментов вышеперечисленных методик, их адаптации с целью наиболее полного расчета эксплуатационной эффективности и определения уровня качества автомобиля.

Применение этой методики на практике показало, что, с одной стороны, большое количество параметров, по которым оценивается качество автомобилей, позволяет всецело рассмотреть сравниваемые автомобили, а с другой – усложняет на подготовку исходных данных и увеличивает время. В основном это относится к «субъективным» составляющим, т.е. весовым коэффициентам.

С целью повышения объективности результатов оценки предложены следующие решения:

1. Оптимизированы (минимизированы) параметры по оценке качества автомобилей.
2. Разработана новая матрица весовых коэффициентов.
3. Уточнена методика расчета комплексного критерия потребительских свойств сравниваемых автомобилей.

Результаты проведенного анализа представлены на рисунке 1.

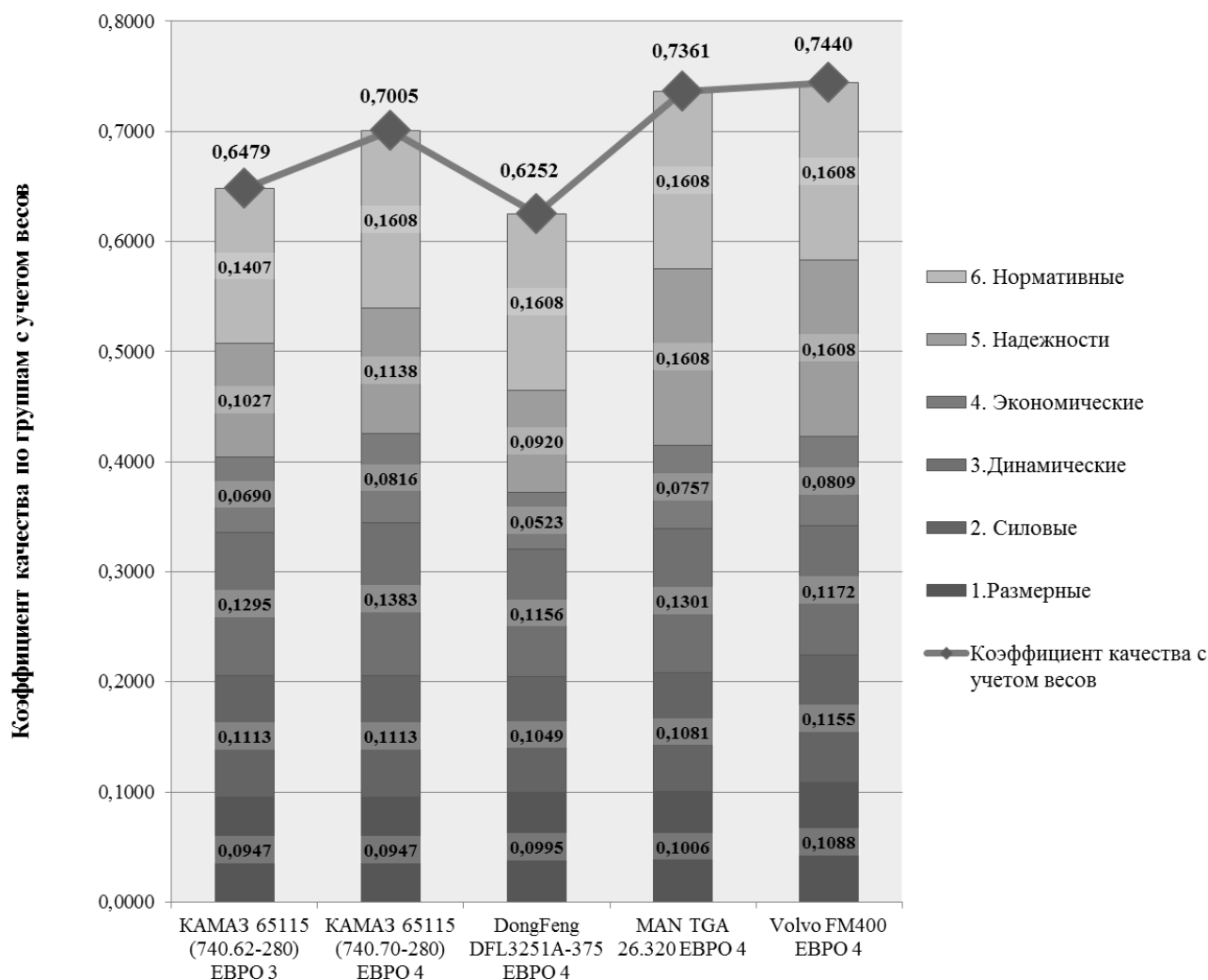


Рис. 1. График сравнительной оценки автомобилей

Из расчетов видно, что по коэффициенту качества из числа рассмотренных лидирующую позицию занимает автомобиль Volvo FM400 с двигателем

экологического уровня ЕВРО-4 (коэффициент качества с учетом весов 0,7440). На втором месте автомобиль MAN TGA 26.320 ЕВРО-4 (0,7361). Третье место занимает автомобиль КамАЗ 65115 ЕВРО-4 (0,7005). Четвертое и пятое место принадлежит автомобилям КамАЗ 65115 с двигателем экологического уровня ЕВРО-3 и DongFeng DFL3251A-375 ЕВРО-4 (коэффициент качества с учетом весов 0,6479 и 0,6252 соответственно).

Самым экономически эффективным является автомобиль КамАЗ 65115 ЕВРО-4 с групповым коэффициентом качества с учетом весов 0,0816, следом автомобили Volvo и MAN (соответственно 0,0809 и 0,0757). По размерным и силовым показателям, лидирующую позицию занимает автомобиль Volvo (соответственно 0,1088 и 0,1155). В группе показателей надежности два лидера – автомобили MAN и Volvo (групповой коэффициент качества 1,068), следом автомобиль КамАЗ 65115 ЕВРО-4 (0,1138).

#### Список литературы

1. Фасхиев Х.А. Оценка экономической эффективности и выбор подвижного состава / Фасхиев Х.А., Нуретдинов Д.И., Гарифов А.Г. – Набережные Челны: Изд-во Камской государственной инженерно-экономической академии, 2006. – 306 с.; Библиогр. С. 253-261.

2. Материалы 77-й международной научно-технической конференции ААИ «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров», Секция 11 «Конкурентоспособность и инновации в автотракторостроении», «ОЦЕНКА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ», д.т.н., проф. Шибаков В.Г., асп. Мамин Л.Р. Камская государственная инженерно-экономическая академия, 2012 г. С.181-189.

3. Журнал «Международные автомобильные перевозки» [Электронный ресурс] / Официальное издание Ассоциации международных автомобильных перевозчиков (АСМАП). Режим доступа: [http://www.map.asmap.ru/4\(68\)\\_06/toplivo.htm](http://www.map.asmap.ru/4(68)_06/toplivo.htm), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

### **ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ ПОДВЕСКА СИДЕНИЯ**

А.С. Молчанов

Научный руководитель к.т.н., доцент М.И. Артеменко

*Рубцовский индустриальный институт*

Вибрация является одной из причин неудовлетворенного условия труда в кабинах автомобилей. Для уменьшения этого вредного воздействия на водителя предлагается данная подвеска сидения.

Состоит из основания 2 (рисунок 1), направляющего амортизатора 4, камеры 6, крышки 7, золотника 1, соединительного шланга 3, штуцера 5, нижнего прижимного кольца 9, обтягивающего жгута 8 и телескопической тяги 10.

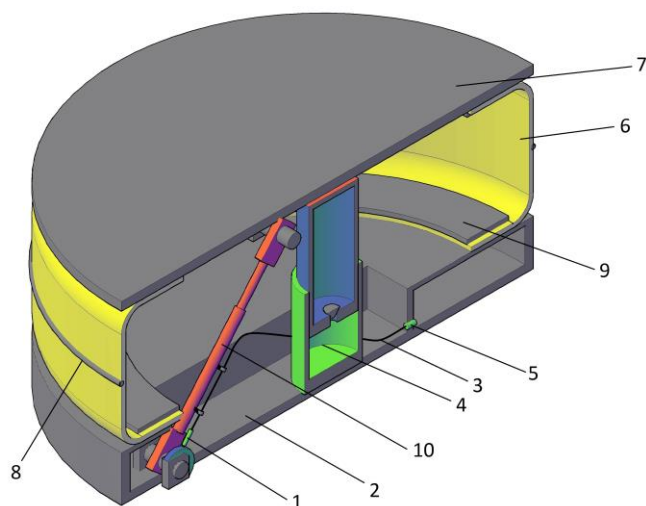


Рис. 1 – Подвеска сидения

Работает следующим образом: В основании 2 имеется камера, в которой находится сжатый воздух, подающийся по соединительному шлангу 3 и через золотник 1 в рабочую камеру 6. Рабочая камера наполняется воздухом и принимает рабочее положение. Наполнение рабочей камеры воздухом осуществляется до момента закрытия золотника. Момент закрытия золотника зависит от угла наклона телескопической тяги 10, так как соединительный шланг неподвижно закреплен на тяге, а золотник в свою очередь установлен на конце соединительного шланга.

При внезапном наезде на препятствие под действием веса водителя подвеска сидения вынуждена принять положение ниже начального, в результате чего золотник открывается и в рабочую камеру подается воздух, повышается давление в камере и препятствует дальнейшему ходу подвески, а амортизатор гасит возникающие колебания. Между амортизатором и основанием устанавливается резиновая подушка для уменьшения передаваемой вибрации. Такая же подушка устанавливается между крышкой и амортизатором.

Изменение зазора между золотником и его упором на кронштейн телескопической тяги дает возможность регулировки давления в рабочей камере и жесткости данной конструкции. Клапан 8 предназначен для предотвращения значительного повышения давления в рабочей камере (т.е. при сильном повышении давления воздух удаляется в атмосферу).

Для защиты от вибрации основание 4 (рисунок 2) крепится к кузову автомобиля с использованием четырех виброизоляторов 1. Само сидение крепится к крышке подвески.

Обтягивающий жгут 8 (рисунок 1) предназначен для компактного сбора рабочей камеры при отсутствии в ней рабочего давления.

Герметичность рабочей камеры достигается проклеиванием рабочей камеры между основанием 4 (рисунок 2) и нижним прижимным кольцом 5, а также между крышкой 6 и верхним прижимным кольцом 3.

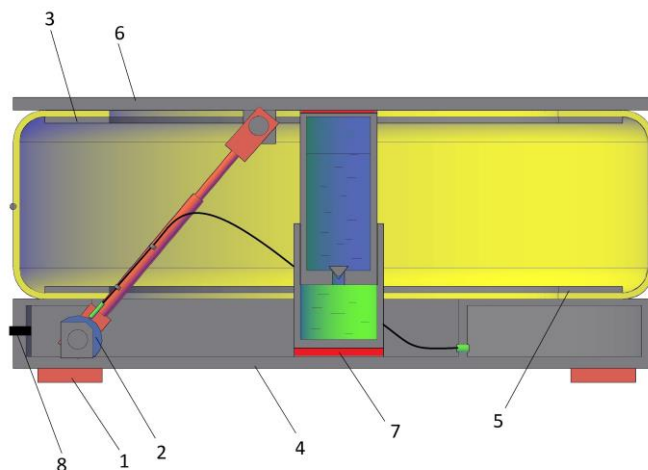


Рис. 2 – Подвеска в разрезе

### Литература

1. Чупраков Ю.И. Гидравлические системы защиты человека-оператора от общей вибрации / М.: Машиностроение, 1987. 224 с.

## **К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ УСТРОЙСТВ В ПОДВЕСКАХ АВТОБИЛЕЙ**

Д.С. Периков, Д.Л. Окладников, А.А. Сорокин, П.П. Евсеев  
*Сибирский федеральный университет*

В настоящее время все большее внимание уделяется возможности применения возобновляемых источников энергии. Одним из перспективных направлений является использование энергии колебания, тряски, вибрации какого-либо физического тела или среды для выработки электроэнергии для локальных потребителей. В современных амортизаторах, применяемых на автомобилях малого класса, усилие сопротивления на ходе сжатия и ходе отбоя варьируется в пределах от 250 до 400 Н и 800 до 1100 Н соответственно, при этом величина рассеиваемой энергии в среднем составляет 350 Вт на один амортизатор. Так как работа любого амортизатора основана на силе трения, то энергия механических колебаний, поглощенная амортизатором, рассеивается в виде тепла в окружающую среду.

Идея электромагнитной подвески, суть которой сводится к использованию поля между двух магнитов, не нова. Основным из разработчиков электромагнитных подвесок на сегодняшний день является Bose Corporation, создавшая электромагнитные стойки, в которых роль упругого и демпфирующего элементов выполняют неподвижные статоры, а роторы находятся в жесткой связи с каждым из колес (рисунок 1).

Весь комплекс получает сигналы от центрального контроллера, который анализирует данные различных датчиков и сенсоров и на основе их управляет магнитным полем посредством заложенного алгоритма. Неоспоримое достоинство этой системы заключается в скорости реакции – намного быстрее



любой гидравлики, недостаток – большие энергозатраты на работу электромагнитов.

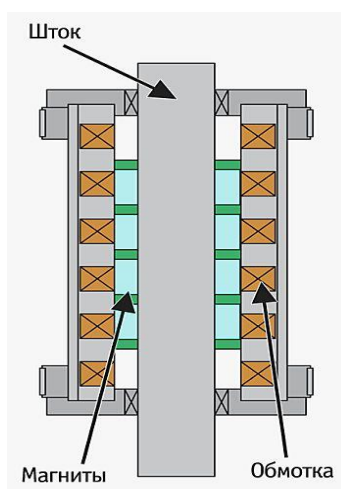


Рис. 1 – Электромагнитная подвеска BOSE

Еще одними из разработчиков электромагнитных подвесок является Технологический университет Эйнховена совместно с фирмой SKF. Разработка заключается в использовании электромагнитной "капсулы" только в качестве демпфера, а функция упругого элемента осталась за обычной пружиной. Капсула состоит из электромагнитного актюатора, управляющего блока и батареи. Общая потребляемая энергия системы около 500 Вт. Более того, разработчики заверяют, что аккумуляторные батареи могут заряжаться от преобразованной энергии колебаний подвески. В случае отказа электромагнитного амортизатора подвеска не проседает, а продолжает работать без демпфирования.



Рис. 2 – Электромагнитная стойка разработки университета Эйнховена и SKF

На основе проведенного анализа предлагается схема электромагнитного амортизатора (рисунок 3) с возможностью изменения выходных параметров в широком диапазоне, генерации и накопления электроэнергии, а также рекуперации её в бортовую сеть автомобиля. Тем самым решается вопрос не только адаптивности подвески, но и её управления без отбора энергии из бортовой сети. Возможно сочетание предложенной схемы электромагнитного амортизатора с гидравлическим демпфером для обеспечения необходимой энергоемкости подвески.

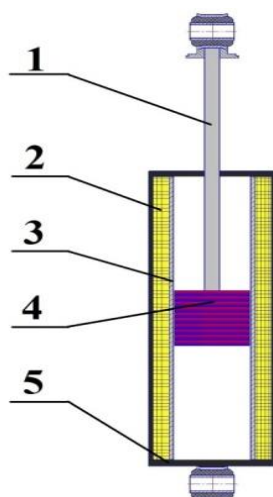


Рис. 3 – Принципиальная схема электромагнитного амортизатора линейного типа: шток – 1, обмотка – 2, магнитопровод – 3, кассета магнитов – 4, корпус – 5

На данном этапе разработки проектируемые амортизаторы могут иметь несколько вариантов конструктивного исполнения, при этом все схемы представляют собой электрическую машину на постоянных магнитах:

- закрепленная на штоке обмотка и установленные в корпусе магниты;
- использование в качестве отбойника постоянных магнитов (принцип магнитной пружины);
- применение различных видов обмоток: одно- или трехфазная, с постоянным либо переменным сечением;
- сочетание электромагнитного амортизатора линейного типа с гидравлической системой.

В качестве дополнительного источника электрической энергии возможно применение в конструкции амортизатора отбойника, оснащенного пакетом пьезоэлементов (рисунок 4).

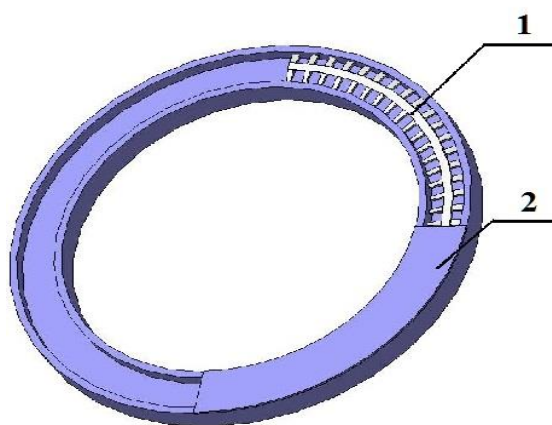


Рис. 4 – Пьезоподушка:  
1 – пакет пьезоэлементов, 2 – упругий корпус

Как альтернативный вариант конструктивного исполнения электромагнитного амортизатора разрабатывается схема с генераторами вращательного типа (рисунок 5), представляющая собой два генератора на постоянных магнитах, закрепленных на корпусе – 1. Роторы приводятся от шестерни - 3 через обгонные муфты – 6, что позволит избежать динамических (инерционных) нагрузок от роторов генераторов – 7. Использование генераторов вращательного типа является более предпочтительным относительно линейных, поскольку они технологичны в изготовлении и широко применяются в различных сферах.

Данная схема возможна в довольно компактном исполнении за счет увеличения частоты вращения ротора генератора, что положительно скажется на КПД всего узла в целом.

В целом применение в подвесках автомобилей электромагнитных амортизаторов позволит снизить нагрузку на бортовые источники электроэнергии (аккумуляторную батарею и генераторную установку), а также задавать необходимые характеристики подвески под различные условия эксплуатации, что положительно отразится на эксплуатационных свойствах автомобилей. К тому же данное направление приобретает особую актуальность при проектировании автомобилей с гибридными силовыми установками и электромобилей.

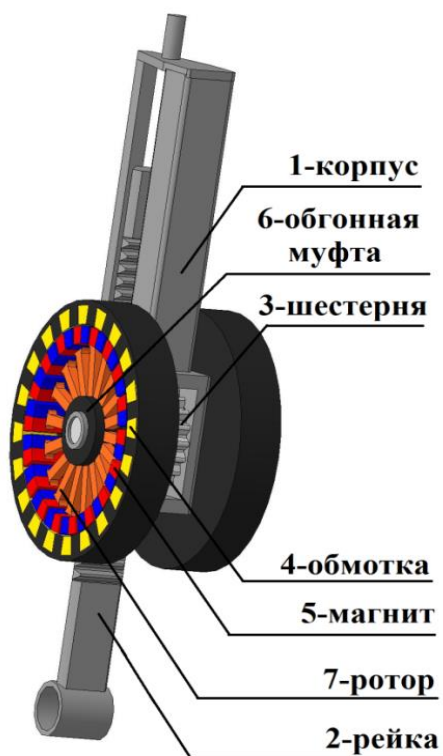


Рис. 5 – Принципиальная схема электромагнитного амортизатора с генераторами вращательного типа

### Список литературы

1. ГОСТ 37.001.277 – 84. Подвеска автотранспортных средств. Термины и определения. – Введ. с 01.01.85. М, НАМИ, 1984.
2. Острцов А.В., Устименко В.С. Оценка эффективности работы амортизаторов на автомобиле // Грузовик &, 2002, №11.
3. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. – М.: Машиностроение, 1972.
4. Дербаремдикер А.Д. Амортизаторы транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1985.
5. Шарипов В.М. Конструирование и расчет тракторов. – М.: Машиностроение, 2004.
6. Хитерер М.Я., Овчинников И.Е. Синхронные электрические машины возвратно-поступательного движения. Санкт-Петербург: Корона принт, 2008.
7. Centre of Electromechanics, University of Texas, Research activities, [www.utexas.edu/research/cem/](http://www.utexas.edu/research/cem/)

### **ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТИ МТА РЕГУЛИРУЕМЫМ УПРУГИМ ЭЛЕМЕНТОМ**

А.Н. Площаднов, С.Г. Песков, М.А. Столяров  
*Рубцовский индустриальный институт*

В последнее время особенно остро стоит вопрос по возделыванию и обработке сельхозкультур для Алтайского края. В связи с этим требуется применение интенсивных технологий, для совмещения которых применяют машинно-тракторные агрегаты, предназначенные для совмещения операций. Это даёт существенное повышение производительности, снижение энергетических и экономических затрат.

Использование агрегатов с фронтальной навеской позволяет за счет совмещения операций уменьшить количество проходов по полю, что повышает урожайность за счет снижения уплотнения плодородного слоя, а также уменьшить расход топлива до 30% и материально – технические затраты, связанные с обслуживанием МТА.

Однако при использовании фронтальной навески возникают определенные проблемы. Основная из них – отрицательное влияние на устойчивость и управляемость машинно-тракторного агрегата в процессе движения. Малые колебания, возникающие из-за неоднородности обрабатываемого грунта, с течением времени не уменьшаются, а, наоборот, увеличиваются, что, в конечном итоге, приводит к потере устойчивости движения всего машинно-тракторного агрегата.

Решение данной проблемы позволило бы значительно повысить эффективность использования в сельскохозяйственном производстве фронтально навесных машин и орудий.

В Рубцовском индустриальном институте сотрудниками кафедры "Наземные транспортные системы" на протяжении ряда лет ведутся научные исследования в области фронтального агрегатирования. В результате чего

были предложены различные способы соединения фронтально-навесного орудия с трактором.

При введении упругого элемента в навесную систему трактора появляется возможность оказывать влияние на параметры устойчивости движения и управляемости МТА. Настройку упругого элемента по параметру жесткости можно осуществить, изменяя рабочую длину, перемещая подвижную опору. Перемещение подвижной опоры возможно с применением гидравлики [1]. Гидропривод целесообразно заменить электроприводом с применением мотор-редуктора.

Электропривод имеет ряд преимуществ:

- 1) простота управления;
- 2) простота и удобство настройки (навесная система с электроприводом может быть настроена под каждого водителя, исходя из его характерных особенностей при управлении МТА);
- 3) экологичность.

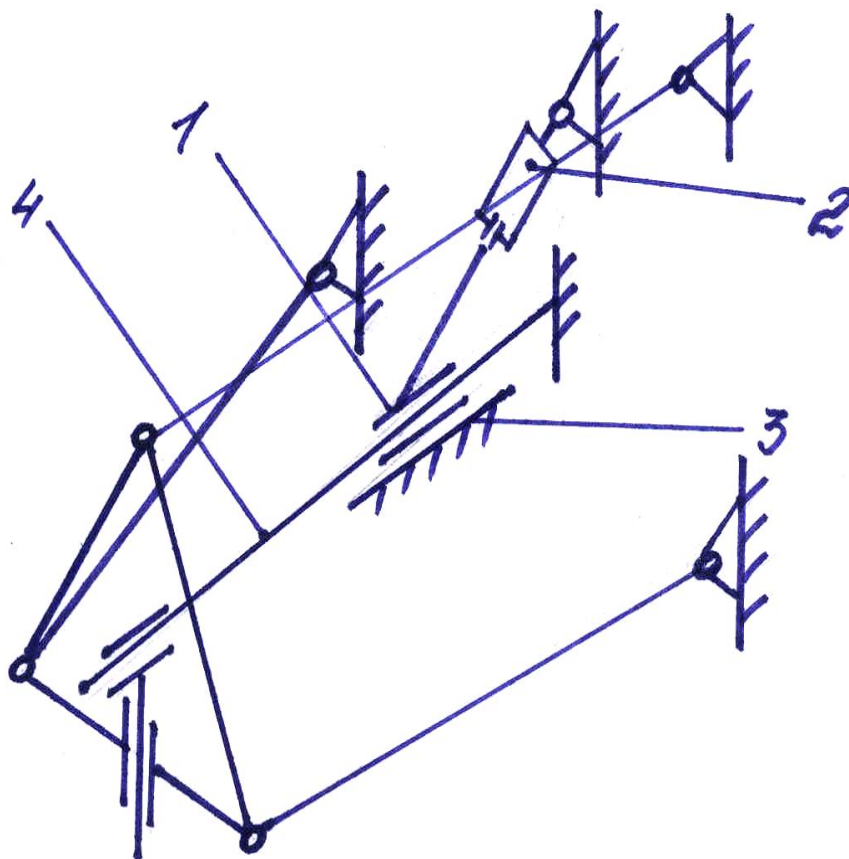


Рис. 1. Приспособление для фронтального навешивания сельхозмашин и орудий с устройством для повышения устойчивости движения и управляемости МТА с электроприводом: 1 – промежуточная опора; 2 – мотор-редуктор; 3 – направляющая; 4 – рессора

## Литература

1. Пат. № 2427995 RU, А 01 В 59/06. Фронтальная навеска трактора // А.Н. Площаднов, П.Ю. Яковлев, А.С. Зейгерман, Э.С. Маршалов, И.В. Курсов, И.Е. Бутаков, Т.А. Убогова. Оpubл. 10.09.2011. Бюл. №25. – 4 с.: ил.

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ШУМОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ШУМА В КАБИНЕ ТРАКТОРА**

А.В. Соломатин

*Волгоградский государственный технический университет*

Шум в кабине трактора отрицательно влияет на здоровье тракториста. Для предотвращения его негативного действия используют целый комплекс мер. Это может быть ликвидация (уменьшение влияния) источников шума или защита от него. Первый метод весьма дорог и сложен, так как приходится вносить изменения в конструкцию трактора. И этим занимаются инженеры, модифицируя действующие модели или создавая новые. Второй класс мер менее затратен и более посилен в обыденных условиях. Именно поэтому он был выбран для проведения данного исследования [1].

Для акустической защиты кабины применяют два физических явления – шумоизоляцию и шумопоглощение. Они обеспечиваются с помощью разных материалов. Шумоизолирующие материалы из-за своей плотной структуры не пропускают звуковые волны, то есть препятствуют их проникновению в кабину. Шумопоглощающие материалы состоят из маленьких ячеек, наполненных воздухом, в которых энергия звуковых колебаний преобразуется в тепло, таким образом, препятствуют образованию вторичного звука (отражению) [2].

Для исследования выбраны шумопоглощающие материалы, так как они более доступны и распространены. В данном исследовании это является решающим фактором, так как мы стремимся сделать наше исследование с минимальными затратами.

Испытания проводились на колёсном тракторе Минского тракторного завода.

В качестве шумопоглощающих материалов были использованы панели мебельного латекса площадью  $1,984 \text{ м}^2$  и поролона площадью  $0,975 \text{ м}^2$  толщиной  $0,1 \text{ м}$  (поскольку исследуется принципиальная возможность снизить шум в кабине за счёт звукопоглощения, конкретные качества материала, кроме коэффициента звукопоглощения, не имеют значения).

В данном исследовании мы доказываем эффективность шумопоглощающих материалов, потому нам важна только его способность к шумопоглощению.

Ход проведения эксперимента происходил в три этапа.

На подготовительном этапе была осмотрена кабина трактора, выбраны поверхности, необходимые для покрытия шумопоглощающими материалами.

Облицовка производилась клейкой лентой, с учётом того, чтобы материалы не мешали управлению трактором водителем. Облицовывались потолок, пол и двери.

Пол кабины и двери оклеивались мебельным латексом. Потолок был облицован поролоном.

На этапе непосредственного проведения опыта двигатель стоящего на месте трактора был запущен и работал на номинальных оборотах.

При этом был замерен уровень шума по шкале «А» шумомера и в третьоктавных полосах частот. Всего было произведено два опыта, по два замера в каждом. В первом опыте измерялся уровень шума внутри кабины, облицованной изнутри шумопоглощающими материалами. Во втором – все эти материалы были убраны, и замер производился в кабине, со стандартным набором шумозащищающих конструкций.

На заключительном этапе производилась обработка полученных данных.

Анализ полученных данных показал, что разность показаний шумомера при повторении опыта не превышала 1дБ. Поэтому не было необходимости проводить третье измерение.

На основании полученных уровней шума были построены спектрограммы, представленные на рисунке 1.

Общий уровень звука в кабине с серийной шумоизоляцией равен 116,1 дБА, а в кабине с дополнительными шумопоглощающими материалами его значение равно 113,5 дБА.



Рис. 1. Сравнение спектрограмм шума в кабине трактора

По графику видно: на низких частотах снижение уровня шума с помощью шумопоглощающих материалов очень мало. При 100 Гц значения уровней шума практически совпадают – в кабине с серийной шумоизоляцией уровень шума равен 93,8 Гц, а с дополнительными шумопоглощающими материалами равен 93,6 Гц. При 50 Гц разность уровней шума равняется 2,5 Гц.

При более высоких частотах, начиная примерно с 250 Гц, влияние шумопоглощающих материалов прослеживается более явно. Так, при частоте 250 Гц уровень шума в кабине с серийной шумоизоляции равен 81,8 дБ, а в кабине с дополнительными шумопоглощающими материалами равен 72,2 дБ. Разность составляет 9,6 дБ. Максимальная разность уровней шума приходится на частоту 800 Гц и составляет 22,7 Гц.

Анализируя значения уровней шума по шкале А, мы видим, что в целом при всём диапазоне частот уровень шума снижается. Разность их значения равна 2,5 дБ.

По полученным значениям видно, что за счёт шумопоглощения можно существенно снизить уровень шума в кабине тракторов МТЗ.

#### Список литературы

1. Иванов, Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. – М.: Университетская книга, Логос, 2008. – 421 с.
2. Победин, А.В. Проектирование виброшумоизоляции тракторной кабины [Текст] : учеб. пособие / А.В. Победин; ВолгГТУ. – Волгоград: ВолгГТУ, 1994. – 92, [1] с.

### **ГОРОДСКИЕ ОСТАНОВОЧНЫЕ ПУНКТЫ. БЕЗОПАСНАЯ И УДОБНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ**

Н.А. Чернецкая, А.Г. Алёшина, Е.И. Добродомова

*Рубцовский индустриальный институт*

Городские остановочные пункты имеют недостаточный уровень безопасной и удобной организации. Дорожная ситуация весьма опасна в г. Рубцовске, так как уже давно наметилась тенденция постоянного увеличения количества транспортных средств, плохие дорожные условия (гололедица, снегопад, морозы и т.д.). Поэтому люди должны ожидать городской транспорт на остановках, которые адаптированы к неблагоприятным условиям окружающей среды и максимально обеспечивают защиту от транспортных средств, водители которых нарушат те или иные правила дорожного движения или потеряют управление.

Цель данной работы: разработать комфортабельную и безопасную организацию остановочных пунктов.

Задачи:

1. Изучить существующие способы организации, требования к организации остановочных пунктов;
2. Проанализировать их;

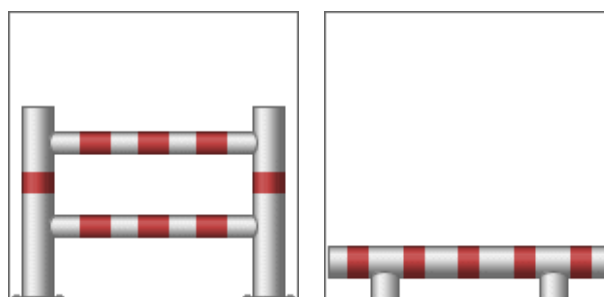


3. Выбрать способы организации, удовлетворяющие нашим требованиям (обеспечение безопасности, защита от дождя, ветра, снега и т.д.).

Остановочные пункты на участках дорог в пределах населенных пунктов должны отвечать требованиям. Остановочный пункт должен состоять из следующих элементов [1]:



- остановочная площадка;
- посадочная площадка;
- заездной "карман";
- боковая разделительная полоса;
- тротуары и пешеходные дорожки;
- автопавильон;
- пешеходный переход;
- скамья;
- урна для мусора;



- технические средства организации дорожного движения (дорожные знаки, разметка, ограждения);

- освещение (при расстоянии до места возможного подключения к распределительным сетям не более 500 м).

Длину остановочной площадки принимают в зависимости от одновременно стоящих транспортных средств из расчета 20 м на один автобус или троллейбус, но не более 60 м.

Посадочную площадку размещают в пределах тротуара или полосы, отделяющей проезжую часть от тротуара. Возвышение посадочной площадки над остановочной площадкой должно составлять 0,20 м. В зимнее время площадка должна очищаться от снега и обрабатываться противогололедными материалами [2].

Защита людей, ожидающих транспорт на остановке, может быть обеспечена барьерами, металлическими столбиками определенной формы и с тяжелой фундаментальной частью, которая выдержит удар автомобиля, отбойниками.

В качестве материалов для изготовления остановки используют дерево, ДВП, железо, но, главное, каркас должен быть прочным – бетонный, кирпичный, стальной, чтобы выдерживал порывы ветра, большое количество снега, не размыло дождем.

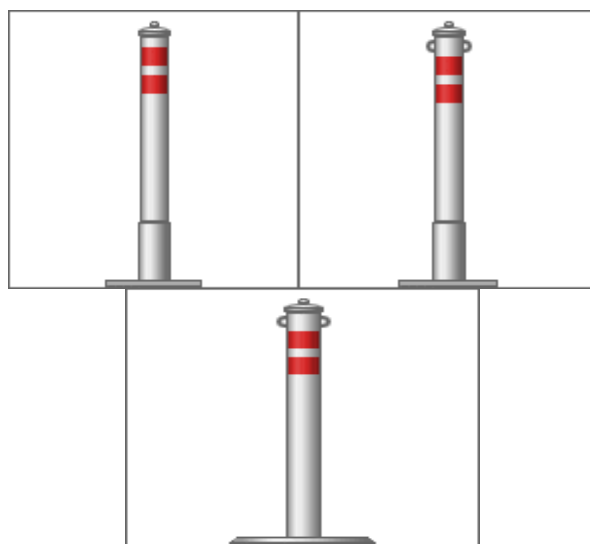


Рис. 1. Дорожные ограждения

Множество строительных компаний предлагают огромный ассортимент павильонов.

Изготавливают автобусные остановки и торгово-остановочные комплексы с покрытием полиэстер, оцинкованным листом или из светопрозрачного материала.

Габаритные размеры конструкций остановочного павильона: 3,4 м х 1,4 м х 2,4 м; 4 м х 1,6 м х 2,6 м. Каркас крыши и стен изготавливают из профильной трубы. Антикоррозийное покрытие металлического каркаса – горячий цинк. Крыша – непрозрачный сотовый поликарбонат. Стенки выполняют из лайтбокс сити-формата, монолитного поликарбоната, калёное безосколочное стекло. Предусматривается антивандальное крепление (резьба болтовых соединений проваривается). Павильоны для ожидания автобусных рейсов в обязательном порядке оснащаются лавочками. Деревянные сиденья более удобны, но металлические гораздо прочнее и отличаются длительным сроком службы.

Каркас автопавильона изготавливается из металлической трубы (электросварной) круглого и профильного сечения, которая в специальном кондукторе сваривается, образуя тем самым двойную каркасную систему стальных заготовок. Эти детали соединяются между собой поперечинами и превращаются в пространственную конструкцию. Следует обратить внимание, что каждый каркас имеет шесть опорных двойных ног, которые при монтаже бетонируются, предварительно закрепив в основание закладные устройства. Таким образом, остановка максимально прочно закрепляется на асфальтовой площадке и ей не страшны любые погодные условия (шквальный ветер, ураганы, смерчи). Каркас крыши также изготавливают из металлических труб, в форме двойных дуг. С обеих сторон крыша оборудована во всю длину водостоками. Специальные отливы изготовлены таким образом, чтобы придать каркасу дополнительную жесткость и в то же время выполнять функцию отвода дождевой воды.

Для обеспечения безопасной организации остановочных пунктов, которые расположены на невысшей площади, стоит использовать светоотражающие столбики количеством  $x$ , вычисляемым по формуле

$$\frac{a + 2 \cdot b}{c + 1 \cdot 2} = x,$$

где  $a$  – ширина «заездного» кармана;

$b$  – глубина «заездного» кармана;

$c$  – ширина пассажирской длины автобуса.

Также необходимо оснастить деревянной скамьей, мусорной урной, техническими средствами организации дорожного движения, достаточным освещением, доской объявлений. В качестве строительных материалов стоит применить антивандальное крепление (резьба болтовых соединений проваривается), сталь для каркаса, сотовый поликарбонат для крыши. А крыша должна обладать специальными водостоками.

#### Список литературы

1. Методические рекомендации по проектированию автобусных остановок / Ю.С. Крылов. М.: Союздоронин, 1975. 160 с.
2. Оптимизация городских автобусных перевозок / М.Э. Антошвили, С.Ю. Либерман, И.В. Спирин. М.: Транспорт. 1985. 102 с.

## ВИДЫ КОНСТРУКЦИЙ ПЛАНЕТАРНЫХ РОЛИКОВИНТОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

В.В. Шилин

*Волгоградский государственный технический университет*

В работе приведены данные о конструкции, типах и характеристиках роликвинтовой передачи.

### Роликвинтовая передача

На рисунке 1 показана простейшая конструкция планетарного роликвинтового механизма (ПРВМ) с короткими роликами, между резьбовыми деталями которой имеются осевые зазоры. Механизм состоит из многозаходных винта 1 и гайки 5, между которыми установлены  $n$  резьбовых однозаходных роликов 4. По одной образующей витки резьбы каждого ролика находятся в зацеплении с витками резьбы гайки, а по противоположной образующей – с витками резьбы винта. Торцовые шейки роликов установлены в отверстиях сепараторов 2. Чтобы ролики относительно винта имели одну степень свободы и синхронно работали, их дополнительно связывают с гайкой с помощью зубчатых зацеплений. Для этого на концах каждого ролика непосредственно по резьбе нарезают наружные зубья, которые зацепляются с внутренними зубьями, нарезаемыми на втулках 3, которые закреплены в гайке.

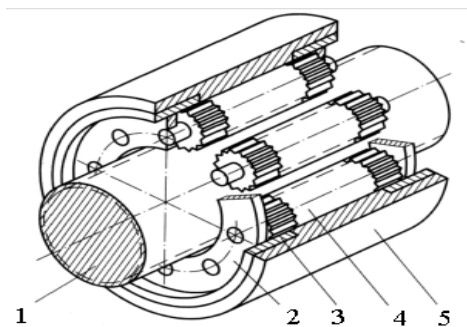


Рис. 1 – Планетарный роликовинтовой механизм  
1 – винт; 2 – сепаратор; 3 – втулки 4 – ролики; 5 – гайка

При вращении винта гайка поступательно перемещается вдоль его оси, а ролики совершают планетарное движение. Каждый ролик вращается вокруг своей оси, и все ролики вместе с сепараторами вращаются вокруг оси винта. Размеры деталей ПРВМ так подобраны [1], что ролики обкатываются по гайке, а в точке начального контакта сопрягаемых витков винта и ролика вектора их линейных скоростей практически совпадают. Таким образом, ПРВМ относятся к винтовым механизмам, в которых реализуется трение качения. В некоторых конструкциях ПРВМ ведущим звеном является вращающаяся гайка, а винт, зафиксированный от вращения, совершает поступательное движение.

#### Виды конструкций планетарных роликовинтовых механизмов

ПРВМ подразделяются по конструкции [2]. Чаще других применяют две конструкции ПРВМ с короткими роликами. В первой конструкции ПРВМ на рисунке 2,а гайка выполнена цельной, и между сопрягаемыми витками резьбы винта, роликов и гайки имеются осевые и радиальные зазоры, без которых собрать механизм невозможно. Данная конструкция ПРВМ обладает высокой нагрузочной способностью, надежностью, долговечностью и КПД, но низкой точностью и осевой жесткостью из-за наличия указанных зазоров.

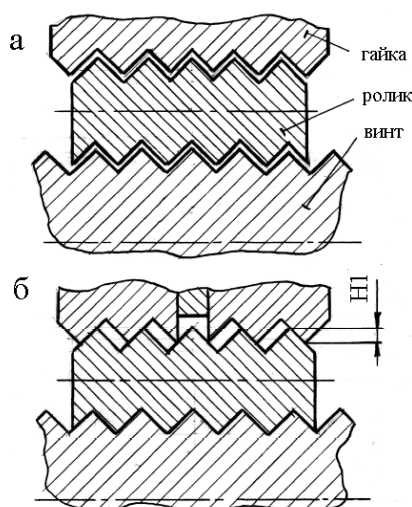


Рис. 2 – Схема ПРВМ: а – с зазорами между витками резьбовых деталей; б – без зазора между витками (зазоры выбраны с помощью компенсатора)

Во второй конструкции ПРВМ гайка выполнена сборной на рисунке 2,б и состоит из двух полугаек, между которыми установлен компенсатор. В этой конструкции ПРВМ для повышения осевой жесткости и точности механизма зазоры выбираются и между гайкой, роликами и винтом создается предварительная сжимающая сила (сила преднагрузки). Для этого вводятся дополнительные детали, сжимающие полугайки с компенсатором и детали для совместной фиксации полугаек по угловой координате. Способ выборки зазоров основан на подборе (уменьшении) толщины компенсатора, за счет чего полугайки сближаются и, взаимодействуя с роликами, перемещают их в радиальном направлении к оси винта. Однако компенсация осевых зазоров между витками резьбы деталей ПРВМ описанным выше способом сопровождается целым рядом недостатков:

1. ПРВМ становится более сложным и дорогим.
2. Усложняется процесс сборки и наладки ПРВМ, который требует достаточно больших затрат ручного труда.
3. По сравнению с первой конструкцией беззазорный ПРВМ имеет более низкий КПД.
4. Снижается осевая жесткость гайки из-за стыков между полугайками и компенсатором и податливости деталей, с помощью которых осуществляется стяжка полугаек с компенсатором (часто стяжку производят с помощью четырех винтов, длина которых превышает длину роликов).
5. Каждая полугайка взаимодействует с роликом только одной стороной каждого витка своей резьбы. Отсюда рабочая осевая сила воспринимается одной полугайкой и складывается с силой преднагрузки. Отсюда нагрузочная способность беззазорного механизма примерно в два раза меньше, чем ПРВМ с зазорами.
6. При выборке зазоров в ПРВМ из-за перемещения роликов в радиальном направлении от гайки к винту снижается рабочая высота  $H_1$  профиля резьбы в сопряжении витков гайки и роликов.
7. По сравнению с первой конструкцией в беззазорном ПРВМ из-за более интенсивного износа сопрягаемых витков его деталей во время работы механизма снижается долговечность ПРВМ. При этом из-за износа сила преднагрузки также снижается и могут вновь образоваться зазоры между сопрягаемыми витками деталей ПРВМ.

Кроме того, обе конструкции ПРВМ с короткими роликами имеют общие недостатки, основным из которых является селективный подбор роликов для одного механизма. В подобранном комплекте средние диаметры резьбы роликов не должны выходить за пределы узкого диапазона шириной несколько микрометров. В противном случае распределение нагрузки между роликами будет неравномерным и некоторые ролики, количество которых для повышения нагрузочной способности ПРВМ выбирается максимально возможным, будут воспринимать на себя основную часть рабочей осевой силы, а другие ролики будут практически не нагружены.

Основным недостатком беззазорного ПРВМ является то, что рабочую осевую силу воспринимает только одна его полугайка, что приводит к существенному снижению нагрузочной способности такого механизма по сравнению с ПРВМ, имеющим зазоры между резьбовыми деталями.

Исходя из приоритетных характеристик роликвинтовой пары (что зависит от того, в какой конструкции и условиях она будет применена), производится выбор типа роликвинтовой передачи.

#### Список литературы

1. Определение размеров и полей допусков для основных деталей планетарных роликвинтовых передач / Д.С. Блинов [и др.] // Справочник. Инженерный журнал. 2006. №7. Приложение №7. С. 1-24.
2. Планетарные роликвинтовые механизмы. Конструкции, методы расчетов / под ред. О.А. Ряховского. М.: МГТУ, 2006. 222 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДОМКРАТОВ В ВЫВЕШИВАНИИ И ГОРИЗОНТИРОВАНИИ ПУСКОВОЙ УСТАНОВКИ (ПУ)**

В.В. Шилин

*Волгоградский государственный технический университет*

В работе приведены некоторые данные об устройстве, типах, применении механизмов вывешивания и горизонтирования (МВГ).

В данном материале домкраты рассматриваются как силовые элементы механизмов вывешивания и горизонтирования (МВГ) грузоподъемных машин и самоходных агрегатов (кранового оборудования и пусковых установок ракетных комплексов).

### **Понятия вывешивания и горизонтирования**

*Вывешивание* – это процесс поднятия несущей конструкции на домкратах и перенос всей массы с шасси на домкраты. Вывешивание проводится для придания системе большей устойчивости за счет увеличения площади опорной поверхности и жесткости опорных элементов. Применяется во время работы специального грузового оборудования ракетного комплекса (РК), подготовки пусковой установки к старту.

*Горизонтирование* – это процесс придания конструкции строго горизонтального положения (согласно заданной системе координат). Горизонтирование пусковой установки выполняется с помощью гирокомпаса и соответствующего изменения высоты подъема домкратов.

### **Типы механизмов вывешивания и горизонтирования**

Во многих типах самоходных агрегатов (СА) применяют единые МВГ, то есть такие механизмы, в которых при помощи одних и тех же домкратов выполняются функции как вывешивания, так и горизонтирования машин. Вместе с тем встречаются и отдельные механизмы, в которых одна группа домкратов предназначена для вывешивания СА, а другая – для

горизонтирования (вертикализации) отдельных устройств, входящих в состав такого агрегата [1].

По количеству опор встречаются четырех-, трех-, и двух- опорные механизмы. При использовании двухопорной схемы МВГ опора вывешиваемой машины (платформы) на грунт или бетонное основание осуществляется с помощью двух домкратов, при этом третьей точкой опоры является, например, шарнир тягача, соединенный с вывешиваемым полуприцепом. В некоторых перспективных многоосных агрегатах могут найти применение и многоопорные МВГ, то есть механизмы с числом опор больше четырех, например шестиопорные.

#### **Работа механизмов вывешивания и горизонтирования**

Рассматривая различные СА и транспортируемые платформы, можно обнаружить существенное отличие их МВГ друг от друга по кинематическим особенностям, иными словами, по характеру и последовательности движения исполнительных органов при выполнении рабочих операций. В процессе перевода СА из походного положения в рабочее вывешивается либо кормовая часть корпуса, либо весь корпус. Причем в последнем случае вывешивание может быть полным (с отрывом всех колес от грунта) или частичным. Движение домкратов осуществляется синхронно или поочередно (что характерно для частичного вывешивания с помощью ручных домкратов). В некоторых СА, имеющих четырехопорный МВГ, выполняется поочередное вывешивание носовой и кормовой частей корпуса путем последовательного подъема пары передних и пары задних домкратов в синхронном режиме. Применительно к МВГ с гидроприводом возможно также выполнение вывешивания при “свободном” (несинхронном) движении всех домкратов. Сущность такого способа заключается в том, что снятие агрегата с подвесок производится при подаче масла от насоса во все домкраты, вследствие чего их движение происходит одновременно, но с разными скоростями (в соответствии с характером изменения действующих на них нагрузок) [2].

#### **Выбор типа домкрата механизма вывешивания и горизонтирования**

Таким образом, домкраты являются основным силовым элементом механизмов вывешивания и горизонтирования и поэтому к ним предъявляются следующие технические требования: обеспечение необходимой грузоподъемности, кинематической точности, надежного стопорения и удержание груза на необходимой высоте. Этим требованиям в большей степени отвечают винтовые и гидравлические домкраты. Эти типы подъемных механизмов и нашли свое применение в конструкции различных МВГ.

В свою очередь каждый тип имеет свои преимущества и недостатки.

*Преимущества винтового домкрата:* значительный рабочий ход и высота подъема, малый вес, надежность в эксплуатации, самоторможение; недостатками являются: низкий КПД, малая скорость подъема.

*Преимущества гидравлического домкрата:* жесткость конструкции, устойчивость, плавность хода, точность торможения, большая грузоподъемность, компактность, высокий КПД (0,75-0,8); недостатками

являются: малая скорость, сложность конструкции, утечки гидравлической жидкости [3].

В зависимости от технического задания и условий эксплуатации при проектировании МВГ производится выбор типа силового элемента – домкрата. Например, учитывая высокие требования к кинематической точности и грузоподъемности массивных пусковых установок ракетных комплексов (ПУ РК), в большинстве современных конструкций применяют гидравлические домкраты.

#### Список литературы

1. Авт. свид. 731088. Гидравлический привод вывешивания и горизонтирования грузовой платформы / Алексеев Е.Ф., Лелин Л.С., Сорокин В.П., Штангей В.Н. // Б.И. 1980. №16.

2. Авт. свид. 769120. Гидравлический привод вывешивания и горизонтирования грузовой платформы / Алексеев Е.Ф., Сорокин В.П., Штангей В.Н. // Б.И. 1980. №37.

3. Мелик – Гайзаков В.И. Гидропривод тяжелых грузоподъемных машин и самоходных агрегатов / В.И. Мелик – Гайзаков, Ю.П. Подгорный, М.Ф. Самусенко. – М.: Машиностроение, 1968. – 264 с.

## СРАВНЕНИЕ РОЛИКОВИНТОВОЙ ПАРЫ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ И ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

В.В. Шилин

*Волгоградский государственный технический университет*

В работе приведена сравнительная характеристика различных видов передач, а именно шарико-, роликвинтовых с гидравлическими и пневматическими системами.

Для применения в условиях, в которых ожидаются большие нагрузки или где требуется высокий КПД, роликвинтовые механизмы являются привлекательной альтернативой использованию гидравлических или пневматических систем [1]. Электромеханические устройства с роликвинтовой парой обладают значительными преимуществами. Для них не требуются сложные вспомогательные системы с клапанами, насосами, фильтрами и датчиками. В связи с этим они занимают намного меньше места и обладают очень большим сроком службы, причем для них почти не требуется техническое обслуживание. Не возникает проблем с утечкой жидкости. Значительно снижены уровни шума.

### Сравнение рабочих характеристик роlikо- и шариковинтовых передач

*Нагрузки и жесткость:* в связи с конструктивными факторами число точек контакта в шариковинтовой паре ограничивается размерами шариков. В конструкции роликвинтовой передачи имеется намного больше точек контакта, чем в шариковинтовой паре сравнимых размеров. Вследствие этого



роликовинтовые передачи имеют более высокую нагрузочную способность, а также улучшенную жесткость. Роликовинтовая пара имеет меньшие габариты.

*Перемещение за срок службы:* На рисунке 1 для ролико- и шариковинтовых и винтовых передач показано сравнение сроков службы. Из графика видно, что срок службы роликовинтовой передачи выше в 15 раз [2].

*Скорости:* Для типовой шариковинтовой передачи скорость вращения ограничивается значением 2000 об/мин или меньше, что связано со столкновением шариков между собой при вращении канавки. В отличие от этого, ролики зафиксированы в планетарной конфигурации цапфами на торцах гайки, поэтому для них не действует это ограничение. В связи с этим роликовинтовые передачи могут вращаться со скоростью 5000 об/мин и больше, что позволяет получать гораздо более высокие скорости линейного перемещения.

### Сравнение параметров основных типов передач, используемых для линейного перемещения

Сравнение параметров основных типов передач, используемых для линейного перемещения сведено в таблицу 1.

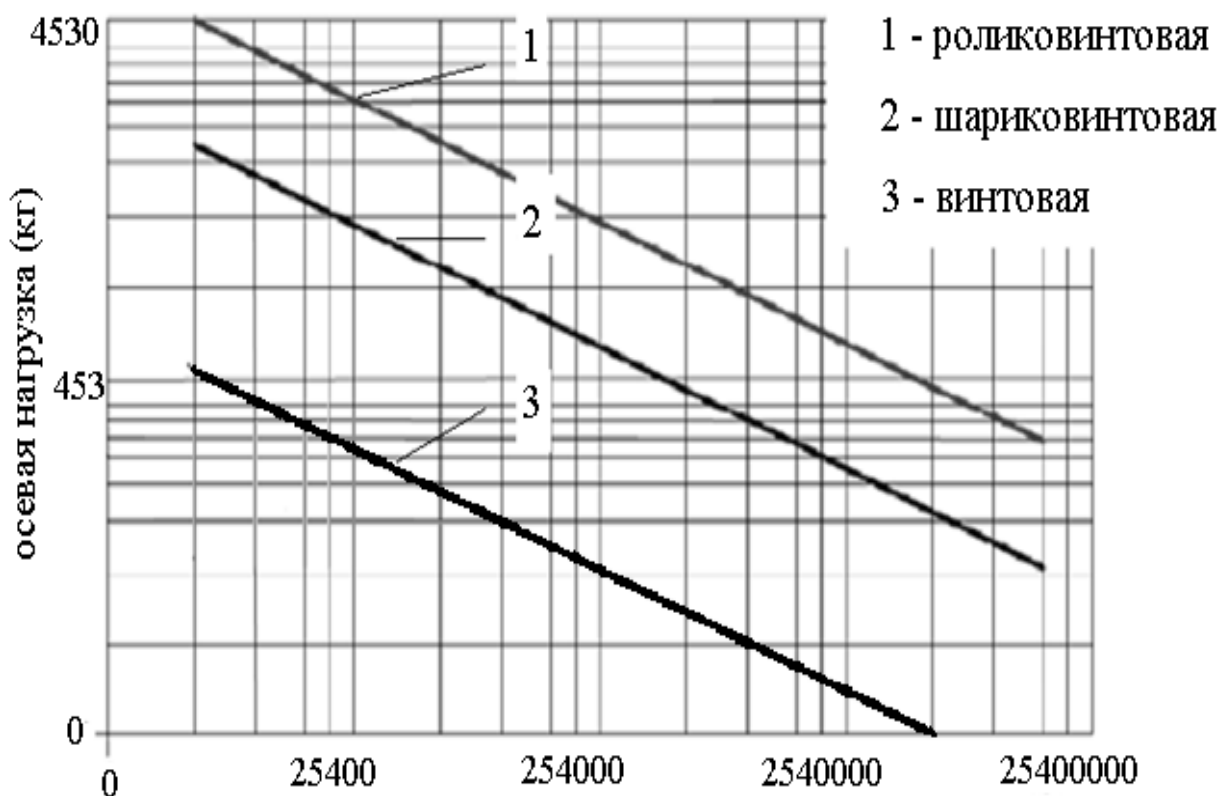


Рисунок 1 – График сравнения сроков службы шариковинтовой, винтовой и роликовинтовой передачи

**Сравнение параметров основных типов передач, используемых  
для линейного перемещения**

Показатель	Роликовин- товая передача	Трапецеидаль- ная передача	Шарико- винтовая передача	Гидравлика	Пневматика
Нагрузочная способность	Очень высокая	Высокая	Высокая	Очень высокая	Высокая
Срок службы	Очень большой, во много раз больше, чем у шариковин- товых	Очень маленький ввиду большого трения и износа	Умеренный	Большой	Большой
Скорость	Очень большая	Низкая	Умеренная	Умеренная	Очень большая
Ускорение	Очень большое	Малое	Умеренное	Очень большое	Очень большое
Позициониро- вание	Простое	Среднее	Простое	Сложное	Очень сложное
Жесткость	Очень большая	Очень большая	Умеренная	Очень большая	Очень малая
Габариты	Минимальные	Умеренные	Умеренные	Высокие	Высокие
Трение	Низкое	Высокое	Низкое	Высокое	Умеренное
КПД	>90%	Приблизительно 40%	>90%	<50%	<50%
Техническое обслуживание	Очень простое	Сложное, вследствие сильного износа	Умеренное	Очень сложное	Сложное
Воздействие на окружающую среду	Минимальное	Минимальное	Минималь- ное	Утечка жидкости и ее утилизация	Высокие уровни шума

**Список литературы**

1. Козырев В.В. Сравнение шариковых и роликовых передач винт-гайка // Вестник машиностроения. 1983. №11. С. 30-34.
2. Козырев В.В. Роликовинтовые передачи – перспективные наукоемкие компоненты общемашиностроительного применения // Приводная техника. 1997. №5. С. 28-30.

**УСЛОВИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ ТРАКТОРА  
ПРИ УСТАНОВИВШЕМСЯ ПОВОРОТЕ В МЕЖДУРЯДЬЯХ  
ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР**

П.Ю. Яковлев, А.С. Зейгерман, И.В. Курсов  
*Рубцовский индустриальный институт*

В идеальном случае при прямолинейном движении трактора с фронтально навешенным орудием отклонение вектора сил сопротивления от плоскости

орудия отсутствует и, как следствие, отсутствует дестабилизирующий момент со стороны орудия, действующий на трактор.

Однако в реальности, при движении в междурядьях, приходится периодически корректировать направление движения трактора подруливанием, для того чтобы копировать траекторию посадки рядков растений. При движении трактора на повороте возникает момент от действия сил сопротивления рабочих органов, который необходимо преодолеть, для того чтобы вывести трактор и фронтально-навесное орудие на необходимую траекторию движения. В случае использования жесткого соединения трактора с навеской момент, препятствующий повороту трактора, может достигать значительных величин, сопоставимых со сцепными свойствами трактора. В этом случае преодолеть момент сопротивления повороту можно, используя трактор большей массы и мощности, для обеспечения соответственно большего сцепного веса и касательной силы тяги [1], но это экономически нецелесообразно. Следует отметить и тот факт, что при большом моменте сопротивления повороту со стороны орудия может произойти срыв грунта под движителем трактора, что в свою очередь приводит к буксованию и увеличению тягового сопротивления.

При использовании «полужесткого» соединении трактора с орудием, путем применения упругого элемента в навесной системе, с одной стороны, при повороте трактора, орудие имеет возможность отклоняться в сторону поворота, с другой стороны, ограничиваются колебания и отклонения орудия при малых возмущающих воздействиях. Такая конструкция обеспечивает как устойчивость навески относительно трактора, так и приемлемую управляемость при маневрировании в междурядьях, и, в отличие от конструкции с управляемым культиватором [2], на рулевое управление трактора не передаются ударные нагрузки.

Рассмотрим установившиеся движения МТА с фронтальной навеской с жестко закрепленным орудием, и с полужестким его креплением (рис. 1).

Для обеспечения условия управляемости трактора необходимо, чтобы момент сопротивления повороту был меньше поворачивающего момента:

$$K_{упр} = \frac{M_{соп}}{M_{пов}} \leq 1. \quad (1)$$

На момент сопротивления, главным образом, влияет момент от орудия, поэтому в первом приближении остальными составляющими пренебрегаем:

$$M_{соп} = (R \cdot \alpha_0 \cdot l_D + \beta_0) \cdot \delta_{оп}, \quad (2)$$

где  $l_D$  – расстояние от оси задних колес до рабочего органа;  $\delta_{оп}$  – угол отклонения вектора скорости орудия относительно плоскости орудия.

При жестком соединении ФНО с трактором угол отклонения вектора скорости орудия от его плоскости будет совпадать с плоскостью всего МТА, а при полужестком соединении будет выполняться следующее условие:

$$\delta_{тр} = \frac{l_D}{\rho_e} = \delta_{оп} + \Theta, \quad (3)$$

где  $\delta_{TP}$  – угол отклонения вектора скорости орудия относительно плоскости трактора;  $\Theta$  – угол поворота навески;  $\rho_e$  – радиус траектории движения.

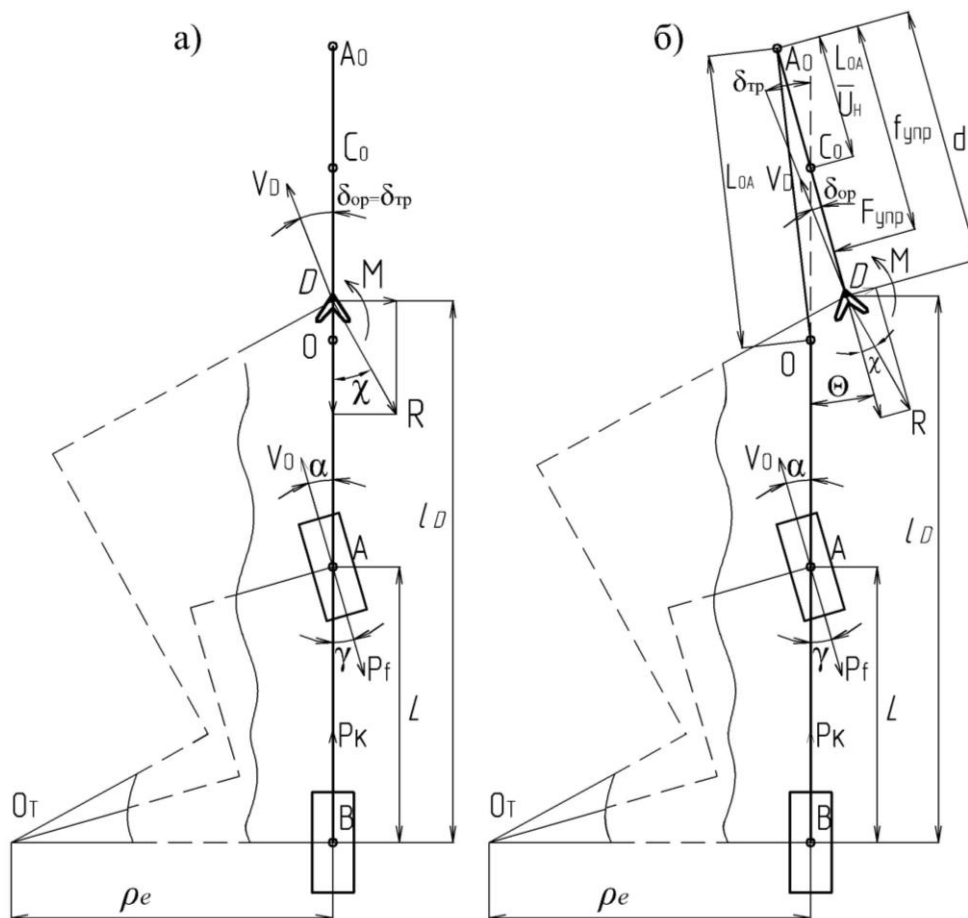


Рис. 1 – Схема сил, действующих на МТА с фронтальной навеской:  
а – жестко закрепленное орудие; б – полужесткое закрепленное орудие

Поворачивающий момент:

$$M_{пов} = P_K \cdot L \cdot \alpha, \quad (4)$$

где  $P_K$  – касательная сила тяги;  $L$  – база трактора;  $\alpha$  – угол поворота управляемых колес.

При этом по динамическому условию сохранения управляемости необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$P_B \leq \varphi_z \cdot Y_n, \quad (5)$$

где  $P_B$  – поворачивающая сила ( $P_B = P_K \cdot \alpha$ );  $\varphi_z$  – коэффициент сцепления управляемого колеса в боковом направлении;  $Y_n$  – нормальная реакция опорного основания на управляемое колесо.

Максимальный угол отклонения орудия  $\Theta$  будет при условии равенства момента от действия составляющей сил сопротивления и момента от действия упругого элемента:

$$M_\chi = M_{упр}. \quad (6)$$

Момент от действия упругого элемента, препятствующий повороту орудия относительно МЦВ:

$$M_{\text{упр}} = c_{\text{ж}} \cdot \Theta \cdot \left( f_{\text{упр}} - \frac{l_{\text{OA}}}{U_{\text{H}}} \right)^2 + F_0 \cdot \left( f_{\text{упр}} - \frac{l_{\text{OA}}}{U_{\text{H}}} \right). \quad (7)$$

Момент, вызывающий поворот орудия относительно МЦВ:

$$M_{\chi} = \left( R \cdot \alpha_0 \cdot \left( d - \frac{l_{\text{OA}}}{U_{\text{H}}} \right) + \beta_0 \right) \cdot \delta_{\text{оп}}. \quad (8)$$

Решая совместно уравнения (3), (7) и (8), найдем значение  $\Theta$ :

$$\Theta = \frac{\left( R \cdot \alpha_0 \cdot \left( d - \frac{l_{\text{OA}}}{U_{\text{H}}} \right) + \beta_0 \right) \cdot \frac{l_{\text{D}}}{\rho_{\text{e}}} - F_0 \cdot \left( f_{\text{упр}} - \frac{l_{\text{OA}}}{U_{\text{H}}} \right)}{c_{\text{ж}} \cdot \left( f_{\text{упр}} - \frac{l_{\text{OA}}}{U_{\text{H}}} \right)^2 + \left( R \cdot \alpha_0 \cdot \left( d - \frac{l_{\text{OA}}}{U_{\text{H}}} \right) + \beta_0 \right)}. \quad (9)$$

Значение угла  $\Theta$  лежит в пределах от 0 до  $\delta_{\text{ТР}}$ . Если числитель уравнения (9) принимает отрицательное значение, то это значит, момент от величины предварительного поджатия больше, чем поворачивающий момент, т.е. при таком условии отклонения орудия на угол  $\Theta$  не происходит. Зная значение  $\Theta$ , можно определить угол  $\delta_{\text{оп}}$  и как следствие этого – величину момента сопротивления повороту всего агрегата.

На рисунке 2 изображены графики, показывающие величину максимального угла поворота управляемых колес при разных способах присоединения фронтально навешенного орудия.

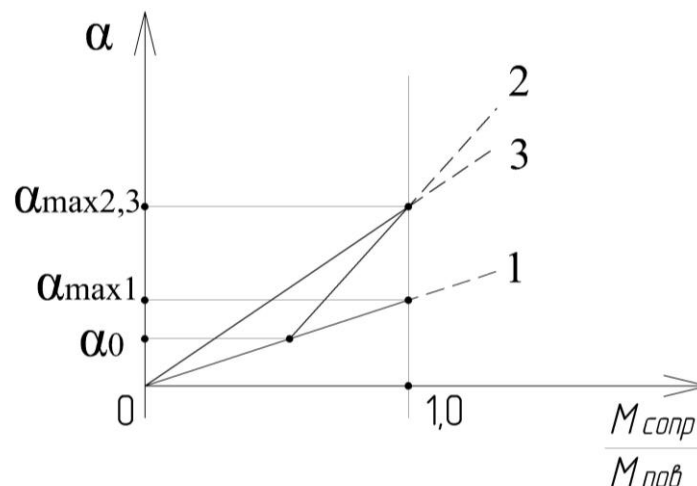


Рис. 2 – Связь угла поворота управляемых трактора колес с моментом сопротивления

Прямая 1 получается при жестко закрепленном орудии, ломаная 2 и прямая 3 – с полужестким его креплением. На ломаной 2 есть точка перегиба –  $\alpha_0$ , это точка, в которой момент, вызывающий поворот орудия, преодолевает момент от предварительного поджатия, и орудие начинает поворачиваться на угол  $\Theta$ . Линии 3 соответствует полужесткое крепление орудия, без

предварительного поджатия. Как видно из графиков, благодаря полужесткому соединению орудия с трактором уменьшается момент сопротивления повороту, это происходит вследствие уменьшения угла  $\chi$  и связанного с ним главного вектора сил сопротивления  $R$  и, как следствие всего этого, увеличивается управляемость МТА. Регулировать диапазон оптимальных значений упругого элемента можно не только жесткостью этого элемента, но и путем предварительного его поджатия, и этот процесс можно полностью автоматизировать [3].

Величину жесткости упругого элемента и (или) силу его предварительного поджатия следует выбирать с тем условием, чтобы при заданных параметрах движения обеспечивалось условие [5].

#### Список литературы

1. Донцов И.Е. Устойчивость движения МТА с орудиями фронтальной или задней навески // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. №9. – С. 31-34.
2. Зейгерман А.С. Повышение управляемости машинно-тракторного агрегата с фронтально навешенным культиватором путем поворота орудия: дисс.... канд. тех. наук., Барнаул, 2010. 163 с.
3. Яковлев П.Ю. Автоматическая система управления жёсткостью фронтальной навески // Проблемы социального и научно-технического развития в современном мире: Материалы XIII всерос. научной конф., 19-20 апреля 2011 г. / Рубц. ндустр. ин-т. – Рубцовск, 2011. – С. 153-154.

#### **Секция 5. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

**Председатель секции: кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Электроэнергетика» Черкасова Нина Ильинична**

#### **СВЕТОДИОДНЫЕ ЛАМПЫ, МОДУЛИ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ К НИМ – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В г. РУБЦОВСКЕ**

**Ю.В. Быковский**

Научный руководитель доцент Г.В. Плеханов

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

В статье рассматриваются основные аспекты применения светодиодных светильников для различных областей освещения как эффективные методы решения проблемы экономии электроэнергии. Также приведены оценки эффективности их применения в целях энергосбережения по сравнению с традиционными источниками света – лампами накаливания и люминесцентными лампами.

В настоящее время проблема экономии электроэнергии стоит особенно остро. Энергопотребление во всем мире постоянно растет, причем быстрыми темпами. Поэтому главный вопрос, который возникает, состоит в том, что

выгоднее: увеличение генерирующих мощностей или снижение потребления электроэнергии, и далеко не в последнюю очередь – в освещении. И хотя самый вероятный ответ на этот вопрос подразумевает сочетание обоих решений, очень важным является тот факт, что на создание киловатта новых мощностей, вырабатывающих электрическую энергию, расходуется гораздо большее количество денежных средств, нежели на единовременные затраты на приобретение оборудования, способного помочь сэкономить потребляемую мощность [1].

Одним из путей решения является применение энергосберегающих технологий в освещении. Для этого необходимо внедрять светодиодные изделия. Рабочее напряжение светодиода лежит в диапазоне приблизительно 2-4 В. в зависимости от длины волны, т.е. цвета излучаемого сигнала. Рабочий ток при этом напряжении зависит от размеров кристалла полупроводника и может варьироваться от нескольких десятков миллиампер для кристаллов малых размеров (порядка 300 мкм) до сотен миллиампер для кристаллов больших размеров (порядка 1 мм). Это означает, что потребляемая светодиодом электрическая мощность не превышает ватт. А световая отдача современных белых светодиодов в среднем составляет 80 лм/Вт, что превосходит световую отдачу ламп накаливания (10 лм/Вт), которые в основном используются в освещении, а также световую отдачу люминесцентных ламп (в среднем 60 лм/Вт). Это означает, что при затратах ватта электроэнергии световой поток светодиода превысит световой поток лампы накаливания в среднем в 8 раз, а световой поток люминесцентной лампы – в 1,3 раза. Светодиодные светильники позволяют достичь существенной экономии электроэнергии по сравнению с традиционными источниками света – лампами накаливания (до 80%) и люминесцентными лампами (свыше 40%). Они длительное время не нуждаются в обслуживании (срок гарантийной эксплуатации – 5 лет, срок службы – 10 лет), что экономит эксплуатационные расходы. Также светодиодные лампы экологичны и абсолютно безопасны для здоровья – в них отсутствуют вредные вещества (например, ртуть, как в энергосберегающих люминесцентных лампах), что делает их пригодными для использования в любых жилых и рабочих помещениях [4].

Для примера рассмотрим один из пятиэтажных домов города Рубцовска. Шесть подъездов, по пять этажей в каждом. На каждом этаже для его освещения используется лампа накаливания, например, по 40 Вт каждая. То есть 30 ламп по 40 Вт, общее энергопотребление которых составит 1,2 кВт\*час. Освещение подъездов в летнее время начинается ориентировочно с 22-00 и заканчивается в 6-00 (8 часов в сутки), в зимнее же время с 18-00 и до 9-00 следующего дня (15 часов в сутки). За месяц работы такие лампы затрачивают большое количество электроэнергии (в летний период ~288 кВт/месяц, в зимний период ~540 кВт/месяц), оплату которой поставщикам электрической энергии производят сами жильцы дома (оплата входит в оплату ОДН).

Рассмотрим использование альтернативных светодиодных ламп G45 ECO E27 3,5w White/WarmWhite мощностью 3,5 Вт и A60 5w E27 White/WarmWhite

мощностью 5Вт., которые являются полноценными аналогами 40 Вт и 60 Вт соответственно лампам накаливания и, благодаря цветовой температуре 3000 К – 5000 К., максимально приближенной к свечению лампы накаливания, обеспечивают привычное человеческому глазу теплое белое свечение [3]. Энергопотребление светодиодных ламп мало, 3,5 Вт вместо 40 Вт лампы накаливания. Цена такой лампы составляет 190 и 195 рублей соответственно. В нашем случае можем выбрать лампу G45 ECO E27 3,5w WarmWhite (теплый белый) стоимостью 190 рублей [3]. На замену 30 ламп накаливания мощностью 40 Вт светодиодными лампами ECO E27 3,5w WarmWhite (теплый белый) понадобится 5700 рублей одновременно, а ежемесячные затраты на ОДН заметно уменьшатся. Светодиодные лампы имеют срок службы до 20000 часов, а следовательно, при правильной эксплуатации прослужат около 10 лет. Месячное энергопотребление таких ламп в летний период составит ~25,2 кВт, в зимний период ~47,3 кВт. Имеем уменьшение энергопотребления в 11 раз. Для еще большей экономии энергии возможна установка датчиком движения на входе в подъезд и на каждом этаже, что, безусловно, достаточно затратно. Например, рассмотрим датчик движения марки UNIEL USN-03, его стоимость составляет 269 рублей, угол охвата 360°. Для установки понадобится 36 датчиков общей стоимостью 9684 рубля, но энергопотребление всего дома на освещение подъездов уменьшится в разы, а следовательно, оплата ОДН также заметно уменьшится.

Таким образом, использование светодиодных изделий экономически выгодно. Светодиодные лампы не «боятся» частых коммутаций, в отличие от энергосберегающих ламп, которые помимо этого, имеют ряд других недостатков, таких как: наличие ртути и фосфора в них, фаза разогрева энергосберегающих ламп (в отличие от светодиодных) около 2-3 минут, возможно мерцание, из-за большого уровня ультрафиолетового излучения энергосберегающих ламп при близком расположении к ним может быть нанесен вред людям с чрезмерной чувствительностью кожи [5].

#### Список литературы

1. Журнал "Энергосбережение" №3, 2008.
2. [http://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=3968](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3968).
3. <http://ledson.ru/?show=item&id=238>.
4. <http://www.sdelanounas.ru/blogs/33885/>.
5. <http://ria.ru/documents/20090827/182636548.html>.



# ВВЕДЕНИЕ СОЦИАЛЬНОГО ТАРИФА В АЛТАЙСКОМ КРАЕ. РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ РАСХОДОВ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

Р.Е. Дмитроняк

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО  
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

В работе рассматривается изменение расходов на электроэнергию при введении социальной нормы электропотребления.

Социальная норма электропотребления предполагает оплату электроэнергии свыше установленного объема по более высокому тарифу. Таким образом, на конечный размер платежей будет влиять не только установленный тариф, но и экономность потребителя.

С 1 сентября 2013 года был проведен «пилотный» проект, в котором в ряде регионов была введена социальная норма электропотребления для населения.

Список «пилотных» регионов:

Владимирская область – 50 кВт\*ч/1 чел/1 мес. (2,98/3,76 р), (20%);

Нижегородская область – 50 кВт\*ч/1 чел/1 мес. (2,72/4,84 р), (40%);

Забайкальский край – 65 кВт\*ч/1 чел/1 мес. (2,28/3,78р), (40%);

Красноярский край – 75 кВт\*ч /1чел/1мес (1,83/2.97 р), (38%);

Ростовская область – 96 Квт\*ч/1 чел.\1мес. (3,50/3,89 р), (10%);

Самарская область – 150 кВт\*ч/1 чел/1 мес. (2,80/3,50 р), (20%);

Орловская область – 190 кВт\*ч/1 чел/1 мес. (2,96/3,68 р), (20%) [1].

В первую очередь бросается в глаза «разброс» в 4 раза между отдельными регионами. Во вторую – это экономические обоснования количества кВт\*ч на человека.

Сделаем прогноз изменения расходов на электроэнергию при введении социальной нормы в Алтайском крае. Мы рассчитали количество потребления кВт\*ч для своей квартиры. Для удобства расчета свели данные в таблицу:

Таблица 1

Потребители с продолжительным временем работы

Электро-потребитель	Мощность, Вт	Средняя продолжительность работы в день, ч	Потребление в день, кВт*ч	Потребление за месяц, кВт*ч
Компьютер	400	10	4	120
Телевизор ЖК (81см)	80	2	0,16	4,8
Электроплита	1000	1,5	1,5	45
Холодильник	-	-	1	30

Таблица 2

## Потребители с циклическим временем работы

Электро-потребитель	Мощность, Вт	Потребление за 1 цикл, Вт	Кол-во циклов в день, шт.	Потребление в день, кВт*ч	Потребление за месяц, кВт*ч
Электрочайник	2000	167	4	0,668	20
Микроволновая печь	1500	75	2	0,15	4,5
Электро-потребитель	Мощность, Вт	Потребление за 1 цикл, Вт	Кол-во циклов в неделю, шт.	Потребление в неделю, кВт*ч	Потребление за месяц, кВт*ч
Пылесос	1800	600	1	0,6	2,4
Утюг	2000	500	1	0,5	2
Стиральная машина	1700	1000	1	1	4

Таблица 3

## Освещение

Электро-потребитель	Мощность, Вт	Средняя продолжительность работы в день, ч	Потребление в день, кВт*ч	Потребление за месяц, кВт*ч
Лампа накаливания	2x75	1	0,15	4,5
КЛЛ	2x15	6	0,18	5,4
КЛЛ	2x25	2	0,1	3

Потребление электроэнергии в месяц составляет 245 кВт\*ч.  
Прогнозируемая социальная норма – 80 кВт\*ч на человека.

Одноставочный тариф – 2,367 руб. за 1 кВт\*ч для потребителей, проживающих в домах, оборудованными электроплитами [2].

Стоимость 1 кВт\*ч в пределах соц. нормы на 10% дешевле:

$$2,367 - (2,367 * 0,1) = 2,13 \text{ руб.}$$

Стоимость 1 кВт\*ч сверх соц. нормы на 30% дороже:

$$2,367 + (2,367 * 0,3) = 3,1 \text{ руб.}$$

Получаем:

$$245 - 80 = 165 \text{ кВт*ч}$$

80 кВт\*ч оплачиваем по цене соц. тарифа:

$$80 * 2,13 = 170,4 \text{ руб.}$$

165 кВт\*ч оплачиваем по цене сверх соц. тарифа:

$165 * 3,1 = 511,5$  руб.

Итого: 682 руб.

При оплате по старому тарифу:

$245 * 2,367 = 580$  руб.

Разность составляет:

$682 - 580 = 102$  руб.

В процентном соотношении:

$(682 - 580) / 682 * 100\% = 15\%$

В итоге имеем удорожание 1 кВт\*ч с 2,367 руб. до 2,78 руб. только при введении социальной нормы потребления электроэнергии, без учета ежегодного повышения цен на тариф.

Введение социальной нормы электропотребления предполагалось как стимуляция экономии электроэнергии населением.

Наше отношение к данной инициативе правительства негативное.

Во-первых, население России и так очень экономно по сравнению с населением Западной Европы и США. Россияне в среднем потребляют в 2 раза меньше электроэнергии, чем немцы и англичане, и в 4,5 раза меньше, чем финны и американцы.

Во-вторых, эта инициатива есть лоббирование интересов энергоснабжающих компаний. Они приследуют цели возложения издержек производства и транспортировки электроэнергии на потребителей. Социальная норма – это скрытое повышение тарифа.

В середине декабря группа депутатов Государственной думы внесла на рассмотрение законопроект, отменяющий социальные нормы потребления населением электроэнергии.

#### Список литературы

1. Пояснительная записка к проекту Федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» и статья 27 Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dmitrieva.org/id762>
2. Тарифы на электроэнергию в Барнауле и Алтайском крае. Действуют с 1 июля 2013 года [Электронный ресурс]. URL: <http://energovopros.ru/spravochnik/elektrosnabzhenie/tarify-na-elektroenergiju/3006/32363/>

# КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ КАК СРЕДСТВО СОКРАЩЕНИЯ ЗАТРАТ

Е.Ю. Есаулов

Научный руководитель к.т.н., доцент Н.И. Черкасова  
Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск

В статье рассматривается способ компенсации реактивной мощности.

В зависимости от вида используемого оборудования нагрузка подразделяется на активную, индуктивную и емкостную. Наиболее часто потребитель имеет дело со смешанными активно-индуктивными нагрузками. Соответственно, из электрической сети происходит потребление как активной, так и реактивной энергии [3].

Активная энергия преобразуется в полезную – механическую, тепловую и пр. энергии. Реактивная же энергия не связана с выполнением полезной работы, а расходуется на создание электромагнитных полей в электродвигателях, трансформаторах, индукционных печах т.д. Показателем потребления реактивной энергии (мощности) является коэффициент мощности  $\cos\varphi$ . Он показывает соотношение активной мощности  $P$  и полной мощности  $S$ , потребляемой электроприемниками из сети:

$$\cos\varphi = P / S.$$

Значения коэффициента мощности некомпенсированного оборудования приведены в табл. 1, а усредненные значения коэффициента мощности для систем электроснабжения различных предприятий – в табл. 2. В оптимальном режиме показатель должен стремиться к единице и соответствовать нормативным требованиям [1].

Таблица 1

Значения коэффициента мощности некомпенсированного оборудования

Тип нагрузки	Примерный коэффициент мощности
Асинхронный электродвигатель до 100 кВт	0,6-0,8
Асинхронный электродвигатель 100кВт-250 кВт	0,8-0,9
Индукционная печь	0,2-1,6
Сварочный аппарат переменного тока	0,5-0,6
Лампа дневного света	0,5-0,6

Таблица 2

Усредненные значения коэффициента мощности для систем электроснабжения различных предприятий

Тип нагрузки	Примерный коэффициент мощности
Хлебопекарное производство	0,6-0,7
Авторемонтные предприятия	0,7-0,8
Молочные заводы	0,6-0,8
Мясоперерабатывающее производство	0,6-0,7

Таким образом, видно, что при отсутствии компенсации реактивной мощности потребитель переплачивает за потребление реактивной энергии 30-40% общей стоимости.

Срок окупаемости конденсаторных установок можно оценить следующим образом:

$$T = Z_1 / (Z_2 - Z_3),$$

где  $Z_1$  – стоимость конденсаторной установки, руб.;

$Z_2$  – затраты на электроэнергию без компенсации, руб./мес.;

$Z_3$  – затраты на электроэнергию при применении конденсаторных установок, руб./мес. [1].

**Основы компенсации реактивной мощности**

Наиболее действенным и эффективным способом снижения потребляемой из сети реактивной мощности является применение установок компенсации реактивной мощности (конденсаторных установок). Наглядно это представлено на рисунке 1.

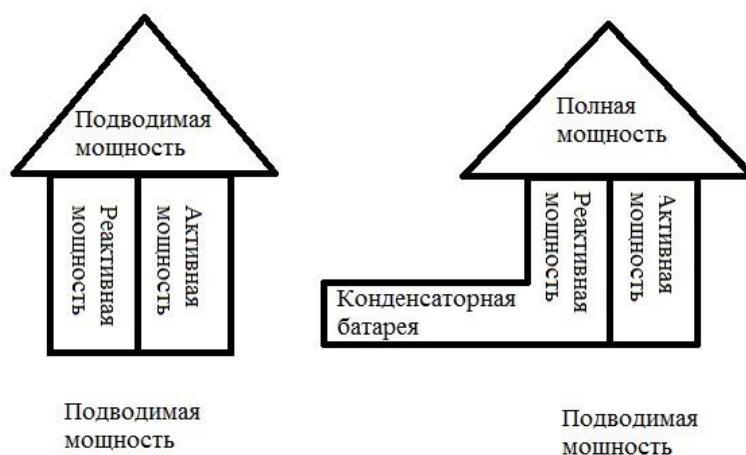


Рис. 1. Применение конденсаторных установок

Использование конденсаторных установок позволяет:

- разгрузить питающие линии электропередачи, трансформаторы и распределительные устройства;
- снизить расходы на оплату электроэнергии;
- при использовании определенного типа установок снизить уровень высших гармоник;
- снизить несимметрию фаз;
- сделать распределительные сети более надежными и экономичными.

На практике коэффициент мощности после компенсации находится в пределах от 0,93 до 0,99.

### **Виды компенсации**

Единая компенсация

предпочтительна там, где:

- требуется компенсация мощных (свыше 20 кВт) потребителей;
- потребляемая мощность постоянна в течение длительного времени.

Групповая компенсация применяется для случая компенсации нескольких расположенных рядом и включаемых одновременно индуктивных нагрузок, подключенных к одному распределительному устройству и компенсируемых одной конденсаторной батареей.



Рис. 2. Схема единичной и групповой компенсации реактивной мощности

Централизованная компенсация.

В этом случае конденсаторная установка оснащается специализированным контроллером и коммутационно-защитной аппаратурой. При отклонении значения  $\cos\varphi$  от заданного значения контроллер подключает или отключает ступени конденсаторов. Преимущество централизованной компенсации заключается в следующем: включенная мощность конденсаторов соответствует потребляемой в конкретный момент времени реактивной мощности без перекомпенсации или недокомпенсации [2].

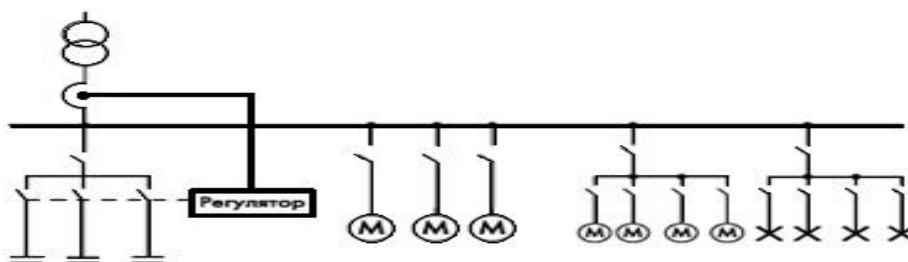


Рис. 3. Схема централизованной компенсации реактивной мощности

Технико-экономический эффект, ожидаемый в результате применения конденсаторных установок, представлен в табл. 3.

Конденсаторные установки компенсации реактивной мощности.

Для реализации задачи компенсации реактивной мощности на стороне 0,4 кВ рекомендуется использовать и конденсаторные установки типа УК, УКМ58, УКМ70 и УКМФ71, на стороне 6,3 и 10,5 кВ – установки типа УКЛ(П)-56.

Данные конденсаторные установки являются наиболее адаптированными к требованиям российских энергосетей и потребителей [1].

Таблица 3

Технико-экономический эффект, ожидаемый в результате применения конденсаторных установок

$\cos\varphi_1$ без компенсации	$\cos\varphi_2$ с компенсацией	Снижение величины тока и полной мощности, %	Снижение величины тепловых потерь, %
0,5	0,9	44	69
0,6	0,9	33	55
0,7	0,9	22	39
0,8	1	30	36

Преимущества установок обуславливаются использованием:

- самовосстанавливающихся сегментированных конденсаторов, что обеспечивает их надежность, долговечность и низкую стоимость при профилактических и ремонтных работах;
- специальных контакторов опережающего включения, увеличивающих срок службы контакторов;
- индикации при неисправностях;
- фильтра высших гармонических;
- устройства терморегуляции.

#### Список литературы

1. [http://www.abok.ru/for\\_spec/bibl.php](http://www.abok.ru/for_spec/bibl.php).
2. Морозова Т.Г., Победина М.П., Поляк Г.Б., Шишов С.С. Региональная экономика: Учебник для вузов, 2001.
3. <http://leg.co.ua/stati/podstancii/kompensaciya-reaktivnyh-moschnostey.html>

### **ПРОИЗВОДСТВО СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП**

И.Ю. Иванова, К.Ю. Черников

Научный руководитель доцент Г.В. Плеханов

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

Сегодня можно смело заявить о том, что в России зафиксирован повышенный интерес к светодиодным лампам, которые были изобретены несколько десятилетий назад.

Это связано с подписанным 23 ноября 2009 года президентом России Д. Медведевым Федеральным законом «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Согласно этому закону, с 1 января 2011 года не допускаются к продаже электрические лампы накаливания мощностью свыше 100 Вт, с 1 января 2012 года – с мощностью от 75 Вт, а с 1 января 2014 года под запретом будут лампы

накаливания мощностью от 25 Вт. Реализация государственной программы по внедрению энергосберегающего оборудования позволяет прогнозировать быстрый рост спроса на энергосберегающие лампы в ближайшие несколько лет. Поэтому неуклонно возрастет потребность населения в светодиодах. Тем более данная ниша на рынке еще не полностью занята. Имеются большие перспективы развития данного направления деятельности, так как популярность светодиодов неустанно набирает обороты, ведь такое освещение является очень актуальным по причине его безопасности, высокой светоотдачей, экономичности энергоресурсов, так как светодиоды потребляют электроэнергию в среднем в 2 раза меньше, чем люминесцентные лампы, и в 8-10 раз меньше, чем лампы накаливания. Еще светодиоды дают возможность получить любой необходимый цвет излучения, К тому же они характеризуются длительным сроком службы, который может составлять от трех до пяти лет.

Обратите внимание, что светодиодные лампы имеют возможность работать и при низких температурах, поэтому продажа уличных светодиодных светильников также популярна. Продавать их можно тем фирмам, которые производят осветительные приборы для улицы (с солнечными батареями). При желании и наличии средств на производстве можно параллельно организовать свой собственный цех с такой услугой. Вложения минимальны, спрос высок.

Еще достоинство производства со светодиодами в том, что, хоть и требует больших вложений, окупается быстро, а доход приносит стабильный и высокий. Тем более что работа не сезонная, а круглогодичная.

Из недостатков лишь большая конкуренция с китайскими производителями и соблюдение всех технологий. При наличии дешевых китайских комплектующих и отсутствии в России специалистов нужного профиля, оборудования и опыта в производстве, светодиодные лампы отечественных производителей, скорее всего, окажутся дороже китайских при сравнительно одинаковом качестве. Поэтому штат сотрудников должен состоять из профессионалов, иначе качество будет оставлять желать лучшего, а покупатели останутся недовольны. Заметим также, что наше государство, к сожалению, пока не спешит поддерживать отечественную ламповую промышленность. В Китае же и в странах Евросоюза существуют единые государственные программы помощи своим производителям.

Наличие собственных запатентованных технологий производства светодиодных ламп, новизна и актуальность продукции для страны, налаженные контакты с субподрядчиками, прямыми импортерами и поставщиками комплектующих – это основные предпосылки успешной реализации проекта.

В производстве светодиодных ламп нет ничего запредельного. Тут нет необходимости в дорогостоящем оборудовании. Тут понадобится как минимум сборочное и паяльное оборудование для печатных плат и сами платы, светодиоды, микросхемы и рабочие руки. Много рабочих рук. Кроме того, будут нужны высококвалифицированные кадры – главный инженер, технолог, заведующий производством, бухгалтер, экономист. В качестве рабочих



выгодно нанимать выпускников вузов и колледжей, которые могут определённое время трудиться за стаж на минимальной зарплате.

Среднестатистическое производство светодиодных ламп выглядит так: арендованное помещение в производственном здании общей площадью от 1000 до 5000 квадратных метров. Монтажные столы, где происходит сборка ламп. Несколько десятков или сотен сотрудников. Паяльники. Олово. Канифоль. Вентиляторы. Обязательно стенд для проверки качества. Офис начальника производства. Кабинет директора. И склад.

В настоящее время на территории города Рубцовска возможно создание производства, которое будет выпускать светодиодные лампы высокого качества.

Для производства светодиодов подойдет помещение под цех площадью 3000 кв.м, который можно арендовать, например, у ОАО «АЛТАЙСЕЛЬМАШ», только его надо будет существенно переоборудовать. Дело в том, что линия по сборке светодиодов должна сохраняться в идеальной чистоте, а добиться этого порой очень непросто. Помещение должно быть достаточно просторным, чтобы поместилось все необходимое оборудование. Также, необходимо организовать хорошую систему вентиляции. Кроме того, необходимо будет сделать складские помещения, а также организовать стенд для проверки качества продукции и место, где будут выставляться образцы продукции для клиентов – «шоурум».

Организация полноценного производства светодиодных ламп требует несравнимо больших средств. Помимо затрат на помещение под цех, придется потратиться на покупку оборудования. Создание производства светодиодной продукции полного цикла включает в себя несколько этапов: процессирование чипов, монтаж, корпусирование, сборку готовых изделий.

Для производства понадобятся установки штамповки ножек и купола колб, установки вытягивания стеклоизделий, отколочный автомат, осуществляющий резку и оправку концов трубок, газовые печи и транспортер с обдувом. Можно, конечно, ощутимо сэкономить, приобретая оборудование надлежащего качества, но бывшее в употреблении.

Суть будет заключаться не в производстве светодиодов с нуля потому, что выращивание кристаллов очень сложно осуществить в нашей стране из-за того, что стоимость оборудования для выращивания кристаллов составляет 7-20 млн. долларов, да и процесс занимает многие годы.

Более приемлемый вариант – сборка светодиодов, потому что здесь нет больших сроков окупаемости и намного ниже издержки.

Линия по производству светодиодов состоит из:

1. измерительного оборудования для тестирования светодиодов, трубок, ламп, светодиодных свечей и прочей готовой продукции;
2. оборудования для сборки светодиодных ламп;
3. разнопланового сопутствующего оборудования.

Что касается сырья, так в мире много фирм, которые производят чипы для светодиодных ламп: Bridgelux, Chimei, а также российская Светлана-

Оптоэлектроника (она занимается как производством светодиодов, так и всем, что связано с выращиванием и интеллектуальным управлением светодиодным освещением). Стоимость сырья (светодиодов) – это примерно 40-50% от цены готового изделия (светодиодной лампы или трубки).

Также производство требует высококвалифицированной дешевой рабочей силы, но и эта проблема решаема, так как в Рубцовске низкая себестоимость труда и имеются высшие учебные заведения, которые выпускают высококвалифицированных инженеров. Чтобы выпускать одну-две тысячи лампочек в день, производству потребуется главный технолог и 3-6 инженеров. Также нужны и непромышленные сотрудники, такие как бухгалтер, обслуживающий персонал, работники в отделы закупок, сбыта и маркетинга.

Как уже было отмечено, светодиоды появились на рынке сравнительно недавно. До сих пор не существует установленных международных стандартов качества относительно этой продукции. Во многом именно производитель сам устанавливает такие стандарты для своей продукции.

При этом светодиодные лампы являются продукцией, подлежащей обязательному сертифицированию. Сертификат соответствия гарантирует, что ваша продукция – это действительно светодиоды, отвечающие нормам безопасности и энергопотребления.

Сертификат можно получить в аккредитованном Госстандартом сертификационном органе. В каждом субъекте есть несколько таких территориальных органов. Точный перечень документов, необходимых для подачи заявки на сертификат, лучше уточнить в конкретном учреждении. Помимо всего прочего нужно будет представить характеристики продукции и протоколы испытаний от независимой экспертной организации.

Начало интенсивного спроса в России, по прогнозам экспертов, придется на 2014-2017 год, когда новые технологии позволят снизить цены, и уже не самая дешевая, а самая дорогая светодиодная лампа будет стоить около 300 рублей.

Пока же этого не произошло, производители полупроводниковых ламп рассчитывают на покупательскую способность людей, которые стремятся совмещать комфорт и новаторство, заботятся о безопасности своих близких и об экологии в целом.

Основные покупатели светодиодов – большие фирмы и предприятия. Учитывая то, что спрос диктует условия сбыта в данном производстве, следует направить все силы и средства на привлечение таких корпоративных клиентов в г. Рубцовске, как:

1. большие транспортные компании (МУТП, МУПАТП, вокзал РЖД и другие);
2. предприятия, где есть производственные цехи (ОАО «Алтайвагон», ОАО «АСМ-Запчасть», ОАО «Рубцовский хлебокомбинат», ОАО «Рубцовский мясокомбинат», ОАО «Мельник» и другие);
3. службы города, несущие ответственность за иллюминацию и освещение;

4. розничные и сетевые хозяйственные магазины (Мария-Ра, Пятый элемент и другие);

5. другие торговые предприятия.

При организации данного производства основной акцент в рекламе делается на существенную экономию и долговечность светодиодных ламп.

Для привлечения большого количества клиентов предприятию нужно громко заявить о себе. Для этого можно сделать в центре города огромную светодиодную рекламу. Это отличный рекламный ход, позволяющий разрекламировать производство с небольшими затратами.

Минимальные начальные затраты на запуск полномасштабного производства энергосберегающих ламп составят от 15-20 млн. рублей. Можно использовать такие источники финансирования для производства светодиодных ламп, как и собственные средства предприятий (амортизационные фонды и отчисления от прибыли), так и льготные кредиты инвестиционных банков (или банков развития), также средства федеральных и региональных целевых программ.

Если говорить об экономической составляющей производства, то стоит отметить, что внутренняя норма доходности такого проекта составит около 130 процентов годовых. Срок окупаемости при условии грамотного управления составит от года до двух лет. Если в дальнейшем планировать расширение собственного производства и выход на международный рынок, то стоит задуматься о возможности проведения научных исследований и оформления на них патентов.

Важно помнить, что успех в этой сфере деятельности на стороне наукоемких производств. Так как светодиоды в освещении используются сравнительно недавно и сейчас это бурно растущий рынок. С каждым днем качество светодиодов растет. Все больше производителей занимаются разработкой и внедрением светодиодной продукции. Сейчас светодиодное освещение уже используется для подсветки зданий, освещения улиц, освещения квартир и офисов, в автомобильном свете, в наружной рекламе. При таком высоком уровне развития науки в России перспективы этого производства очень оптимистичны.

## **ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ**

А.С. Квачиненко

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

В работе рассматриваются тенденции развития альтернативных источников электроэнергии в Алтайском крае.

В настоящее время осуществляется уверенная тенденция развития альтернативной энергетики в мире. Всё большее число стран понимают, что природные ресурсы не бесконечны, и начинают осуществлять конкретные действия по внедрению технологий, использующих возобновляемые источники

энергии для производства электроэнергии и тепла. Что касается России, то альтернативная энергетика за последнее время продвинулась вперед не сильно.

Развитие возобновляемых источников энергии для субъектов Российской Федерации является особо актуальной, стратегической задачей. Не исключением является и наш Алтайский край.

Несмотря на то, что энергосистема Алтайского края в целом работает устойчиво, обеспечивая энергоснабжение потребителей, энергетическая стабильность в энергетической стратегии Алтайского края на период до 2020 года оценивается как предкризисная. На сегодняшний момент энергосистема Алтайского края имеет дефицит собственной мощности. Собственными генерирующими мощностями обеспечивается всего 60% общей потребности, соответственно 40% электроэнергии край покупает у других регионов. Во-вторых, основной проблемой функционирования генерирующих мощностей Алтайского края является высокая степень морального и физического износа оборудования электростанций, который достигает 70% [1]. В-третьих, географическое положение, т.е. удаленность от энергетических ресурсов.

Эти факторы делают наш регион энергозависимым. А изношенное и устаревшее оборудование вовлекает в необходимость в постоянном ремонте устаревшего оборудования, негативно сказывается на тарифах на электроэнергию в регионе. По состоянию на 2011-2012 г. в Алтайском крае тарифы на электроэнергию одни из самых высоких в Сибирском федеральном округе [3]. Поэтому развитие собственных источников энергии является приоритетной задачей в развитии экономики региона. Так как дешевая энергия – это залог инвестиционной привлекательности региона.

Администрация Алтайского края давно работает в этом направлении. Так, 12 июня 2011 г. была разработана программа развития электроэнергетики Алтайского края на 2012-2016 года.

Данная программа предусматривает внедрение и развитие следующих видов возобновляемых источников энергии: малая гидроэнергетика, энергия ветра, биоэнергетика, энергия солнечной радиации.

Стоит отметить, что, по оценкам экспертов для Алтайского края, наиболее перспективными направлениями использования возобновляемых источников энергии являются освоение гидроэнергетического и ветроэнергетического потенциалов.

Гидроэнергетический потенциал рек Алтайского края способен в значительной степени уменьшить дефицит электроснабжения удалённых сельских районов, а также районов с физически изношенными линиями электропередачи [1].

Проект малых ГЭС Алтайского края включает 26 объектов с суммарной установленной мощностью 404 МВт. Фондом развития возобновляемых источников энергии «Новая энергия» в 2011 г. было принято решение о реализации пяти проектов малых ГЭС в Алтайском крае на реках Песчаной, Ануй и Чарыш общей установленной мощностью 76,0 МВт [2].

Второе перспективное направление энергетики нашего региона – это ветроэнергетика. Наиболее благоприятными для размещения ветроэнергетических установок являются территории со среднегодовой скоростью ветра более 4 м/с. К таковым относятся города: Алейск, Барнаул, Белокуриха, Камень-на-Оби, Рубцовск, Славгород; районы: Волчихинский, Завьяловский, Ключевский, Кулундинский [1].

Однако, несмотря на то, что многие компании выразили готовность развивать альтернативную энергетику в крае, статистические данные указывают, что за 2010-2011 годы электроэнергетики от альтернативных источников энергии произведено не было.

Что касается России в целом, то доля возобновляемых источников энергии в структуре энергетического баланса составляет менее 1% [5]. Для сравнения в 2011 году возобновляемые источники энергии почти на 26% обеспечили потребность Китая в электроэнергии, в Дании на 20%, в Германии на 14%.

Отсюда можно сделать вывод о том, что в России существуют проблемы внедрения и использования возобновляемых источников энергии, которые стоит учесть Алтайскому краю при их развитии.

Эксперты выделяют следующие проблемы:

Во-первых, неразвитость законодательных механизмов взаимодействия региональных и федеральных ведомств, заинтересованных в развитии альтернативной энергетики [4].

Во-вторых, в условиях отсутствия инвестиционного интереса не развивается инфраструктура российской альтернативной энергетики – нет достаточного количества и качества исследовательских работ, отсутствует мониторинг отрасли, не проводится обмен информацией, не готовятся кадры.

В-третьих, в России слишком сильно нефтегазовое лобби, поэтому альтернативная энергетика в стране не прогрессирует [3].

Однако, согласно данным Института мировых ресурсов и других международных организаций, запасов жидкого ископаемого топлива в России осталось на одно- два поколения, угля и урана – на два- четыре поколения жителей [3]. Из этого можно сделать вывод, что России особенно важно развивать возобновляемые источники энергии уже сейчас, а Алтайскому краю в особенности, так как все тепло и электростанции края работают на привозном угле, что также делает наш край энергозависимым от других регионов.

И для эффективного развития альтернативной энергетики стоит учесть опыт стран, которые активно и успешно используют возобновляемые источники энергии, путем поддержки производителей энергии. Переноса инновации из-за границы, нужно учитывать особенности нашей страны.

Мировой опыт показывает, что первоначальный толчок к развитию альтернативной энергетики должен быть дан государством. В России же никакой поддержки этом сектору энергетической отрасли практически не оказывается. В федеральном бюджете на 2013 год не было заложено никакой финансовой поддержки проектам возобновляемых источников энергии. Также не предусмотрены никакие субсидии на развитие альтернативной энергетики.

Небольшое финансирование разработки технологий возобновляемых источников энергии осуществлялось только в рамках проекта развития нанотехнологий [5].

Поэтому для эффективного внедрения возобновляемых источников энергии в Алтайском крае необходимо разработать систему поддержки региональными властями производителей, развивающих альтернативные источники энергии. В частности, могут быть приняты такие меры, как:

1. Предоставление льгот на ввозимое оборудование для возобновляемых источников энергии;
2. Компенсация за установку возобновляемых источников энергии либо субсидирование кредита на их установку;
3. Осуществление дотаций за каждый производимый киловатт электроэнергии или каждую производимую килокалорию тепловой энергии на возобновляемых источниках энергии.

Стоит отметить, что стратегическое направление по развитию возобновляемых источников энергии имеет большой потенциал в Алтайском крае и действительно принесет огромный экономический эффект, который позволит снизить энергозависимость от соседних регионов, повысить надежность энергоснабжения удаленных потребителей энергии и развить инновационную составляющую экономики края. Однако необходимо создать механизм поддержки на региональном уровне производителей, готовых развивать альтернативные источники энергии. Иначе заинтересованности у производителей не будет, как это и происходит на данный момент. Данное направление должно быть поддержано и на федеральном уровне, иначе Россия еще долго не слезет с нефтегазовой иглы.

#### Список литературы

1. Постановление Администрации Алтайского края об утверждении краевой программы «Улучшение инвестиционного климата в Алтайском крае на 2011-2016 годы».
2. Постановление Администрации Алтайского края об энергетической стратегии Алтайского края на период до 2020 года.
3. [www.bellona.ru](http://www.bellona.ru)
4. [www.market.elec.ru](http://www.market.elec.ru)
5. [www.parta.com.ua](http://www.parta.com.ua)

# ВЛИЯНИЕ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

С.С. Кузняков

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

## Светодиодное освещение



Рис. 1

Светодиоды, или светоизлучающие диоды (LED – light emitting diodes), известны с 1970-х годов. Основное преимущество «старых» зеленых и красных светодиодов – малые размеры, что перекрывало их недостаточную светоотдачу, которая была даже хуже ламп накаливания.

Дальнейшие исследования позволили повысить светоотдачу (в экспериментальных образцах до 200 люмен/ватт) и создать «синий» светодиод, имеющий значительно более высокую яркость. Последнее привело к появлению конструкций, излучающих белый цвет:

1. Совместное размещение трех светодиодов: красного, зеленого и синего, излучение которых смешивается с помощью линзы (технология RGB). При создании системы управления можно получать не только белый цвет, а практически любой. Такие конструкции позволили создать динамические системы, включая экран компьютера, с которого Вы читаете этот текст.

2. Ультрафиолетовый светодиод, совмещенный с тремя слоями люминофора, преобразующих ультрафиолетовое излучение в голубой, зеленый и красный свет, которые в свою очередь вместе образуют белый (аналогично люминесцентной лампе).

3. Синий светодиод с желто-зеленым люминофором.

Белые светодиоды с люминофорами существенно дешевле, чем RGB матрицы, что позволило использовать их для освещения. К недостаткам такой конструкции можно отнести:

- Меньшую светотдачу из-за преобразования света в люминофоре;
- Сложность технологии и контроля равномерности нанесения люминофора на каждый светодиод;
- Более быстрое старение люминофора по сравнению с самим светодиодом;
- Срок службы сверхярких белых светодиодов меньше, чем у маломощных сигнальных, и составляет обычно 25 000 часов, что также впечатляет.

Светодиоды излучают свет в узкой полосе спектра шириной 20-50 нм. Они занимают промежуточное положение между лазерами, излучающими в одной длине волны, и лампами, излучающими белый свет как смесь широких спектров. В то же время основное преимущество светодиодного освещения – отсутствие «полосатости» спектра, то есть непрерывный спектр (в отличие от газоразрядных ламп) при относительно небольшом энергопотреблении. Яркость свечения светодиодов можно регулировать, но не снижением напряжения, а методом широтно-импульсной модуляции (ШИМ), для чего необходим специальный блок, подающий на светодиод импульсные высокочастотные сигналы. В отличие от ламп накаливания цветовая температура при регулировании яркости у светодиодов изменяется очень мало.

Светодиодное освещение интенсивно развивается, о нем говорят руководители страны и дикторы с телеэкрана. В США строятся дома, в которых сразу закладывается низковольтная разводка и только светодиодное освещение. Каждый год повышается планка по светотдаче светодиодов. Информация устаревает буквально за год.

### **Биологическое воздействие светодиодов**

Имеются аргументы и против светодиодов, они связаны не с качеством световосприятия, а с биологическим воздействием. Человеческий организм приспособлен под циклы естественного освещения. Ночью, то есть в темноте, нам лучше спать, а под воздействием излучения ясного неба (солнце появляется позже) просыпаться. Оказывается, в организме есть специальный гормон – **мелатонин**, включающий и выключающий ночной режим восстановления организма. Его иногда называют гормоном молодости. Днем концентрация мелатонина в крови ничтожна. Часа за два до привычного времени отхода ко сну, концентрация его начинает повышаться, а в темноте быстро возрастает примерно в 30 раз. Максимальные значения наблюдаются между полуночью и 4 часами утра, с пиком в 2 часа ночи. Спад концентрации завершается после пробуждения.

Количество функций, выполняемых мелатонином, поразительно:

- Регулировка периодичности сна и сезонной ритмики, включая изменение концентрации активных веществ и других гормонов;
- Регулировка деятельности эндокринной системы;
- Повышение эффективности иммунной системы;



- Участие в регулировании кровяного давления, пищеварительного тракта, работы клеток мозга;
- Регулирование полового развития;
- Антиопухолевое действие, включая подавление раковых клеток;
- Изменение отрицательного эмоционального состояния (решения лучше принимать утром на «свежую» голову);
- Нейтрализация разрушительных последствий окислительных процессов во всех органах и тканях (предотвращение старения клеток, вплоть до видимых проявлений в виде старения кожи).

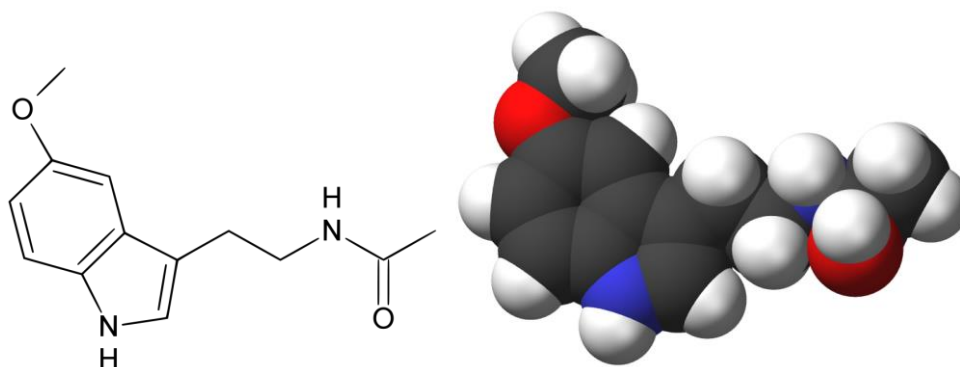


Рис. 2

Таким образом, ночью, под регулирующим воздействием мелатонина, организм человека глубоко очищается, настраивается работа всех внутренних органов и систем. Оказалось, что концентрация мелатонина существенно снижается при ночном и вечернем влиянии искусственного освещения. Ощутимое воздействие оказывает только синий участок спектра (440-490 нм), соответствующий цвету неба, с максимальным воздействием интервала 460-470 нм.

Наиболее распространенный голубой светодиод без люминофора имеет максимум излучения с длиной волны 468 нм.

При одном часе воздействия в позднее вечернее время светодиодного освещения или экрана компьютера, ночной уровень мелатонина может снизиться на 3-20%, в зависимости от их качества. Воздействие монохромного синего светодиода ночью сказывается даже при освещенности в 1-4 люкса. Также может влиять «световое загрязнение» городов при использовании светодиодного наружного освещения.

Даже при качественных люминофорах свет от белых светодиодов имеет весьма большую синюю составляющую. Также надо учитывать, что в процессе эксплуатации люминофор, нанесенный на светодиод, изнашивается. Сильнее воздействуют светодиоды с высокой цветовой температурой более 4000 К, так как их спектр сдвинут в синюю область.

Серьезные производители озаботились проблемой и начали решать ее по двум направлениям:

- Совершенствование люминофоров. В последних конструкциях светодиодов уровень синего цвета даже меньше, чем у обычных люминесцентных ламп.

- Создание источников света по технологии удаленного люминофора, когда он наносится не на каждый светодиод, а на внешнюю колбу.

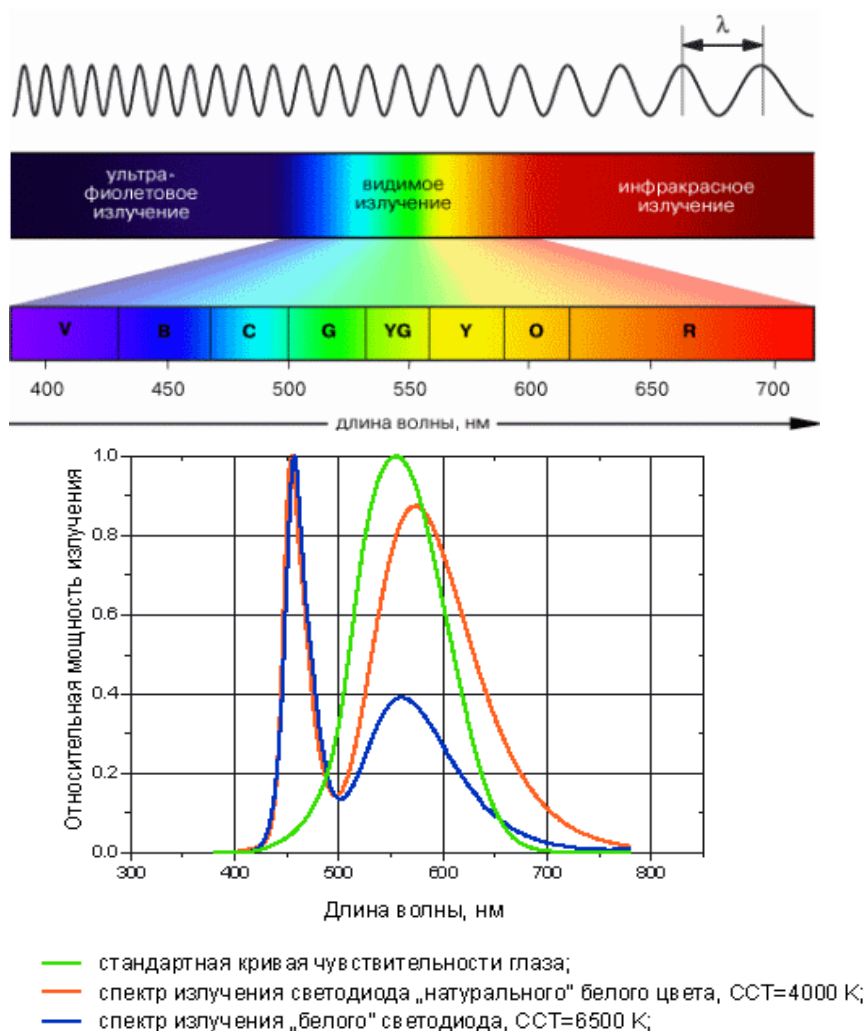


Рис. 3

Также происходит постепенный отказ от синей светодиодной подсветки и индикации. Существует так называемый эффект Пуркинье – синий свет кажется более ярким в условиях слабой освещенности и вызывает раздражение.

**Ограничения по применению.** Глаз человека не может нормально сфокусироваться на синих предметах, контуры их кажутся нечеткими. Чтобы рассмотреть что-то в синем свете, приходится сильно напрягать глазные мышцы. Подобный эффект возникает при использовании некачественных светодиодов. Группой российских научных центров была проведена работа «Обоснование, разработка, подготовка к утверждению и утверждение санитарных норм на основании проведенных исследований психофизиологического воздействия светодиодных источников света на

организм человека». Испытуемые (мужчины от 18 до 30 лет) выполняли работы с высокой зрительной концентрацией под воздействием света от обычных растровых светильников со светодиодными трубками и от высококачественных типа BetaLux. Сравнение производилось с воздействием на контрольную группу людей, выполняющих ту же работу под светом люминесцентных ламп. В работе не изучались вопросы цветопередачи и цветоразличения, не проводилось сравнение с освещением лампами накаливания.

#### Список литературы

1. Юнович А.Э. Ключ к синему лучу // Химия и жизнь. 1997.
2. Лосев О.В. – пионер полупроводниковой электроники: Сб. ст. Киев.
3. <http://referatwork.ru>
4. <http://forca.ru> .

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕАЛИЗАЦИИ НЕТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

Г.В. Плеханов

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

Согласно ГОСТ Р 51990-2002 ВЭУ классифицируют:

- по виду вырабатываемой энергии;
- по мощности;
- по областям применения;
- по назначению;
- по признаку работы с постоянной или переменной частотой вращения ветроколеса (ВК);
- по способам управления;
- по структуре системы генерирования энергии.

ВЭУ в зависимости от вида вырабатываемой энергии подразделяют на две группы: механические и электрические.

Использование ВЭУ для выработки механической энергии может быть реализовано для насосов и компрессоров, используемых в сельском хозяйстве. На территории Алтайского края есть большое количество хозяйств, где данные установки могут использоваться в качестве поливальных устройств. Недостатком данного способа является сезонность и малый коэффициент использования. Спектр применения электрических ВЭУ достаточно широк: они могут использоваться в крестьянских и фермерских хозяйствах, местах, где отсутствует централизованное электроснабжение и т.д. [1].

Электрические ВЭУ, в свою очередь, подразделяют на ВЭУ постоянного и переменного тока [3].

Если ВЭУ будет проектироваться исходя из условий отсутствия централизованного электроснабжения, то наиболее эффективно будет работать установка постоянного тока. Если же планируется работа параллельно с сетью,

то необходимо производить технико-экономическое сравнение и обоснование для каждого конкретного случая.

ВЭУ в зависимости от мощности подразделяют на четыре группы:

- а) большой мощности – свыше 1 МВт;
- б) средней мощности – от 100 кВт до 1 МВт;
- в) малой мощности – от 5 до 99 кВт;
- г) очень малой мощности – менее 5 кВт.

Ветрозарядные ВЭУ работают только на заряд аккумуляторных батарей (АБ) и могут иметь несколько систем АБ, каждая из которых поочередно работает в режиме заряда и разряда (когда одна система АБ питает нагрузку, другая заряжается). Выполняют установки обычно по безредукторной схеме с применением быстроходных ВД и генераторов переменного тока. Такие установки снабжают простейшей автоматикой, обеспечивающей автоматическое переключение АБ с одного режима работы на другой и их защиту от перезаряда и глубокого разряда.

ВЭУ гарантированного питания работают параллельно с АБ. Исходя из этого, они снабжаются специальными системами автоматического управления, обеспечивающими работу ВЭУ в зависимости от изменения скоростей ветра и внешней нагрузки в каждом из следующих режимов:

- 1) ветроагрегат (ВА) питает внешнюю нагрузку без АБ;
- 2) ВА заряжает АБ без внешней нагрузки;
- 3) ВА заряжает АБ и одновременно питает внешнюю нагрузку;
- 4) ВА и АБ работают параллельно на внешнюю нагрузку;
- 5) АБ питает внешнюю нагрузку без ВА.

Таким образом, АБ работает в смешанном режиме, переходящем с режима заряд-разряд в периоды отсутствия внешней нагрузки или ветра на режим постоянного подзаряда (буферный режим) при наличии достаточного ветра и внешней нагрузки.

ВЭУ негарантированного питания работают без АБ вместе с блоком управления, обеспечивающим стабильное напряжение на выходе. Такие ВЭУ имеют мощность от нескольких десятков до нескольких сотен ватт. ВК устанавливаются непосредственно на вал генератора.

Во всех случаях установки этого типа должны иметь системы регулирования частоты вращения ВК. Никаких специфических требований к аэродинамике ВК не предъявляют. Мощность внешней нагрузки регламентируется – она не должна превышать номинальную мощность ВЭУ.

Реализация нетрадиционной энергетики с помощью ВЭУ в Алтайском крае наиболее реализуема в области малой и очень малой мощности. Это позволит решить следующие вопросы:

1. Уменьшить диапазон изменения скорости вращения вала из-за стохастического характера ветровой энергии и метеорологических условий [2].
2. Обеспечить бесперебойное и качественное электроснабжение потребителей.

Таблица 1

Классификация механических ВЭУ по областям применения

Наименование подгруппы	Признак	Область применения	Применяемая система				
			регулирования ВК		передачи мощности	нагрузки	автомат-го управления
			Параметры	Тип			
Ветронасосные	Работа ВЭУ с насосами	Водоснабжение, орошение, осушение земель, подъем воды и др.	Частота вращения ВК	Прямое центробежное - поворотом лопастей Прямое аэродинамическое - выводом ВК из-под ветра	Пневматическая	Насосы: центробежные, струйные, эрлифты	Залив центробежных насосов. Контроль уровня заполнения водой резервных емкостей
					Электрическая	Насосы: центробежные, вибрационные, водоструйные, погруженные и плавающие на понтоне	
					Механическая	Насосы: поршневые, штанговые, водоподъемники	
Ветросиловые	Работа ВЭУ с промышленными и бытовыми механизмами	Механизация трудоемких процессов сельскохозяйственных и других работ	Частота вращения ВК	Прямое центробежное - поворотом лопастей. Прямое аэродинамическое - выводом ВК из-под ветра. Непрямое центробежно-аэродинамическое - поворотом лопастей	Механическая с отбором мощности от нижнего редуктора	Рабочие машины	-

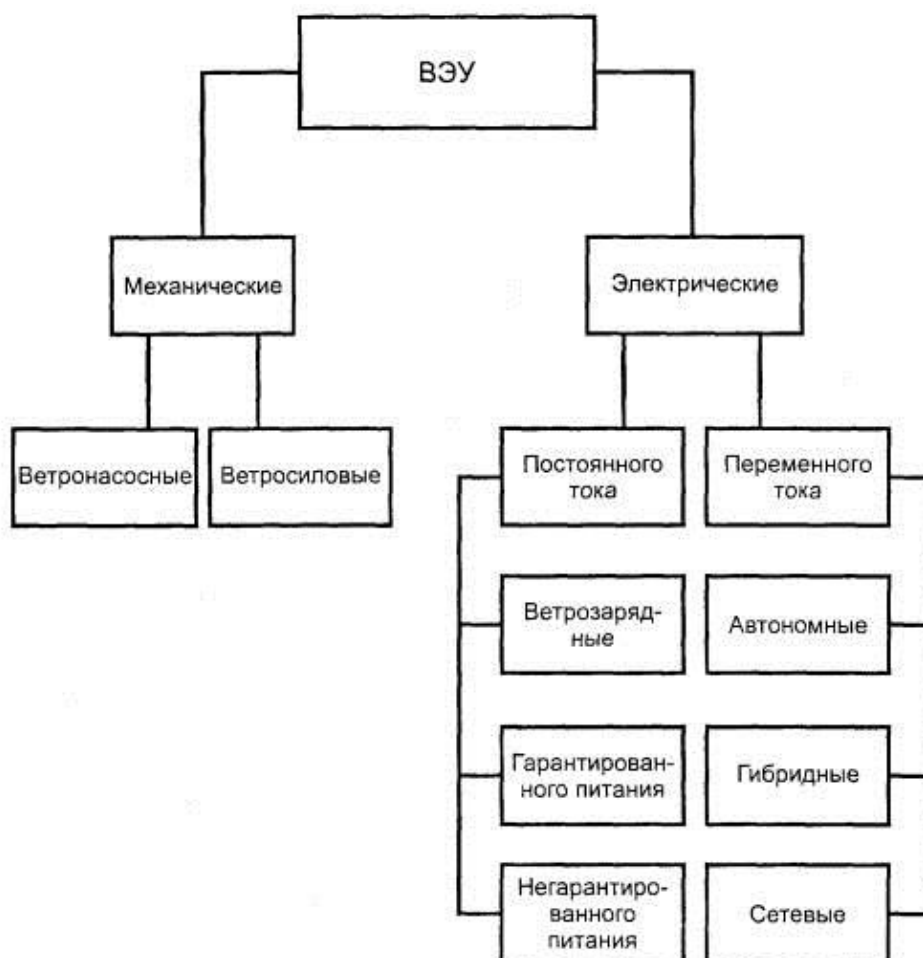


Рис. 1. Общая схема классификации ВЭУ

#### Список литературы

1. Плеханов Г.В. Ветрогенераторы малой мощности. Материалы 2-й всероссийской научно-практической конференции «Электроэнергетика в сельском хозяйстве». Барнаул, 2011.
2. Серебряков А.В., Крюков О.В. Оптимизация управления автономными ветроэнергетическими установками в условиях стохастических возмущений // Промышленная энергетика. 2013. №5.
3. ГОСТ Р 51990-2002. Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика.

### **СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 10 кВ**

Р.В. Рахимов, А.С. Трофимов

Научный руководитель к.т.н., доцент Н.И. Черкасова

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях – одно из важных направлений энергосбережения.

Электрическая энергия является единственным видом продукции, для перемещения которого от мест производства до мест потребления не используются другие ресурсы. Для этого расходуется часть самой

передаваемой электроэнергии, поэтому ее потери неизбежны, и на сегодняшний день задача состоит в определении экономически обоснованного уровня потерь.

Величина потерь отражает техническое состояние и уровень эксплуатации всех передаточных устройств. В международной практике принято считать, что относительные общие потери электроэнергии при ее передаче и распределении удовлетворительны, если они не превышают 4-5%. Потери электроэнергии на уровне 10% оценивают как максимально допустимые. Если этот уровень выше 10%, то, как правило, в потерях значительна коммерческая составляющая.

В последние годы в России в среднем технические потери составили около 10,8%. Для сравнения: в Турции – 10,9%; США – 8,1%; Великобритании – 8%; Германии – 4,5%; Нидерландах – 4,3% (рис. 1).

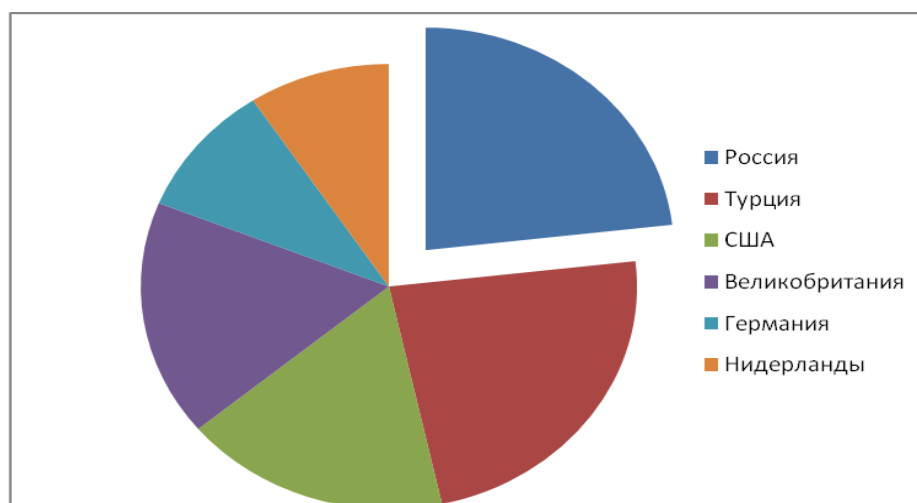


Рис. 1

Потери электроэнергии непосредственно зависят от сечения провода. Критерием выбора сечений проводов воздушных и кабельных линий является величина полных затрат, и выбор сечений проводников производится на основе сопоставительного технико-экономического расчета в каждом конкретном случае. При плановой экономике на протяжении более полувека в практике проектирования линий электропередачи выбор сечения проводников производился по нормируемым обобщенным показателям, к которым относится экономическая плотность тока.

Исходные условия для экономически обоснованного сечения проводов и кабелей очевидны: с увеличением сечения возрастает стоимость ЛЭП, но снижаются потери электрической энергии и, соответственно, затраты на потерянную электроэнергию. Таким образом, сечение выбирается по критерию минимума суммарных затрат на сооружение линии и потери в течение определенного периода ее эксплуатации.

Рассмотрим расчет экономической плотности тока и потери электроэнергии за 1 год на примере Михайловского РЭС. Для расчета были

взяты воздушные линии напряжением 10 кВ подстанций Николаевская (16), Михайловская (26) и Полуямки (43).

На основе данных о поопорных схемах Михайловского РЭС были определены длины и сечения воздушных линий 10 кВ и рассчитаны величины потерь, за годовой промежуток времени, для каждой линии. Анализируя полученные расчеты, возьмем во внимание три линии с наибольшей протяженностью и с наименьшим сечением провода (рис. 2).

Выбор проводов по экономической плотности тока соответствует условию минимума приведенных затрат на воздушную линию (ВЛ). В работе [1] была рассчитана экономическая плотность тока для современных условий по формуле (1)

$$j_{\text{эк}} = \sqrt{\frac{\lambda(\alpha_3 + \alpha_n)1000}{3 \cdot \rho \cdot \tau \cdot C}}, \quad (1)$$

где  $\rho = 31,5 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{км}$  – удельное сопротивление алюминия; возьмем срок эксплуатации объекта 25 лет,  $\alpha_3 = 0,04$  – отчисления на амортизацию;  $\alpha_n = 1/T_n$  – нормированный коэффициент эффективности капиталовложений, где  $T_n = 8$  лет – нормированный срок окупаемости, возьмем стоимость электроэнергии,  $C = 3,04 \text{ руб.}/\text{кВт} \cdot \text{ч}$ .

$$j_{\text{эк}} = \sqrt{\frac{\lambda(\alpha_3 + \alpha_n)}{3\rho\tau C \cdot 10^{-3}}} = \sqrt{\frac{1420 \cdot 0,165 \cdot A^2}{3 \cdot 31,5 \cdot 3500 \cdot 3,04 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^4}} = \sqrt{0,23 \frac{A^2}{\text{мм}^4}} = 0,48 \text{ А}/\text{мм}^2.$$

Рассчитаем по формуле (1) экономическую плотность тока,  $j_{\text{эк}}$  для существующих ныне тарифов в диапазоне цен на электроэнергию от 2 до 5 рублей за 1 кВт час, табл. 1 [1].

Примем экономическую плотность тока для линий 16-2, 43-2 и 43-3, с учетом стоимости электроэнергии на сегодняшний день в нашем регионе, равной  $0,48 \text{ А}/\text{мм}^2$ .

Анализ предложенного значения экономической плотности тока показывает, что предлагаемые марки проводов будут иметь отличное в большую сторону сечение.

Экономическое сечение провода для линий 16-2; 43-2 и 43-3 будет равно  $41 \text{ мм}^2$ ,  $44 \text{ мм}^2$  и  $52 \text{ мм}^2$ .

На основе полученных данных для выше указанных линий будет предложена следующая марка провода, АС-70.

Далее произведем расчет величины потерь с данным проводом.

• Для линии 16-2, с проводом А-35, потери за год составляли  $\Delta W_{35} = 127860768 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ , а теперь (для тока 18А):

$$\Delta W_{70} = 3R_{70}LI^2T = 3 * 0,42 * 16,62 * 324 * 8700 = 59029054 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$



ПС	ВЛ-10	Общая длина (км)	Сечение	Длина (км)	
РЭС	16	16(1)	А-50	2,08	
		16(2)	А-50	3,92	
			А-35	16,62	
		16(4)	19,76	АС-50	1,7
				А-50	7,66
				А-35	3,94
				АС-35	6,46
		16(6)	11,43	А-35	5
		26	26(1)	16,03	АС-50
	А-50				1,22
	А-35				0,68
	А-70				13,93
	26(3)		55,28	А-35	0,35
				А-50	32,51
				АС-50	3,5
	26(7)		39,3	А-120	3,87
				А-95	13,73
				А-50	16,89
				АС-50	13,6
				А-35	2,47
	26(11)		7,9	А-70	6,42
		А-50		1,23	
		А-35		0,25	
	43	43(1)	11	А-35	8,3
43(2)		10,5	А-35	8,542	
43(3)		34,72	А-35	31,52	
43(4)		11	А-50	4,9	
			А-35	6,1	
	А-50		7,57		
43(5)	10,2	А-35	1,78		



ВЛ - 10	длина (км)	сечение
16-2	16,62	А-35
43-2	8,542	А-35
43-3	31,52	А-35

Рис. 2. Длины и сечения воздушных линий 10 кВ

## Экономическая плотность тока для различных тарифов

Стоимость электроэнергии, руб./кВт·ч	Экономическая плотность тока, $j_{эк}, \text{А/мм}^2$
5,00	0,38
4,50	0,40
4,00	0,42
3,50	0,45
3,00	0,48
2,50	0,53
2,00	0,60

Разница будет равна:

$$\Delta W_{\Delta} = 127860768 - 59029054 = 68831714 \text{ кВт·ч}$$

Стоимость в рублях:

$$C = C_{\text{тариф}} * \Delta W_{\Delta} = 3,0 * 68831714 = 206495142 \text{ руб.}$$

Для линии 43-2, с проводом А- 35, потери за год составляли

$$\Delta W_{35} = 77906493 \text{ кВт·ч, а теперь (для тока 19 А):}$$

$$\Delta W_{70} = 3R_{70}LI^2T = 3 * 0,42 * 8,542 * 361 * 8700 = 35207663 \text{ кВт·ч}$$

Разница будет равна:

$$\Delta W_{\Delta} = 77906493 - 35207663 = 42698830 \text{ кВт·ч}$$

Стоимость в рублях:

$$C = C_{\text{тариф}} * \Delta W_{\Delta} = 3,0 * 42698830 = 128096490 \text{ руб.}$$

Для линии 43-3, с проводом А-35, потери за год составляли

$$\Delta W_{35} = 748548 \text{ кВт·ч, а теперь (для тока 5 А):}$$

$$\Delta W_{70} = 3R_{70}LI^2T = 3 * 0,42 * 31,52 * 25 * 8700 = 345522 \text{ кВт·ч}$$

Разница будет равна:

$$\Delta W_{\Delta} = 748548 - 345522 = 403026 \text{ кВт·ч}$$

Стоимость в рублях:

$$C = C_{\text{тариф}} * \Delta W_{\Delta} = 3,0 * 403026 = 1209078 \text{ руб.}$$

Протяженность линий электропередач 10 кВ в России составляет около 2 миллионов километров, даже реконструкция одной линии уменьшает потери и дает значительную экономию по стране.

## Список литературы

1. Черкасова Н.И. Оценка плотности тока в проводах сельских ВЛ 10-0,4 кВ в современных условиях // Электрические станции. 2013. №10.
2. Овсейчук В.А. КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ К вопросу о технико-экономической целесообразности // Новости электротехники. 2008. №4 (52).
3. Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии: Учебное пособие. Ростов-н/Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. С. 720.

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ХИЩЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И БОРЬБЫ С НИМИ В БЫТОВОМ СЕКТОРЕ**

А.С. Тарасов, И.М. Перекрест, С.С. Бондаренко

Научный руководитель Г.В. Плеханов

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

В современном мире кража электрической энергии приобрела широкое распространение. Причиной этого является доступность информации по данному аспекту и низкая защищенность и конструктивные недостатки приборов учета электроэнергии. Ниже приведены самые распространенные способы хищения электроэнергии.

В частном доме скрывается участок вводного кабеля. Там подключается мощный магнитный пускатель, катушку которого запитывают от электросети дома после электросчетчика и автоматов.

Еще можно использовать тиристорный пускатель, он надежный и бесшумный. К выходу пускателя подключается часть нагрузки в доме. При проверке контролирующие органы отключат вводной автомат или выкрутят пробки и пойдут проверять розетки, а, так как пускатель отключится, напряжения в "нужных" розетках не будет. Прибор для поиска скрытой проводки ничего не покажет.

Конденсатор для трехфазного учета. Для небольшого (около 5%) замедления трехфазного индукционного (старого) электросчетчика можно подключить между фазами крупный конденсатор (примерно 200 мкф, 630 вольт.) Между какими фазами подключать, определяют опытным путем, подключая поочередно, на разгруженном счетчике. В нужном положении счетчик должен медленно крутиться назад. В основе способа разные параметры измерительных элементов счетчика, по чувствительности к реактивной электроэнергии.

Для снижения показаний индукционного однофазного счетчика достаточно снизить напряжение на его катушке напряжения либо вообще его снять. Для этого нужно в нулевую цепь счетчика включить сопротивление. Если провод разорвать, учет прекратится вовсе. Если в место сопротивления включить диод, учитываемая энергия снизится вдвое. Врезку маскируют как обычную скрутку либо вообще под провод... Индикатор покажет наличие нуля на счетчике (как надо), проверка погрешности обычно не проводится.

Чтобы любой электросчетчик считал меньше, можно зашунтировать его токовую катушку или датчик тока. Шунт устанавливается, в укромном месте и лучше с возможностью его быстро убрать. Для значительного торможения счетчика на шунт необходимо брать довольно толстый медный провод и обеспечивать его хороший контакт с клеммами, так как важно обеспечить низкое сопротивление шунта. Для торможения трехфазного электросчетчика шунты ставят между 1 и 3, 4 и 6, 7 и 9 клеммами. Лучше всего шунт вставить и замаскировать в самом счетчике. Например, внутри колодки.

Постоянный магнит притягивает ротор шагового двигателя счётного механизма, в результате он не проворачивается. Получается, что внешнее магнитное поле сильнее чем внутреннее. Как показала практика, магнит лучше брать из 25-ваттного динамика, а ещё лучше от шагового двигателя жесткого диска (винчестера), или неодимовые магниты. Как правило, способ пригоден только в тех случаях, когда есть свободный и незаметный для окружающих доступ к электросчётчику [1].

Для предотвращения хищения электроэнергии энергоснабжающие компании вынуждены проводить организационные мероприятия по обнаружению, предотвращению, устранению и недопущению впредь фактов хищения электроэнергии. К которым можно отнести следующие:

1. полномасштабное использование правовых административно-уголовных мер для неотвратимого воздействия на расхитителей электрической энергии;
2. внедрение согласованного расчетного учета электроэнергии между энергоснабжающими организациями и энергоемкими потребителями;
3. переход энергосбытовых организаций на контроль работы расчетных приборов учета с выпиской счетов потребителям в бытовом и мелкомоторном секторе;
4. организация рейдов по выявлению фактов хищения электроэнергии;
5. создание телефонов доверия и т.д.

На практике их осуществляют следующим образом. Контроль показаний счетчиков электроэнергии при помощи токовых клещей: для проведения измерения достаточно с помощью специальной клавиши разжать захват разъемного магнитопровода, обхватить проводник, по которому протекает ток, и после смыкания захвата вокруг проводника считать показания со шкалы прибора. Поэтому неудивительно, что в последнее время различными производителями было разработано большое количество таких приборов, получивших название «токовые клещи», или «клапметры». Данным методом возможны измерения не только протекающего тока, но и частоты, активной и реактивной мощности, угла сдвига фазы и даже наблюдение формы сигнала.

Конструктивные изменения расчетных счетчиков электроэнергии для бытовых потребителей должны представлять собой прочную коробку, все соединения в которой расположены внутри и недоступны для расхитителей электроэнергии.

Разработка прибора, позволяющего обнаружить скрытую электропроводку. Для обнаружения электрического поля служит антенна. С антенны сигнал подается на затвор полевого транзистора, реагирующего даже на очень слабые сигналы. Полевой транзистор открывается, и переменное напряжение подается на инвертирующий вход операционного усилителя, для подачи питания на который используется транзистор. Усиленный сигнал поступает на громкоговоритель. Таким образом, при обнаружении электрического поля прибор издает характерное гудение. По мере приближения к источнику электрического поля, сигнал, поступающий на затвор полевого

транзистора, усиливается, он открывается еще сильнее, соответственно, усиливается сигнал на громкоговорителе [2].

В случае выявления хищения электроэнергии законодательство РФ предусматривает административные и уголовные наказания.

Административное влечет за собой взыскание причиненного реального ущерба в гражданском порядке и привлечение виновников к административной ответственности, как правило, к административному штрафу. Согласно ст. 7.19 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях (КоАП РФ), самовольное подключение к электрическим сетям, а равно самовольное (безучетное) использование электрической энергии влечет наложение административного штрафа:

- на граждан от 15 до 20 минимальных размеров оплаты труда,
- на должностных лиц – от 30 до 40 минимальных размеров оплаты труда,
- на юридических лиц – от 300 до 400 минимальных размеров оплаты труда.

Процедура наложения административного штрафа осуществляется в судебном порядке, должна выполняться в соответствии с требованиями, предусмотренными кодексами РФ, и заключается в сборе, оформлении и оценке доказательств факта хищения.

С точки зрения уголовной ответственности, хищение как преступное деяние может быть совершено путем обмана или злоупотребления доверием, в виде кражи, мошенничества, присвоения или растраты. Основным видом правонарушения является ненасильственный и тайный способ совершения хищения.

Привлечение к уголовной ответственности расхитителей электроэнергии практикуется пока еще в очень редких случаях и имеет место, как правило, при нанесении энергоснабжающим организациям значительного убытка.

Уголовная ответственность предусматривает особо строгое наказание в случае, если кража совершена в крупном размере.

Крупным размером признается стоимость имущества, в 500 раз превышающая минимальный размер оплаты труда, установленный законодательством РФ на момент совершения преступления.

Окончательное решение о форме иска должен принимать собственник электроэнергии, т.е. энергоснабжающая (сбытовая) организация, которая понесла убытки в результате похищения ее товара и готова в уголовно-судебном порядке принять меры по их возмещению [3-5].

#### Список используемой литературы

1. Подзенин А.В. Повышение достоверности показаний счетчиков электроэнергии расчетным способом // Электричество. 1997. №12.
2. Головкин П.И. Энергосистема и потребители электрической энергии. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
3. Решение Правительства РФ от 23.01.2004 г. №83-р.

4. Информационное письмо Госэнергонадзора от 21.08.2007 г. № 32-11-05/11 «Об участии Госэнергонадзора в работе РАО «ЕЭС России».
5. Постановлением Правительства РФ от 12.08.2005 г. № 938.

## **КОММЕРЧЕСКИЕ ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

М.Е. Тарская, Ю.В. Паль

Научный руководитель Г.В. Плеханов

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

С 1994 по 2004 гг. абсолютные потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем России увеличились на 38,5%, относительные – на 24% при росте отпуска электроэнергии в сеть всего на 7%. Главная причина сложившейся ситуации – увеличение доли коммерческих потерь, которые достигли почти 30 млрд кВт/ч в год и составляют около 30% общего значения фактических потерь электроэнергии.

Коммерческие потери, определяемые как разность между фактическими и технологическими потерями, – это прямые убытки энергоснабжающих организаций, обусловленные погрешностями системы учета, безоговорным и несанкционированным потреблением электроэнергии, низкой платежеспособностью потребителей, недостаточной мотивацией персонала к снижению потерь электроэнергии в сетях и многими другими причинами.

11-12 марта 1998 г. в Париже по инициативе “Электриситэ де Франс” (ЭДФ) был проведен симпозиум на тему “Снижение коммерческих потерь. Техническая культура ЭДФ”. На симпозиуме присутствовали специалисты энергосистем более 40 стран, в том числе России [1-2].

Цель проведения симпозиума – обмен опытом в области анализа, оценки, методов и средств снижения коммерческих потерь электроэнергии в энергосистемах различных стран, в том числе ЭДФ-ГДФ Сервис Интернасьональ Дистрибьюсьон (Франция), ECG (Гана), EDENOR (Аргентина), LIGHT (Бразилия), CIE (Берег Слоновой Кости), EDL (Ливан), KADAFE (Венесуэла) и др.

Какие бы изменения ни происходили: реализация программ по увеличению эффективности производства в Африке, вступление в рыночную экономику стран Восточной Европы, в том числе России, институциональные изменения в Латинской Америке и Азии, широкомасштабное дерегулирование экономики в Америке и Европе, ясно одно: компании по электроснабжению будут иметь иной профиль с иными условиями борьбы. Они должны быть готовы к еще более жесткой конкуренции как на внутреннем рынке, с точки зрения видов потребляемой энергии, так и на внешнем рынке – с точки зрения соперников в энергетическом секторе. Им предстоит сталкиваться с постоянно возрастающими требованиями клиентуры, имеющей самый широкий и разнообразный выбор предложений.

В такой ситуации уже недостаточно просто снабжать потребителей электроэнергией. В выигрыше останутся те компании, которые сумеют

завоевать новую клиентуру и удержать ее благодаря безукоризненному обслуживанию, постоянному совершенствованию предлагаемых услуг.

Для этого энергокомпаниям необходимо вкладывать все более значительные средства в менеджмент, в общение с клиентами, проведение коммерческой политики. В частности в ЭДФ на это уже расходуется около 30% себестоимости электроэнергии. Распределение электроэнергии при этом становится не только технической, но все более и более коммерческой сферой деятельности.

Очевидно, что ни одно электроэнергетическое предприятие не может эффективно выполнять свои функции, а тем более выдерживать конкуренцию, если оно не обеспечит своевременную и полную оплату потребителями поставленной электроэнергии. С этой точки зрения сокращение коммерческих потерь становится одним из главных направлений деятельности электроэнергетических систем, желающих иметь здоровую экономику.

Коммерческие потери вызывают значительные финансовые убытки, которые могут нанести существенный ущерб экономическому положению энергопредприятия, а в крайних случаях – привести его на грань банкротства. Поэтому международные инвесторы, в частности Всемирный банк реконструкции и развития, ставят первостепенным условием ликвидацию таких потерь в тех энергокомпаниях, в которых ими финансируются программы по оздоровлению экономического положения, реформированию хозяйственного механизма. Опыт такого финансирования показал, что инвестиции для реализации организационных мер по сокращению коммерческих потерь дают значительно более существенную финансовую прибыль, а сроки их окупаемости намного меньше, чем сроки окупаемости капиталовложений на внедрение традиционных мероприятий по снижению технических потерь электроэнергии того же объема.

Коммерческие потери условно можно разбить на три основные группы:

- 1) потери от недостоверного учета электроэнергии  $\Delta W$  к.у,
- 2) потери при выставлении счетов  $\Delta W$  к.с,
- 3) потери при востребовании оплаты  $\Delta W$  к.в.



Рис. 1 – Определение коммерческих потерь

Технические потери, зависящие от характера распределения энергии, определяют с помощью соответствующих, хорошо зарекомендовавших себя методик расчета [3].

Коммерческие потери по своей природе зависят от множества факторов и, в первую очередь, от качества организации электроснабжения потребителей, системы учета электроэнергии и оплаты за нее. Коммерческие потери могут возникать на стадиях:

- 1) присоединения потребителей к системе электроснабжения;
- 2) учета данных о потребителях;
- 3) учета и регистрации данных о потребленной электроэнергии;
- 4) выписки счетов и расчета долгов потребителей;
- 5) получения оплаты за электроэнергию.

Причины коммерческих потерь могут быть:

а) внутренними – плохая организация работы, недостаток квалификации персонала, неподходящие приборы учета, коррупция, устаревшее оборудование и т.д.;

б) внешними – плохо организованная структура предприятий, низкий социальный статус населения и его структура, экономические и политические проблемы и т.п.

На рис. 2 показана динамика изменений потерь и, следовательно, дохода, в зависимости от результатов деятельности.

На рис. 2, а мы имеем “порочный круг”: исходное состояние энергосистемы представлено в виде круга, в котором реальный доход составляет 75 денежных единиц (например миллиардов рублей), технические потери составляют 10 денежных единиц и коммерческие потери – 15 единиц. Недостаточное внимание к потерям ведет в следующем году к увеличению коммерческих потерь с 15 до 20 единиц и, как следствие, к уменьшению реального дохода. В свою очередь, уменьшение этого дохода снижает количество капитала энергосистемы и способствует увеличению технических потерь с 10 до 15 единиц, что вызывает дальнейшее падение дохода.

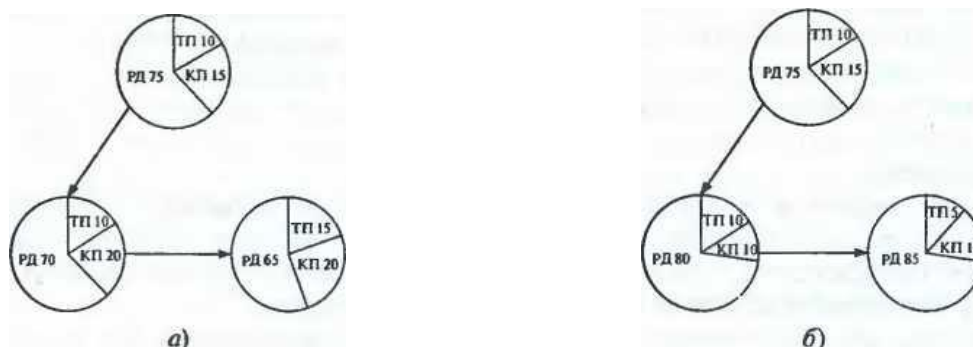


Рис. 2 – Динамика изменения потерь:  
 ТП – технические потери; КП – коммерческие потери;  
 РД – реальный доход



В “добродетельном круге” (рис. 2, б), начиная с той же исходной ситуации, постоянные усилия по снижению коммерческих потерь делают возможным их сокращение с 15 до 10 единиц и получение дополнительного реального дохода. Этот доход может быть использован для финансирования мер по снижению технических потерь, которое, в свою очередь, приводит к увеличению дохода.

#### Список литературы

1. Рекламный проспект EDF GDF Services-International Distribution: Коммерческая деятельность и управление потребителями. Потребитель: новые задачи (на русском яз.) Paris. France, 1998.

2. Рекламный проспект EDF GDF Services-International Distribution: Коммерческая деятельность и управление потребителями. Сократить коммерческие потери (на русском яз.). Paris. France, 1998.

3. Воротницкий В.Э. Потери электроэнергии в электрических сетях: анализ и опыт снижения, М.: НТФ Энергопрогресс, Энергетик, 2006.

### **ПУТИ СНИЖЕНИЯ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ**

М.Е. Тарская, Ю.В. Паль

Научный руководитель Н.И. Черкасова

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

Мероприятия, направленные на снижение коммерческих потерь электроэнергии, определяются причинами их возникновения. Многие мероприятия по снижению коммерческих потерь электроэнергии достаточно подробно освещены в научно-технической литературе [4], [5]. Основной перечень мероприятий, направленных на совершенствование приборов учета электроэнергии, приведен в отраслевой инструкции.

Мероприятия по снижению коммерческих потерь электроэнергии можно условно разделить на две группы:

1. Организационные, повышающие точность расчетов показателей баланса электроэнергии, в т.ч. полезного отпуска потребителям.

2. Технические, в основном связанные с обслуживанием и совершенствованием систем учета электроэнергии.

К основным организационным мероприятиям относится опыт следующих практических работ:

- Проверка наличия актов разграничения балансовой принадлежности по точкам поставки внешнего и внутреннего сечения учета электроэнергии, своевременная фиксация всех точек поставки электроэнергии, проверка на соответствие с договорными условиями.

- Формирование и своевременная актуализация баз данных о потребителях электроэнергии и группах учета, с привязкой их к конкретным элементам схемы электрической сети.

- Сверка фактических технических характеристик приборов учета и применяемых в расчетах.

- Проверка наличия и правильности алгоритмов «дорасчета» потерь при установке приборов учета не на границе балансовой принадлежности.

- Своевременная сверка показаний приборов учета, максимальная автоматизация операционной деятельности по расчетам объемов электроэнергии для исключения влияния «человеческого фактора».

- Исключение практики «безучетного» электроснабжения.

- Выполнение расчетов технологических потерь электроэнергии, повышение точности их расчетов.

- Контроль фактических небалансов электроэнергии на ПС, своевременное принятие мер по устранению сверхдопустимых отклонений.

- Расчеты «пофидерных» балансов электроэнергии в сети, балансов по ТП 10(6)/0,4 кВ, в линиях 0,4 кВ, для выявления «очагов» коммерческих потерь электроэнергии.

- Выявление хищений электроэнергии.

- Обеспечение персонала, выполняющего проверки приборов учета и выявление хищений электроэнергии, необходимым инструментом и инвентарем. Обучение методам выявления хищений электроэнергии, повышение мотивации дополнительным материальным вознаграждением с учетом эффективности работы.

К основным техническим мероприятиям, направленным на снижение коммерческих потерь электроэнергии, следует отнести следующие:

- Инвентаризация измерительных комплексов электроэнергии.

- Замена счетчиков электроэнергии и измерительных трансформаторов на приборы учета с повышенными классами точности.

- Устранение недогрузки и перегрузки трансформаторов тока и напряжения, недопустимого уровня потерь напряжения в измерительных цепях ТН.

- Установка приборов учета на границах балансовой принадлежности, в т.ч. пунктов учета электроэнергии на границе раздела балансовой принадлежности, проходящей по линиям электропередач.

- Совершенствование расчетного и технического учета электроэнергии, замена устаревших измерительных приборов, а также приборов учета с техническими параметрами, не соответствующими законодательным и нормативно – техническим требованиям.

- Установка приборов учета за пределами частных владений.

- Замена «голых» алюминиевых проводов ВЛ – 0,4 кВ на СИП, замена вводов в здания, выполненных голым проводом, на коаксиальные кабели.

- Внедрение автоматизированных информационно-измерительных систем коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ), как для промышленных, так и для бытовых потребителей.

Последнее из перечисленных мероприятий является наиболее эффективным в снижении коммерческих потерь электроэнергии, поскольку является комплексным решением основных ключевых задач, обеспечивая достоверное и дистанционное получение информации от каждой точки

измерения, осуществляя постоянный контроль исправности приборов учета. Кроме того, максимально усложняется осуществление несанкционированного электропотребления, и упрощается выявление «очагов» потерь в кратчайшие сроки с минимальными трудозатратами. Ограничивающим фактором широкой автоматизации учета электроэнергии является дороговизна систем АИИС КУЭ. Реализацию данного мероприятия возможно осуществлять поэтапно, определяя приоритетные узлы электрической сети для автоматизации учета на основании предварительного энергетического обследования с оценкой экономической эффективности внедрения проекта.

Для решения вопросов по снижению коммерческих потерь электроэнергии также необходимо совершенствовать нормативно-правовую базу в области энергоснабжения и учета электроэнергии. В частности, применение нормативов потребления коммунальных услуг по электроснабжению должно побуждать абонентов к скорейшей установке приборов учета (устранения их неисправностей), а не к подсчету выгоды от их отсутствия. Процедура допуска представителей сетевых компаний для проверки состояния приборов учета и снятия их показаний у потребителей, в первую очередь у физических лиц, должна быть максимально проста, а ответственность за несанкционированное электропотребление усилена.

Коммерческие потери электроэнергии являются серьезным финансовым убытком сетевых предприятий, отвлекают их денежные средства от решения других насущных задач в области электроснабжения.

Снижение коммерческих потерь электроэнергии является комплексной задачей, которая в своем решении требует разработки конкретных мероприятий на основе предварительного энергообследования и определения фактической структуры потерь электроэнергии и их причин.

#### Список литературы

1. Рекламный проспект EDF GDF Services-International Distribution: Коммерческая деятельность и управление потребителями. Потребитель: новые задачи (на русском яз.). Paris. France, 1998.
2. Рекламный проспект EDF GDF Services-International Distribution: Коммерческая деятельность и управление потребителями. Сократить коммерческие потери (на русском яз.). Paris. France, 1998.
3. Воротницкий В.Э. Потери электроэнергии в электрических сетях: анализ и опыт снижения, М.: НТФ Энергопрогресс, Энергетик, 2006.
4. Воротницкий В.Э, Калинкина М.А. Расчет, нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях (Учебно-методическое пособие) – М.: ИУЭ ГУУ, ВИПКэнерго, ИПКгосслужбы, 2003.
5. Воротницкий В.Э., Заслонов С.В., Калинкина М.А., Паринов И.А., Туркина О.В. Методы и средства расчета, анализа и снижения потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям М.: ДиалогЭлектро, 2006.

## ОСНОВНЫЕ РИСКИ В СИСТЕМАХ СЕЛЬСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

А.Н. Татарникова

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

«Невозможно заниматься бизнесом, не рискуя, – утверждают Р. Боултон и его коллеги. – Не рискуя, вы ничего не заработаете» [1]. Суть данного подхода заключается в создании и защите коллективных успехов компании с помощью управления факторами неопределенности, которые могут как негативно, так и положительно повлиять на достижение организацией своих целей.

Неоспоримым является сопряженность деятельности электрических сетей с рисками, которые зависят от многочисленных факторов, например, экономического, социального, глобального характера.

Точные числовые данные для параметров элементов системы имеют большую неопределенность. Исходя из этого разработка моделей управления рисками на объектах распределительных сетей сельскохозяйственного назначения со значительной неопределенностью параметров (например, вследствие продолжительной эксплуатации) является актуальной научной проблемой, решение которой позволит повысить надёжность, путем уменьшения риска. Краткий обзор потенциальных угроз в распределительных сетях показывает, что риски имеют различную природу: от негативных тенденций в глобальной экономике до технологических аварий на отдельных производствах.

Более детальный анализ основных групп рисков позволяет нам оценить степень влияния того или иного неблагоприятного сценария и определить пути снижения негативных последствий в результате реализации потенциальных угроз (табл. 1).

На предприятиях энергетической отрасли присутствует множество разнообразных рисков, требующих выявления, оценки и управления. Управление нефинансовыми рисками включает в себя сценарный анализ, принятие решений, управление проектами по оптимизации рисков и способствует поддержанию стратегии развития компании и реализации её социальной миссии: надежного и бесперебойного энергоснабжения добросовестных потребителей электро- и теплоэнергии на основе баланса интересов различных заинтересованных сторон.

Главной проблемой распределительных сетей является прогрессирующее старение элементов электрических сетей в условиях увеличения потребностей энергопотребления.

Надёжность, экономичность и экологическая безопасность электроснабжения напрямую зависят от состояния производственных фондов. По данным Федеральной службы государственной статистики, износ основных фондов предприятий энергетики превышает 50%, что является источником повышенного риска возникновения крупных аварий.

## Классификационная матрица рисков

Риски		Распределительные сети	Потребители
Рыночные	риск недополучения прибыли, риск изменения стоимости капитала, риск влияния крупных транзакций на параметры рынка, финансово – экономические, изменение конъюнктуры рынка, цен на топливо и т.д.	– шок снижения цены (резкое падение доходов), – неопределенность прогнозов уровня спроса (непредвиденное снижение объемов продаж), – неопределенность уровня запасов энергоресурсов (непредвиденное снижение добычи), – кредитный риск (дефицит инвестиционных средств), – валютный риск (дефицит инвестиционных средств), – процентный риск (дефицит инвестиционных средств)	– шок роста цены (резкое увеличение расходов), – неопределенность оценок уровня запасов энергоресурсов (дефицит энергоресурсов), – неопределенность уровня предложения (рост волатильности цены), – кредитный риск (непредвиденное увеличение расходов), – валютный риск (непредвиденное увеличение расходов), – процентный риск (непредвиденное увеличение расходов)
<i>Политические риски:</i>	политическая нестабильность, изменение таможенной политики, риск географической нестабильности и государственного неподчинения обязательствам	– непрозрачные экономики-экспортеры энергоресурсов (неопределенность уровня запасов), – политические конфликты (разрыв производственной цепочки), – террористические акты (разрыв производственной цепочки)	– непрозрачные экономики-экспортеры энергоресурсов (неопределенность уровня предложения), – политические конфликты (срыв поставок энергии), – непредвиденное снижение уровня предложения), – террористические акты (срыв поставок энергии), – непредвиденное снижение уровня предложения)
<i>Стратегические риски:</i>	разработка и воплощение неверных бизнес – решений, неспособность управленческого аппарата принимать правильные решения с учётом изменений внешних факторов	изменение климата (труднодоступность месторождений, повышение затрат)	изменение климата (снижение предложения энергии)
<i>Регулировочные риски:</i>	риски тарифного и экологического регулирования; безопасности; специфические налоговые риски; регулирования		регулирования в области антимонопольного регулирования
<i>Операционные риски:</i>	возникновение отклонений в информационных системах и системах внутреннего контроля; риски связаны с ошибками людей, наличием недостаточных систем контроля		
<i>Технологические и технические риски</i>	непреднамер. сбой в работе, неверный выбор технол-го оборуд., нарушения технолог-их проц., нерегулярные проф. и ремонт обор-я, потери в результате сбоев и поломок.		

Снизить операционные риски поможет внедрение новейших информационных технологий в сфере создания систем анализа и идентификации рисков для формирования экономически обоснованных и организационно увязанных управленческих решений с учетом факторов надежности энергопроизводства и энергоснабжения.

Для количественной оценки последствий требуется создавать математическую модель, позволяющую осмыслить поведение системы и с ее помощью оценить различные стратегии управления риска. Модель должна отражать важнейшие черты явления, т.е. в ней должны быть учтены все существенные факторы, от которых в наибольшей степени зависит функционирование системы. Вместе с тем она должна быть по возможности простой и понятной пользователю, целенаправленной, надежной (гарантия от абсурдных ответов), удобной в управлении и обращении, достаточно полной, адекватной, позволяющей легко переходить к другим модификациям и обновлению данных.

#### Список литературы

1. Richard E.S. Boulton, Barry D. Libert, Steve M. Samek. Cracking the Value Code-How Successful Businesses Are Creating Wealth in the New Economy (New York: Harper Business, 2000): – P. 181.

2. ГОСТ Р 51901.1-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем.

3. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных процессов. РД 03 – 418 – 01. – М.: Госгортехнадзор РФ, 2001.

4. Ламакин Г.Н.. Основы менеджмента в электроэнергетике: Учебное пособие. Ч.1. 1-е изд. Тверь: ТГТУ, 208 с., 2006.

### **Секция 6. СОВРЕМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ, МЕХАНИЗМЫ**

**Председатель секции: кандидат технических наук, заведующий кафедрой  
«Строительство и механика» Денисенко Алексей Алексеевич**

#### **РАЦИОНАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА АЛТАЙСКОГО КРАЯ В ОБЛАСТИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

**С.А. Бесклубова, Г.И. Швецов**

*ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический  
университет им. И.И. Ползунова»*

В работе выявлены наиболее экономически выгодные технологии индивидуального жилищного строительства для каждого района Алтайского края с учетом распределения ресурсов. Выдвинуты предложения по оптимизации использования ресурсной базы.

## **Введение**

Основным направлением в жилищной сфере на сегодняшний день, имеющим огромное социальное, политическое и экономическое значение для страны, является переход на преимущественный рост малоэтажного строительства. Так, объем малоэтажного строительства к 2015-2020 гг. должен составить не менее 65-70% от общего объема возводимого жилья [1].

Современный этап реализации государственной жилищной политики направлен, прежде всего, на повышение доступности жилья для населения. Поэтому актуальным становится вопрос развития малоэтажного строительства как в границах, так и вне границ существующих городских и сельских населенных пунктов [2].

Для того, чтобы обеспечить заданные объемы строительства, необходимо внедрять альтернативные технологии. Целью данной работы является повышение экономической эффективности индивидуального жилищного строительства в Алтайском крае с учетом территориальных особенностей и имеющихся ресурсов.

### **Оценка и анализ ресурсного потенциала для развития строительной отрасли Алтайского края**

На сегодняшний день строительная отрасль Алтайского края нуждается в решении ряда вопросов.

В 2013 г. была принята программа «Развитие предприятий промышленности строительных материалов и индустриального домостроения в Алтайском крае до 2020 г.», призванная повысить объемы производства и потребления основных стройматериалов.

Анализ минерально-сырьевой базы АК выявил, что запасы полезных ископаемых на территории и география их размещения позволяют в полной мере обеспечить планируемую потребность предприятий региона, производящих строительные материалы, до 2020 г.

Так, в Алтайском лесопромышленном комплексе сделан акцент на развитие глубокой переработки древесины и безотходного производства, поставке на внутренний и международный рынки готовой продукции, отвечающей европейским стандартам качества. Объемы имеющейся древесины на территории карая позволяют наращивать объемы в этой сфере [3].

Также необходимо задуматься об использовании в строительстве таких природных ресурсов, как торф, солома и камыш. Это позволит сделать экономически доступнее жилье в отдельных районах края.

В Алтайском крае распространены следующие традиционные технологии строительства индивидуального жилья: деревянное, кирпичное, блочное строительство, монолитное строительство в несъемной опалубке, технология возведения каркасно-щитовых домов. Существуют попытки использования альтернативных материалов: соломенных и полимерпесчаных блоков, но пока это носит только единичный характер. В связи с перспективами развития индивидуального жилищного строительства необходимо подумать о новых

экономичных, экологических и энергоэффективных технологиях применяемых в мировой практике.

Анализ ресурсного потенциала, включающего сырьевую базу и производственные мощности, позволил нам создать картосхему, на которой видно, что производственные мощности в крае распределены неравномерно (рисунок 1). В основном они сконцентрированы вокруг крупных городов. Поэтому для отдаленных районов было предложено применение следующих альтернативных технологий (рисунок 1): строительство индивидуальных жилых домов по технологии 3D панелей; технология возведения домов из соломенных блоков (каркасная и бескаркасная технология); технология возведения домов из камышитовых панелей; технология возведения домов из блоков «Геокар»; строительство из грунтоблоков или землебитное; каркасно-щитовая технология (Канадская технология).

Все эти технологии соответствуют экологическим требованиям, так как используют в основном натуральные материалы, а также помогают сделать строительство более экономичным, снижая как стоимость самих стеновых материалов, так и транспортные расходы.

Для некоторых видов традиционного строительства, таких как деревянное и кирпичное строительство, требуется дополнительное утепление стен. В качестве альтернативных утеплителей могут быть предложены: эковата и пеностекло.

### **Предложения по оптимизации использования ресурсной базы Алтайского края**

После изучения особенностей ресурсного потенциала районов края нами были сделаны следующие предложения по оптимизации:

1) увеличить мощности Каменского ЛДК (Каменский район) по выпуску комплектов деревянных домов, внедрить более экономичные технологии домостроения (например, каркасно-щитовое);

2) организовать поставку винтовых свай в Каменский и Рубцовский районы;

3) наладить изготовление винтовых свай на базе заводов по металлообработке в Бийске и Рубцовске при обосновании рациональности; приоритетным можно выделить Рубцовск (для западной части края это скажется на удешевлении строительства);

4) рассмотреть возможность выпуска ОСП в Рубцовском районе и, соответственно, внедрить каркасно-щитовое домостроение (канадская технология);

5) рассмотреть развитие производства блоков «Геокар» в Троицком районе (блоки могут быть использованы как конструктивный элемент для индивидуального жилья, а также как утеплитель при многоэтажном строительстве);

6) изучить возможности производства блоков «Геокар» в Быстроистокском районе (использование торфа в качестве производства блоков «Геокар» возможно только после проведения соответствующих исследований);



7) рассмотреть увеличение производства деревянных конструкции для соломенного строительства на территории Кулундинского и прилегающих районов;

8) внедрить производство альтернативных утеплителей (эковата и пенностекло) в городе Камне-на-Оби (так как технология деревянного домостроения развита в Каменском и прилежащих к нему районах);

9) рассмотреть внедрение производства альтернативных утеплителей (эковата и пенностекло) в городе Рубцовске;

10) изучить возможности развития производства легких стальных конструкций (ЛСТК) на производственных мощностях г. Барнаула с последующим их применением в прилегающих районах.

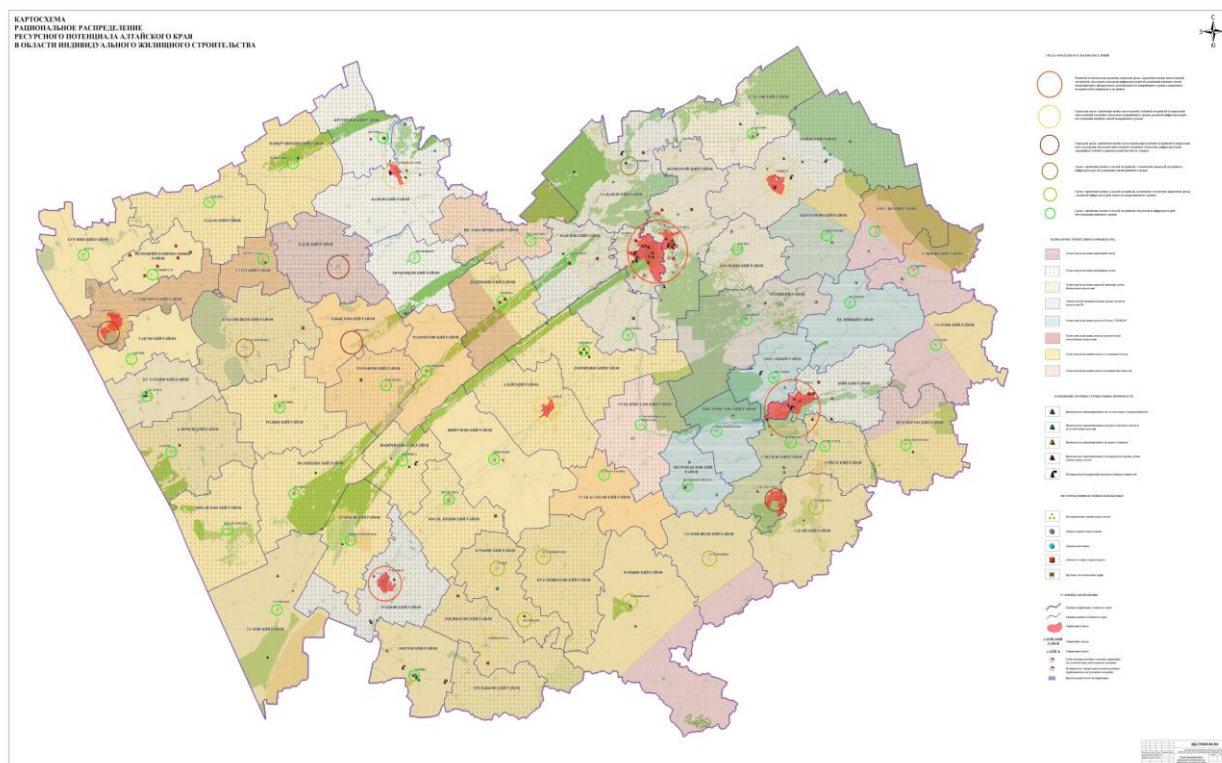


Рисунок 1 – Рациональное распределение ресурсного потенциала в области индивидуального жилищного строительства Алтайского края

### Экономический расчет

С целью расчета экономической выгоды для той или иной технологии возведения индивидуального жилого дома необходимо провести экономический расчет. В качестве примера взят Кытмановский район. Так, на его территории было предложено наибольшее количество вариантов технологий: каркасно-щитовое, использование соломенных блоков, блоков «Геокар» и 3D технология.

Для сравнения стоимостных показателей различных вариантов строительства возьмем типовой проект индивидуального жилого дома площадью 110,9 кв.м, высотой потолков 2800 мм.

## Экономический расчет для различных технологий строительства

Наименование технологии	Стоимость за кв.м
Возведение дома из соломенных блоков (свайный фундамент)	13 466 рублей
Возведение дома из соломенных блоков (ленточный фундамент)	14 670 рублей
Возведение дома из блоков «ГеоКар» (ленточный фундамент)	17 305 рублей
Возведение дома по 3D технологии (свайный фундамент)	18 680 рублей
Возведение дома по 3D технологии (ленточный фундамент)	19 880 рублей
Каркасно-щитовое домостроение (свайный фундамент)	22 455 рублей
Каркасно-щитовое домостроение (ленточный фундамент)	23 656 рублей
Возведение деревянного дома (клееный брус, свайный фундамент)	26 112 рублей
Возведение деревянного дома (клееный брус, ленточный фундамент)	27 314 рублей

Из таблицы 1 видно, что наиболее экономичная технология – это возведение домов из соломенных блоков. Также в противовес традиционным материалам удешевление строительства идет за счет применения блоков «ГеоКар» и 3D технологии. Из расчетов видно, что использование свайного фундамента (винтовые сваи) делает строительство дома экономичнее.

### Заключение

Экономический расчет показал, что применение альтернативных технологий возведения индивидуальных жилых домов позволяет сократить расходы на строительство, при этом конструкции отвечают экологическим и теплотехническим требованиям.

### Список литературы

1. Шаккум М.А. Существует опасный миф о малоэтажном строительстве // Собственник: интернет-журнал. – 2008. – 22 сентября [Электронный ресурс]. URL: <http://sob.ru/news/12716>.
2. Ибатуллин Р.Р. Доклад министра строительства, архитектуры и транспорта Республики Башкортостан Р.Р. Ибатуллина // Всероссийское совещание. – 2010. – 2 апреля [Электронный ресурс] URL: <http://yandex.ru/clck/jsredir?from=yandex.ru%3Byandsearch%3Bweb%В%3В&text>
3. Постановление Администрации Алтайского края от 19.02.2013 №77 «Об утверждении краевой программы «Развитие предприятий промышленности строительных материалов и индустриального домостроения в Алтайском крае до 2020 года».

**ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ УДАРНЫЙ МЕХАНИЗМ  
С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ УДАРНИКОМ  
И ДРОССЕЛЬНЫМ КАНАЛОМ ВПУСКА ВОЗДУХА  
ВО ВТУЛКЕ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КОРПУСА**

А.В. Грузин, А.С. Дедов, Е.И. Крутиков, А.В. Куликов  
*ФГБОУ ВПО "Новосибирский государственный  
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)"*

Пневматический ударный механизм синтезирован с учетом признаков-элементов и конструкций известных механизмов [1] (рис. 1). Механизм включает цилиндрический корпус 1 с втулкой 5 и выпускными каналами 25, 26, рабочий инструмент 13 с хвостовиком 12, ступенчатый ударник 2 со штоковой 3 и основной 4 частями со сквозным отверстием 6 и втулкой 23 с каналом-пазом 24 в штоковой части ударника. Основная часть ступенчатого ударника содержит радиальные каналы 7. Ступенчатый ударник, разделяющий полость цилиндрического корпуса на кольцевую камеру 9 со стороны штоковой части ударника, камеру 11 холостого хода со стороны хвостовика рабочего инструмента и кольцевую распределительную камеру 8 во втулке цилиндрического корпуса со стороны штоковой части ударника. Кольцевой фланец 18 выполнен с клапанами 19 подвода воздуха в кольцевую распределительную камеру и сквозным осевым отверстием. Крепежный стакан 15 закреплен относительно цилиндрического корпуса. Камера 17 сетевого воздуха, образованная стаканом с воздухоподводящим каналом 16 и кольцевым фланцем 18. Стержень 21, закрепленный болтовым соединением 20 в сквозном осевом отверстии кольцевого фланца, с поршневой частью 22, постоянно находящейся в сквозном отверстии ударника, взаимодействует с каналом-пазом втулки поршня. Стержень с поршневой частью соединяют периодически, в зависимости от положения ступенчатого ударника, распределительную камеру и камеру холостого хода между собой. На участке взаимодействия кольцевой ступени втулки цилиндрического корпуса со штоковой частью ударника выполнен кольцевой зазор 28 с расчетным проходным сечением, а на внутренней боковой поверхности втулки корпуса выполнен по всей ее длине перепускной канал-паз 10, постоянно сообщающий распределительную камеру с кольцевой камерой рабочего хода. Канал-паз 10 может быть выполнен под наклоном к внутренней образующей поверхности втулки цилиндрического корпуса или винтовым.

Предложенное исполнение пневматического ударного механизма позволяет повысить суммарный силовой импульс давления воздуха при рабочем ходе, таким образом повысить энергию единичного удара.

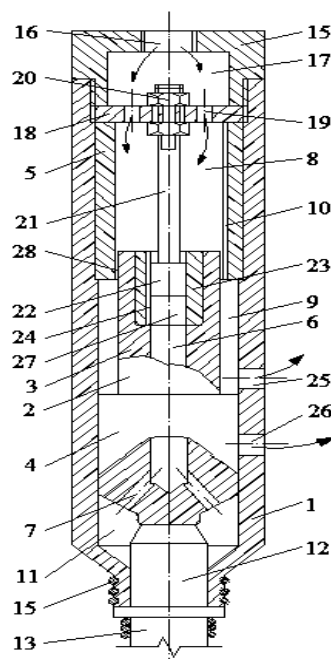


Рисунок 1 – Пневматический ударный механизм

#### Литература

1. Абраменков Э.А. Пневматические механизмы машин ударного действия: дроссельные, струйные, беззолотниковые, бесклапанные: справ. пособ. / Э.А. Абраменков, Д.Э. Абраменков. – Новосибирск, 1993. – 430 с.

УДК 621.974:621.542.001

#### **ПНЕВМОУДАРНЫЙ МЕХАНИЗМ С ДРОССЕЛЬНЫМ КАНАЛОМ ВПУСКА ВОЗДУХА НА ШТОКЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УДАРНИКА**

А.В. Грузин, А.Н. Корнеев, А.А. Кутумов, А.Д. Писаный, А.С. Попова  
ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный  
университет (Сибстрин)»,

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский  
государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

Пневматический ударный механизм синтезирован с учётом признаков элементов и конструкций известных механизмов [1] (рис. 1). Механизм включает цилиндрический корпус 1 с втулкой 2 и выпускными каналами 3,4, рабочий инструмент с хвостовиком 5, ступенчатый поршень 6 со штоковой 7 и основной 8 частями с центральным каналом 9 и втулкой 10, с продольным каналом-пазом 11 и отверстием 12 в штоковой части поршня, разделяющий полость цилиндрического корпуса на кольцевую камеру 13 рабочего хода со стороны штоковой части поршня, камеру 14 холостого хода со стороны хвостовика рабочего инструмента и кольцевую распределительную камеру 15 во втулке цилиндрического корпуса со стороны штоковой части поршня, кольцевой фланец 16 с отверстиями 17 подвода воздуха в кольцевую распределительную камеру и сквозным осевым каналом для пропуска стержня

18 с запорным клапаном 19, крепежный стакан 20, закрепленный относительно цилиндрического корпуса, камеру 21 сетевого воздуха, образованную крепежным стаканом с воздухоподводящим каналом 22 и кольцевым фланцем, закрепленный в сквозном осевом канале кольцевого фланца стержень с запорным клапаном, постоянно взаимодействующим с продольным каналом-пазом в отверстии втулки, находящейся в центральном канале поршня, соединяющий периодически, в зависимости от положения ступенчатого поршня, кольцевую распределительную камеру и камеру холостого хода между собой. На участке взаимодействия кольцевой ступени втулки цилиндрического корпуса со штоковой частью поршня выполнен кольцевой зазор с расчетным проходным сечением, а на штоковой части поршня выполнен дроссельный перепускной канал-паз 23, постоянно сообщающий кольцевую распределительную камеру с кольцевой камерой. Дроссельный перепускной канал-паз на штоковой части поршня может быть выполнен в поперечном сечении прямоугольной (рис. 1), квадратной, трапецеидальной, овальной, треугольной формы, наклонным или под углом к продольной оси штока.

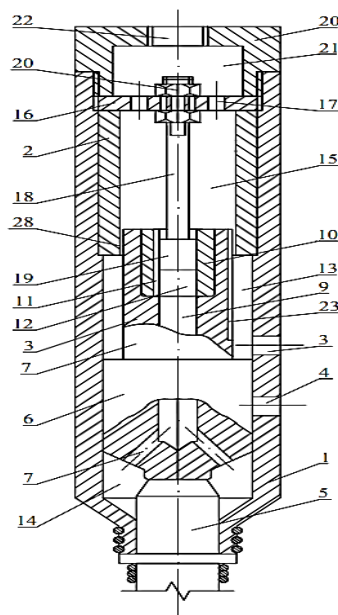


Рисунок 1 – Пневматический ударный механизм

Предложение позволяет: исключить перекосы стержня с запорным клапаном и повысить их ресурс; в расчетном режиме работы механизма обеспечить подачу необходимого количества воздуха для создания расчетного силового импульса давления воздуха со стороны кольцевой камеры рабочего хода.

#### Литература

1. Абраменков Э.А. Пневматические механизмы машин ударного действия: дроссельные, струйные, беззолотниковые, бесклапанные: справ. пособ. / Э.А. Абраменков, Д.Э. Абраменков. – Новосибирск, 1993. – 430 с.

**ПНЕВМОУДАРНЫЙ МЕХАНИЗМ С КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ ВПУСКА ВОЗДУХА В РАБОЧИЕ КАМЕРЫ**

А.Ю. Заикин, А.В. Куликов, А.А. Кутумов, А.Д. Писаный, А.С. Попова  
*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»,  
ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»*

Пневматический ударный механизм синтезирован с учётом признаков элементов и конструкций известных механизмов [1] (рис. 1). Механизм включает цилиндрический корпус 1 с втулкой 2 и выпускными каналами 3,4, рабочий инструмент с хвостовиком 5, ступенчатый поршень 6 со штоковой 7 и основной 8 частями с центральным каналом 9 и втулкой 10, с продольным каналом-пазом 11 и отверстием 12 в штоковой части поршня, разделяющий полость цилиндрического корпуса на кольцевую камеру 13 рабочего хода со стороны штоковой части поршня, камеру 14 холостого хода со стороны хвостовика рабочего инструмента и кольцевую распределительную камеру 15 во втулке цилиндрического корпуса со стороны штоковой части поршня, кольцевой фланец 16 с отверстиями 17 подвода воздуха в кольцевую распределительную камеру и сквозным осевым каналом для пропуска стержня 18 с запорным клапаном 19, крепежный стакан 20, закрепленный относительно цилиндрического корпуса, камеру 21 сетевого воздуха, образованную крепежным стаканом с воздухоподводящим каналом 22 и кольцевым фланцем, закрепленный в сквозном осевом канале кольцевого фланца стержень с запорным клапаном, постоянно взаимодействующим с продольным каналом-пазом в отверстии втулки, находящейся в центральном канале поршня, соединяющий периодически, в зависимости от положения ступенчатого поршня, кольцевую распределительную камеру и камеру холостого хода между собой. На участке взаимодействия кольцевой ступени втулки цилиндрического корпуса со штоковой частью поршня выполнен кольцевой зазор с расчетным проходным сечением, а на штоковой части поршня выполнен дроссельный перепускной канал-паз 23, постоянно сообщающий кольцевую распределительную камеру с кольцевой камерой. Дроссельный перепускной канал-паз на штоковой части поршня может быть выполнен в поперечном сечении в виде лыски (рис. 1). Лыска может быть выполнена в виде среза на штоковой части ударника.

Предложение позволяет: исключить перекосы стержня с запорным клапаном и повысить их ресурс; в расчетном режиме работы механизма обеспечить подачу необходимого количества воздуха для создания расчетного силового импульса давления воздуха со стороны кольцевой камеры рабочего хода.

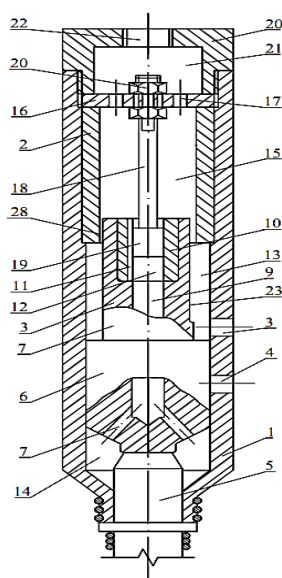


Рисунок 1 – Пневматический ударный механизм

### Литература

1. Абраменков Э.А. Пневматические механизмы машин ударного действия: дроссельные, струйные, беззолотниковые, бесклапанные: справ. пособ. / Э.А. Абраменков, Д.Э. Абраменков. – Новосибирск, 1993. – 430 с.

## **НОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ОТ СНЕЖНО-ЛЕДЯНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ**

А.Ю. Заикин, А.А. Кутумов

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

Известно, что важную роль в развитии экономики нашей страны играет автомобильный транспорт. Для многих регионов страны автомобильные дороги являются единственным видом сообщений, которые позволяют обеспечить жизнедеятельность населения.

Бесперебойное и безопасное использование транспортных автомобильных артерий возможно только при условии создания устойчивой и эффективной системы содержания дорог. Основной задачей содержания автомобильных дорог является круглогодичное выполнение комплекса профилактических работ по уходу за дорогами, дорожными сооружениями, а также устранение незначительных деформаций и повреждений конструктивных элементов дорог и дорожных сооружений.

Значительную долю (от 50 до 80% годовой стоимости) в общем объеме дорожных работ в некоторых регионах нашей страны составляет зимнее содержание [1]. Одним из направлений зимнего содержания является принятие мер по разрушению, возникающих снежных и ледяных отложений, с последующим их удалением с дорожного полотна.



С точки зрения энергоемкости процесса разрушения наиболее экономичным является ударный способ [2]. В этой связи разработка новых методов и оборудования ударного разрушения уплотненного снега и льда представляется перспективным направлением. Одна из возможных схем оборудования ударного действия представлена на рис. 1. В качестве источника формирования силового импульса используется дроссельный пневматический ударный механизм (ДПУМ), синтезированный на основе классификаций [3, 4].

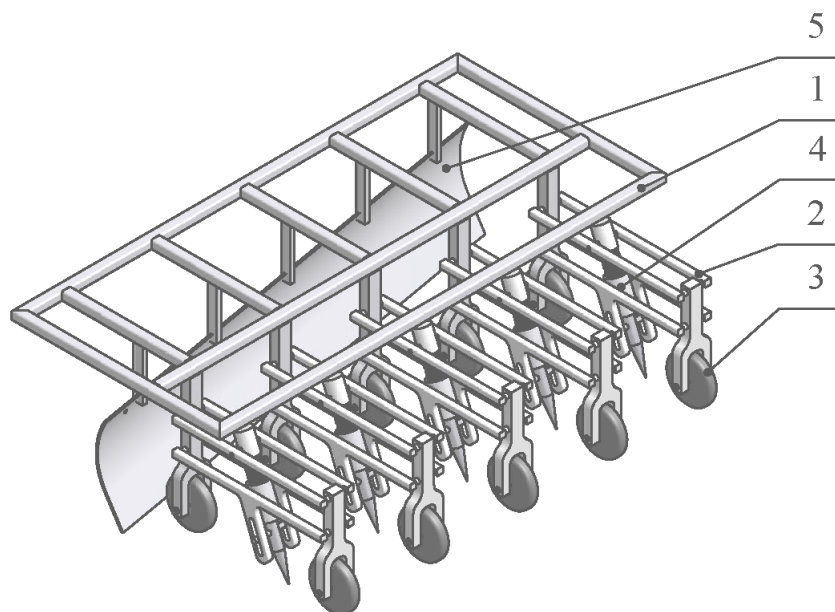


Рис. 1. Общий вид навесного оборудования

Оборудование состоит из следующих основных частей:

- несущей рамы 1;
- рамы навесной 2;
- ходовой части 3;
- рабочих органов ударного действия (ДПУМ) 4;
- вспомогательного оборудования 5.

Несущая рама 1 предназначена для размещения необходимого количества рабочих органов ударного действия и дополнительного оборудования, а также для сцепки с тяговым средством.

Рама навесная 2 предназначена для размещения одного рабочего органа ударного действия, а также обеспечения изменения направления и величины силового воздействия инструмента, взаимодействующего со снежно-ледяными образованиями, в зависимости от толщины снежно-ледяного наката и продольной формы дорожной поверхности.

Ходовая часть 3 предназначена для обеспечения передвижения оборудования, а также копирования поверхности обрабатываемой поверхности.

Рабочий орган ударного действия 4 предназначен для силового воздействия на уплотненный снег и лед. Рабочий орган состоит из инструмента, взаимодействующего с обрабатываемой средой, и ударного механизма,



формирующего силовое воздействие с необходимыми для разрушения уплотненного снега и льда параметрами.

Вспомогательное оборудование 5 предназначено для удаления разрушенного уплотненного снега и льда с дорожного покрытия, а также окончательной очистки поверхности дороги. В качестве вспомогательного оборудования может быть использован грейдерный отвал и (или) щеточное оборудование.

Навесная рама, рабочий орган ударного действия и колесная ходовая часть образуют ударный снегоочиститель, принцип действия которого иллюстрируют рис. 2, 3 и 4.

Переднее колесо ходовой части снегоочистителя может перемещаться вертикально относительно заднего колеса 1. Изменение положения переднего колеса приводит к изменению угла наклона  $\beta_0$  инструмента 8 рабочего органа ударного механизма. Это обеспечивается за счет воздействия паза балки 4 на оси инструмента 8 и вращения втулки 5 относительно балки 3. Длина паза балки 4 определяет предельные величины хода инструмента. Усилие нажатия ударного механизма обеспечивается пружиной 6.

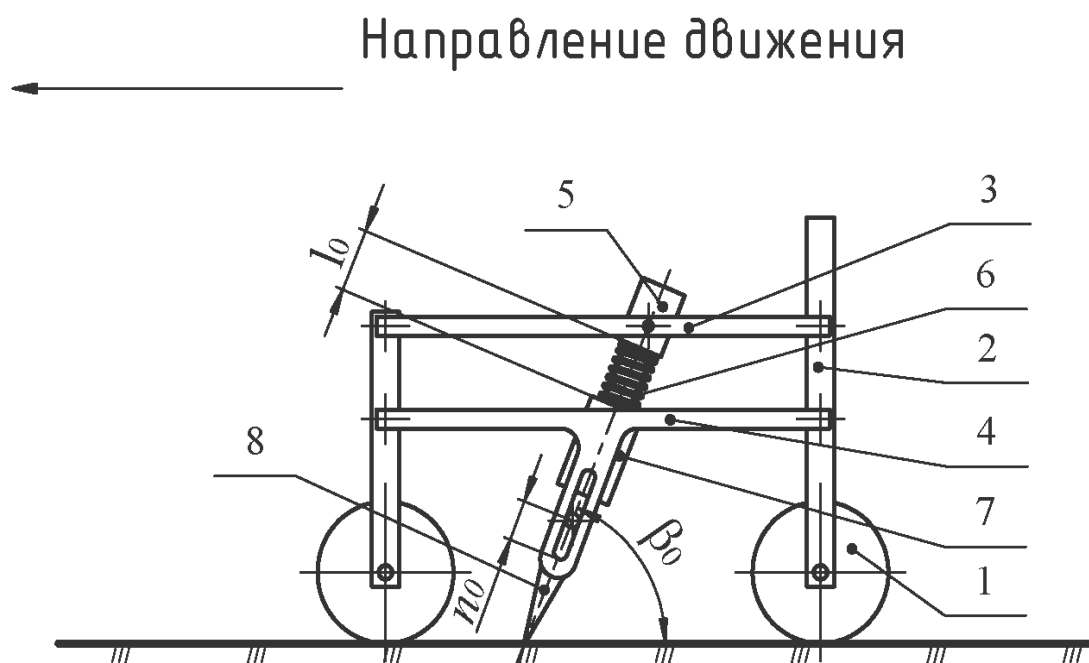


Рис. 2. Ударный снегоочиститель

В случае расположения оборудования на чистой дорожной поверхности (рис. 2) ударный механизм формирует силовое воздействие, которое не оказывает повреждающего и разрушающего влияния на поверхность автомобильной дороги. Это обеспечивается усилием пружины 6.

При появлении на дороге слоя уплотненного снега или льда толщиной  $l$  (рис. 3) переднее колесо ходовой системы поднимается относительно заднего 1, изменяя угол наклона рабочего органа к дорожному покрытию  $\beta_1$ .

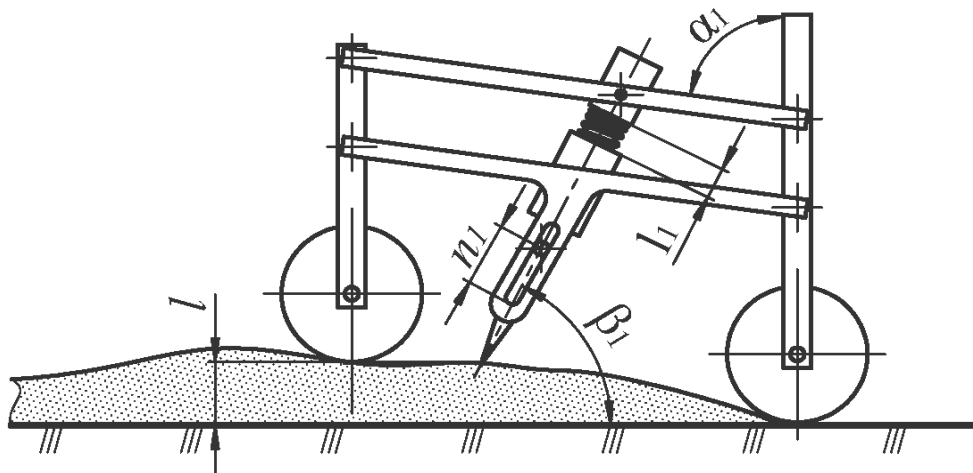


Рис. 3. Снежно-ледяные образования на пути снегоочистителя

Одновременно расстояние  $l_0$  (рис. 2) уменьшается до  $l_1$  (рис. 3), увеличивая усилие нажатия рабочего органа.

В случае появления на дорожном полотне крутых уклонов или глубоких выбоин (рис. 4) переднее колесо ходовой системы, воздействуя на балки 3 и 4 навесной рамы, изменяет угол наклона рабочего органа к дорожному покрытию на  $\beta_2$ .

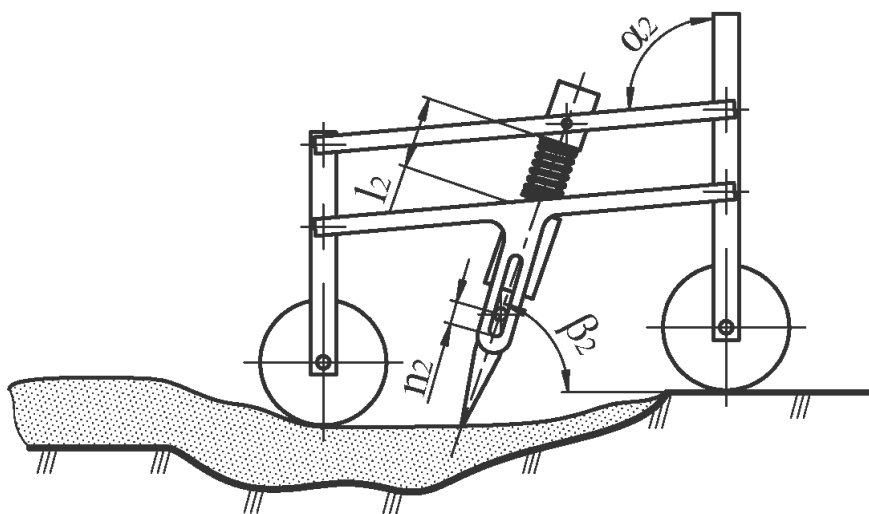


Рис. 4. Выбоины на пути передвижения снегоочистителя

Рассмотренные типовые случаи функционирования снегоочистителя иллюстрируют основное достоинство предлагаемой схемы – возможность копирования обрабатываемой ударным механизмом поверхности. Система независимых рычагов рамы навесной 2 (рис. 1), а также способ закрепления на ней ДПУМ 4 позволяют отслеживать как неровности самого дорожного

полотна, так и изменение толщины слоя  $l$  (рис. 3) уплотненного снега и льда на нем.

Следует отметить, что для случая на рис. 4 характерно уменьшение силы нажатия инструмента на обрабатываемую среду относительно величины в случаях на рис. 2 и рис. 3. Однако угол наклона  $\beta_2$  в этой ситуации наиболее близок к нормальному, в отличие от углов  $\beta_0$  и  $\beta_1$ . Таким образом, представляется необходимой разработка математической модели, описывающей взаимосвязи между силовым воздействием на обрабатываемую среду и усилием нажатия инструмента, а также углом наклона рабочего органа снегоочистителя.

В свою очередь возникает потребность в проведении исследований, направленных на рациональный выбор величин начального угла наклона рабочего органа  $\beta_0$  и диапазонов его изменения ( $\beta_1$ ;  $\beta_2$ ), которые обеспечат качественную очистку дорожной поверхности в рабочем диапазоне температур окружающей среды.

Очевидно, при математическом моделировании процессов работы оборудования должна также учитываться скорость перемещения рабочих органов по поверхности дорог.

Немаловажным направлением дальнейших исследований должен, кроме прочего, являться выбор характеристик ударного механизма (энергия единичного удара и частота ударов), которые обеспечат высокое качество очистки дорожного полотна от снежно-ледяных образований.

#### Список литературы

1. Куляшов, А.П. Зимнее содержание дорог: [учеб. пособие для вузов по специальности 190500 "Подъем.-трансп., строит. и дорож. машины и оборудование"] / А.П. Куляшов, Ю.Г. Молев, В.А. Шапкин; Федер. агентство по образованию, Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород: [б. и.], 2007. – 351 с.
2. Куляшов, А.П. Современные методы разрушения льда / А.П. Куляшов, Ю.И. Молев, В.А. Шапкин, А.В. Щепетов. – М.: Спутник +, 2005. – 135 с.
3. Абраменков, Э.А. Пневматические механизмы машин ударного действия: дроссельные, струйные, беззолотниковые, бесклапанные: справ. пособ. / Э.А. Абраменков, Д.Э. Абраменков. – Новосибирск, 1993. – 430 с.
4. Абраменков, Д.Э. Штоковые пневматические механизмы машин ударного действия: дроссельные, струйные, беззолотниковые, бесклапанные, комбинированные / Д.Э. Абраменков, Э.А. Абраменков, Ф.Ф. Кириллов, А.А. Кутумов // Томск: Изд-во Том. гос. архит. -строит. ун-та, 2008. – 435 с.

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО ПОДЪЕМНИКА ПАНТОГРАФНОГО ТИПА ТЕПЛОВИЗИОННЫМ МЕТОДОМ

В.С. Калининченко

*Томский государственный архитектурно-строительный университет*

В работе приведены результаты экспериментальных исследований подъемника пантографного типа, в том числе с применением тепловизионного (термоупругого) метода.

Исследуя напряженно-деформированное состояние металлоконструкции опытного образца подъемника пантографного типа (рис. 1), ставили задачу повышения информативности процесса экспериментальных исследований подъёмно-транспортных, строительных и дорожных машин.



Рис. 1. Общий вид опытного образца подъемника

Основные параметры подъемника: высота вертикального подъема 30 м, грузоподъемность 620 кг.

По разработанной программе и методике испытаний поставленная задача решалась одновременным применением нескольких известных методов экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния металлоконструкций машин.

Во-первых, предварительно физико-математическим моделированием выявлены наиболее нагруженные точки металлоконструкции, устанавливались первичные преобразователи измерительной информации, датчики деформаций (тензорезисторы), подключенные к измерительному комплексу регистрации и анализа измерительных данных.

Осциллограмму зафиксированных напряжений в месте установки тензорезисторов сопоставили с расчетными напряжениями в соответствующих точках физико-математической модели подъемника, рассчитанной методом конечных элементов. Результаты экспериментальных исследований нагружения первой секции подъёмника, в виде выкопировки из осциллограммы, и карта напряжений этой секции после теоретического расчёта представлены на рисунке 2.

Сравнение результатов теоретического расчёта и экспериментальных исследований методом тензометрии показал, что расхождения результатов не превышают  $\pm 20$  МПа, что составляет от 5 до 11 процентов погрешности для различных точек измерения [1].

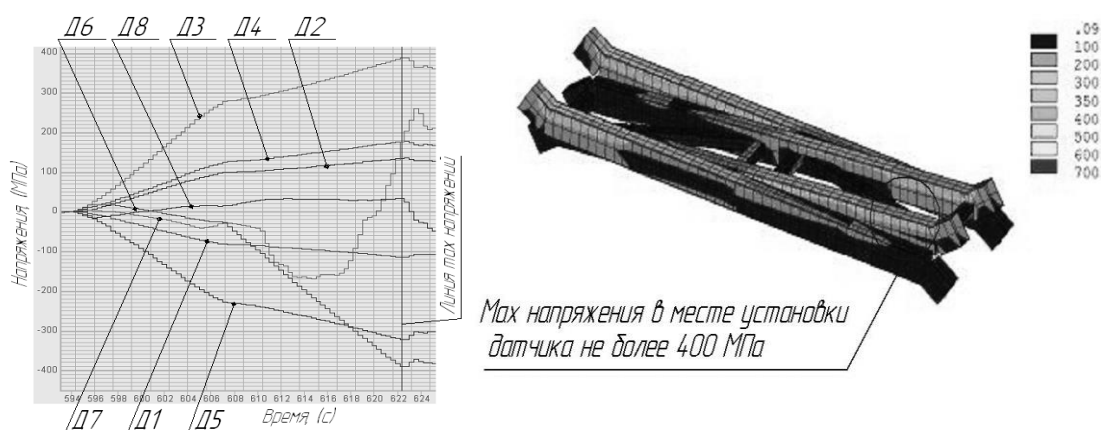


Рис. 2. Выкопировка из осциллограммы эксперимента и карта напряжений нижней секции подъемника после теоретического расчёта

Современные научные достижения предполагают и позволяют более широко привлекать и развивать принципы и методологию нелинейного физико-математического моделирования процессов деформирования, повреждения и разрушения как конструкционных материалов, так и высокорисковых объектов. Несомненно, создание научно обоснованной фундаментальной базы по нелинейному физико-математическому моделированию повреждений и разрушения высокорисковых объектов позволит значительно продвинуться в решении проблем безопасности и живучести сложных технических систем. В рамках машиноведения и инженерной механики такая проблема до сих пор не решена [2].

При механическом сжатии или растяжении, а также при разрушении в твердых телах возникают температурные градиенты, обусловленные

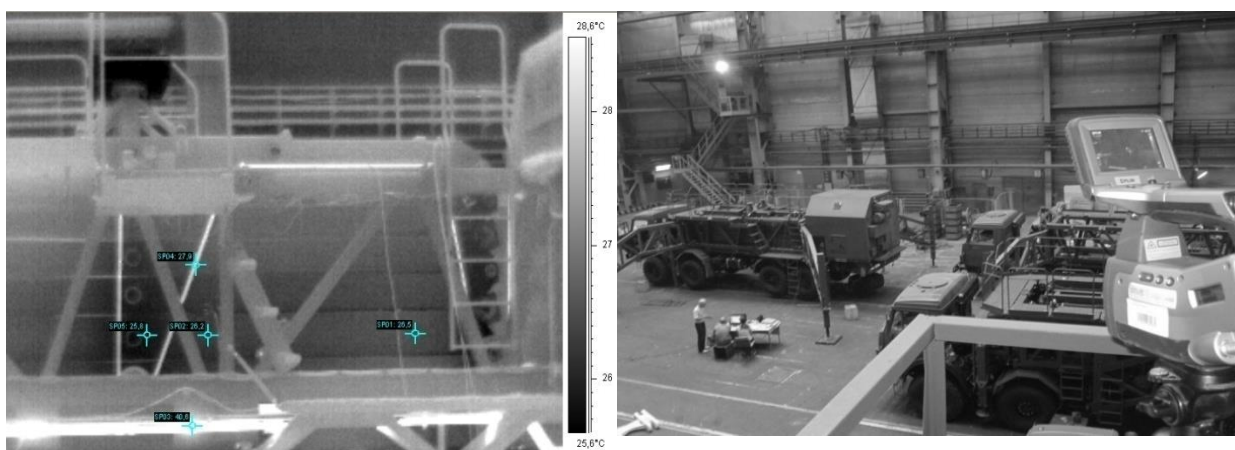
процессами преобразования механической энергии в тепловую. Выделение тепла может происходить либо вследствие механического гистерезиса, либо за счет пластической деформации [3].

В лабораторных условиях определили относительную единицу деформации, приходящуюся на  $0,1^{\circ}\text{C}$  тепловой картины. Для данного опыта были задействованы (рисунок 3): измерительный комплекс регистрации и анализа измерительных данных МІС-400, к которому подключен тензорезистор из той же партии, что использовали при испытании опытного образца



Рис. 3. Определение относительной единицы деформации, приходящейся на  $0,1^{\circ}\text{C}$  тепловой картины

подъемника, смонтированный на экспериментальную тензобалку; дистанционно-тепловую картину регистрировали тепловизором. Из набранной статистики нагружений тензобалки эталонными гирями после проведенных расчетов определили относительную единицу деформации, приходящуюся на  $0,1^{\circ}\text{C}$  тепловой картины:  $\varepsilon|_{0,1^{\circ}\text{C}} = 71,4 \cdot 10^{-5} (^{\circ}\text{C} / \text{оед})$ .



На рисунке 4 представлена одна из тепловых картин и фоторегистрация экспериментальных исследований мобильного подъемника пантографного типа.



Рис. 4. Проведение экспериментальных исследований металлоконструкции подъемника в испытательном павильоне

Напряженно-деформированное состояние металлоконструкции одновременно регистрировали методом тензометрии (как в статике, так и в динамике) в отдельных точках элемента конструкции, термоупругим методом (как в статике, так и в режиме медленной динамики) по всей конструкции машины, и методом фототензометрии (в статике). Сочетание приведённых методов регистрации с учётом их ограничений позволяет наиболее полно исследовать состояния элементов и конструкции машины в процессе испытаний. Анализ и обработка экспериментальных данных ведется в настоящее время.

#### Список литературы

1. Калиниченко В.С. Результаты экспериментальных исследований и анализ напряженного состояния металлоконструкции подъемника пантографного типа / В.С. Калиниченко, В.Г. Ананин // ИНТЕРСТРОЙМЕХ-2012: материалы Международной научно-технической конференции, 2-4 октября 2012 г., Россия, Ижевск. С. 3-6.
2. Прочность, ресурс, живучесть и безопасность машин / Отв. ред. Н.А. Махутов. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2008. 576 с.
3. Вавилов В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль / В.П. Вавилов. М.: ИД Спектр, 2009. 544 с.

## Секция 7. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

**Председатель секции:** кандидат физико-математических наук, заведующая кафедрой «Прикладная математика» Дудник Евгения Александровна

### ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ КОШИ С КРАЕВЫМИ УСЛОВИЯМИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ НА АТОМНОМ УРОВНЕ

А.Н. Бузмаков, Е.А. Дудник

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

В настоящее время при исследованиях в физике успешно применяются три основных подхода: теория, реальный эксперимент и компьютерное моделирование. В то же время при использовании теоретических и экспериментальных методов возникает множество проблем, решение которых оказывается трудным, дорогостоящим, а в ряде случаев неразрешимым. Компьютерное моделирование позволяет решить эти проблемы.

Целью данной работы является: моделирование взаимодействия атомов в кристаллической решетке методом молекулярной динамики (МД) [4] и расчет энергетических характеристик кристалла.

Метод молекулярной динамики основан на прямом расчете координат и скоростей атомов в процессе временной эволюции системы и используется для определения необходимых характеристик и свойств материала.

Динамика  $N$  взаимодействующих атомов в классическом приближении описывается системой дифференциальных уравнений второго порядка (уравнение Ньютона):

$$m_i \frac{d^2 r_i}{dt^2} = F_i(r_i), \quad i = 1, \dots, N. \quad (1)$$

Либо система дифференциальных уравнений первого порядка

$$m_i \frac{dv_i}{dt} = F_i(r_i), \quad \frac{dr_i}{dt} = v_i, \quad (2)$$

где  $m_i$ ,  $r_i$ ,  $v_i$  – масса, координата и скорость  $i$  частицы,  $i = 1, \dots, N$ ,  $F_i$  – сила, действующая на нее, определяется как:

$$F_i(r_i) = - \frac{\partial U(r_i)}{\partial r_i}; \quad (3)$$

где  $U(r_i)$  – парный межатомный потенциал [1].

Функция  $U$  обуславливает физические свойства исследуемой системы и задается исходя из определенных теоретических моделей. В настоящее время исследования межатомного взаимодействия на основе решения квантово-механических уравнений для электронной подсистемы возможны лишь для системы с небольшим числом частиц (до нескольких сотен). В МД расчетах больших систем используются классические потенциалы взаимодействия.

В данной работе был применен потенциал Клери-Розато (ТВ-потенциал) [2]



$$U_C = \sum(U_R^i + U_B^i), \quad (4)$$

где

$$U_R^i = \sum_j A_{\alpha\beta} e^{-p_{\alpha\beta} \left( r_{ij} / r_0^{\alpha\beta-1} \right)} ;$$

$$U_B^i = - \left\{ \sum_j \xi_{\alpha\beta}^2 e^{-2q_{\alpha\beta} \left( r_{ij} / r_0^{\alpha\beta-1} \right)} \right\}^{\frac{1}{2}} .$$

Здесь:

$A, p, q, \xi, r_0 = a_0 / \sqrt{2}$  – параметры потенциала;  $r_{ij}$  – расстояние между  $i$ -м и  $j$ -м атомами;  $a_0$  – параметр решетки [1].

Начальные условия из задачи Коши (1), (2) определяют состояние системы.

$$t_0 = 0; v_i^0(t_0) = 0;$$

$$x_i^0, y_i^0, z_i^0; i = 0, \dots, N.$$

Начальное расположение атомов в трехмерной системе координат представлено на рисунке 1.

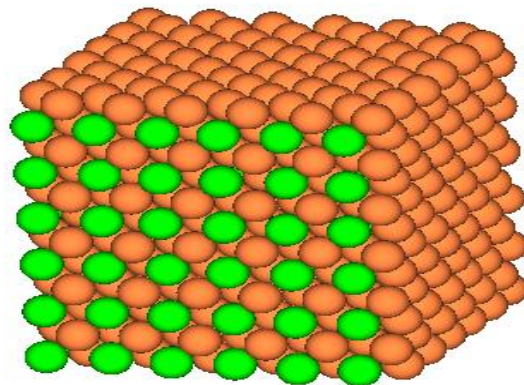


Рисунок 1

Решая эту задачу, можно определить смещение атомов в системе по трем координатам  $x, y, z$ :

$$F(x) = F(x + lx);$$

$$F(y) = F(y + ly);$$

$$F(z) = F(z + lz),$$

где  $lx, ly, lz$  смещение.

Для численного интегрирования динамических уравнений используются схемы конечно разностных аппроксимаций. Наибольшее распространение

получили схемы, в которых ошибка аппроксимации второй производной  $d^2\vec{r}_i/dt^2$  проходит по разностной схеме второго порядка [3].

$$\frac{\vec{r}_i(t + \Delta t) - 2\vec{r}_i(t) + \vec{r}_i(t - \Delta t)}{\Delta t^2} = \vec{F}_i(t),$$

где  $\Delta t$  – шаг численного интегрирования.

Такой схемой может являться схема Рунге-Кутты четвертого порядка точности по координатам и скоростям

$$\begin{aligned} k_1^v &= \Delta t \frac{F_i(t)}{m_i}; \\ k_2^v &= k_3^v = \Delta t \frac{F_i(t)}{m_i} + \frac{F_i(t) - F_i(t + \Delta t)}{2m_i}; \\ k_4^v &= \Delta t \frac{F_i(t)}{m_i} + \frac{F_i(t) - F_i(t + \Delta t)}{m_i}; \\ \vec{r}_i(t + \Delta t) &= \vec{r}_i(t) + \frac{k_1^v + 2k_2^v + 2k_3^v + k_4^v}{6}; \\ k_1^r &= \Delta t \frac{F_i(t)}{m_i}; \\ k_2^r &= \Delta t \left( v_i(t) + \frac{k_1^v}{2} \right); \\ k_3^r &= \Delta t \left( v_i(t) + \frac{k_2^v}{2} \right); \\ k_4^r &= \Delta t (v_i(t) + k_3^v); \\ \vec{v}_i(t + \Delta t) &= \vec{v}_i(t) + \frac{k_1^r + 2k_2^r + 2k_3^r + k_4^r}{6}. \end{aligned}$$

В результате моделирования были получены следующие результаты:



Рисунок 2

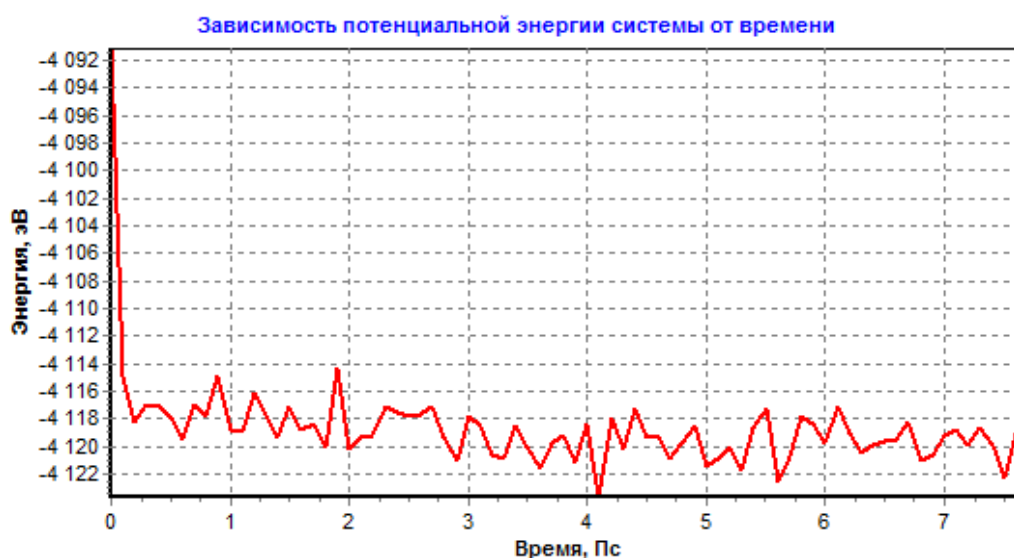


Рисунок 3

На рисунке 1 представлена трехмерная модель кристаллической решетки металла Ni-Al. Через определенное время система приходит к устойчивому равновесному состоянию, что показано на рисунках 2 и 3.

На рисунке 2 представлено изменение импульса со временем, под воздействием температуры.

На рисунках 3 изображена зависимость потенциальной энергии системы от времени.

В данной работе для расчета энергии был использован потенциал Клери-Розато (5). Он дает более точный результат, чем потенциал Морзе [2], т.к. является многочастичным (учитывает больше параметров).

Таким образом, для моделирования молекулярной динамики была разработана программа «Моделирование процессов». Она позволяет смоделировать трехмерное представление кристаллической решетки, рассчитать ее энергию и получить результаты эксперимента, для которого на практике потребовалось бы большое количество времени и средств.

#### Список литературы

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978. – 789 с.
2. Исупова И.Л., Няшина Н.Д. Математическое моделирование систем и процессов. 2008. №16, 42 с.
3. Норман Г.Э., Стегайлов В.В. Наноструктуры // Математическая физика и моделирование, 2011, том 4, №1, 31-58.
4. Товбин Ю.К. Метод молекулярной динамики в физической химии. – М.: Наука, 1996 – 334 с.

## ПЛАНИРОВАНИЕ ЗАТРАТ КОРМОВОЙ БАЗЫ

Н.Б. Корженко

*Рубцовский индустриальный институт (филиал)  
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический  
университет им. И.И. Ползунова»*

Ручной учет и планирование кормовой базы, а также составление отчетов предоставляет собой достаточно трудоемкую и сложную процедуру. Наибольшую трудность вызывают расчеты при большом количестве информации, а также большом количестве его разновидностей. Для решения подобных задач широко применяется компьютерное моделирование, позволяющее автоматизировать эту работу и, таким образом, ускорить ее и снизить количество возникающих ошибок.

Целью работы является разработка программного продукта «Планирование затрат кормовой базы», предназначенного для автоматизированного учета и планирования запасов, сырья, кормов на сельскохозяйственных предприятиях. Задача позволяет хранить информацию о кормах, питательных элементах, нормативах, вести учет прихода и расхода кормов, планировать рацион, просматривать данные о кормах и поставщиках, которые поставляют данный корм. Данный программный продукт позволяет выводить на печать и на экран отчеты: список кормов на складе, список питательных элементов в кормах, список поставщиков, журнал поставок, содержание рациона. Программа написана на языке программирования Object Pascal в среде Borland Delphi .

Для генерации отчетов и видеogramм необходимо вычислить расчетную стоимость кормов. Она вычисляется с помощью двойственного симплекс-метода.

$$c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \geq b_m \end{cases} \quad (2)$$

$c_n$  – стоимость продукта;  $x_n$  – количество корма;  $a_{mn}$  – питательные элементы;  $b_n$  – нормативы питательных веществ.

Алгоритм двойственного симплекс-метода

1. Выбирают разрешающую строку по наибольшему по абсолютной величине отрицательному элементу столбца свободных членов;

2. Выбирают разрешающий столбец по наименьшему по абсолютной величине отношению элементов L строки к отрицательным элементам разрешающей строки;

3. Пересчитывают симплексную таблицу по правилам обычного симплекс-метода;

4. Решение проверяют на оптимальность. Признаком получения допустимого оптимального решения является отсутствие в столбце свободных членов отрицательных элементов.

Замечания:

1. Если в разрешающей строке нет ни одного отрицательного элемента, задача неразрешима.

2. Если ограничения задачи заданы неравенствами типа « $\geq$ », двойственный симплекс-метод позволяет избавиться от необходимости введения искусственных переменных.

Наибольшую трудность вызывают расчеты при большом количестве информации. Для решения подобных задач широко применяются программы, позволяющие автоматизировать эту работу, таким образом, ускорить ее, и снизить количество возникающих ошибок. С этой целью разработано программное обеспечение «Планирование и учет кормовой базы» (рис. 2).

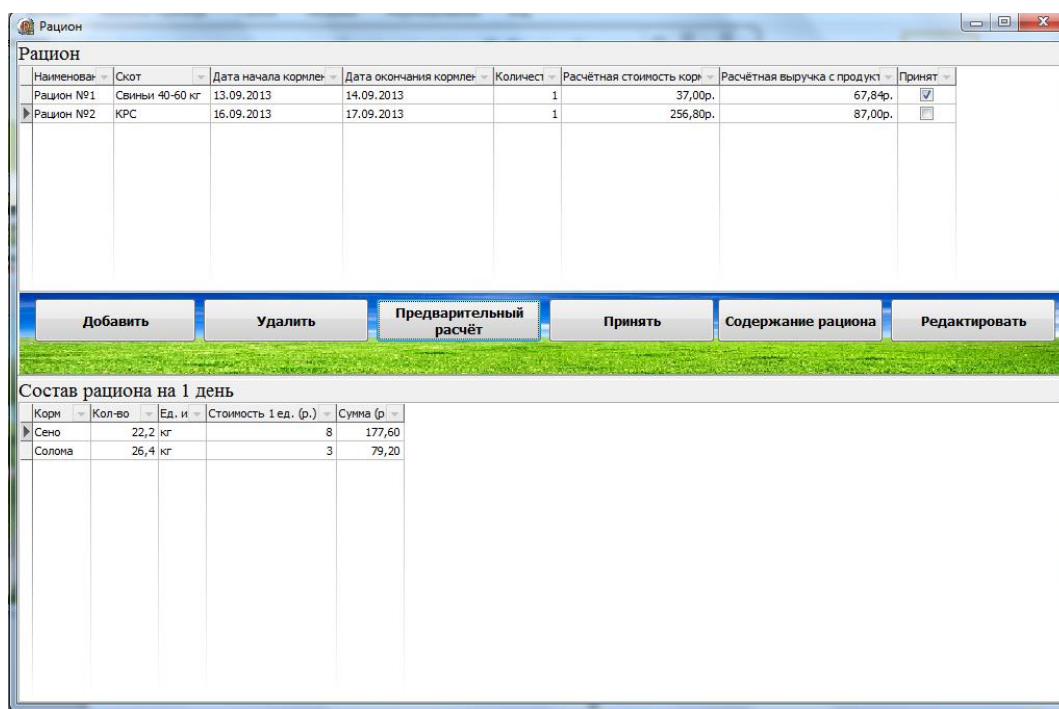


Рис. 2. Диалоговое окно данных о рационе

#### Выводы:

Разработан программный продукт – позволяющий оптимизировать затраты на кормовую базу. Результаты могут быть полезны предпринимателям и владельцам личных подсобных хозяйств.

#### Список литературы

1. Лукьянов П.Б. Методика и средство оптимизации кормовой базы на основе учёта «кормового эффекта» // Эффективное Животноводство. 2010. №1.
2. Лукьянов П.Б. Новые показатели экономической эффективности кормовой базы // Интеграл. 2010. №5.
3. Лукьянов Б.В., Лукьянов П.Б. Новая информационная технология оптимизации рационов для сельскохозяйственных животных (Компьютерные программы «КОРАЛЛ»): Учебно-методическое пособие – М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2009.
4. Лукьянов П.Б. Оптимизация кормовой базы через оптимизацию рационов // Эффективное животноводство. 2008. №6.
5. Лукьянов Б.В., Лукьянов П.Б. Оптимизация кормовой базы с программами «КОРАЛЛ» // Агрорынок, спецвыпуск. 2007. №2.

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОБОРОТНОГО КАПИТАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ**

Е.К. Кудрявцева, Т.М. Обухович

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО  
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

Грамотное планирование оборотных средств – это одна из важных задач любого предприятия, без которого невозможно его нормальное функционирование, а также своевременный выпуск запланированного объема продукции. Оборотные средства – это активы предприятия, которые в результате хозяйственной деятельности полностью переносят свою стоимость на готовый продукт [2].

С точки зрения эффективности производства объем оборотных средств должен быть оптимальным, т.е. достаточным для обеспечения бесперебойного производственного процесса, но в то же время минимальным, не ведущим к образованию сверхнормативных запасов, замораживанию средств, росту издержек производства и реализации продукции [3].

Важнейшим элементом планирования оборотных средств является механизм определения потребности в оборотном капитале, определения собственных средств, направленных на его формирование, а также нахождения оптимальных соотношений между кредитами банков и давальческим сырьем, при нехватке собственных оборотных средств. Значительная роль в решении этой проблемы отводится математическому и компьютерному моделированию, а также решению задачи оптимизаций.

Используя компьютерные расчеты, математическое моделирование и решая задачу оптимизаций, можно ускорить процесс расчета и планирования оборотных средств.

Задача оптимизации формирования оборотного капитала включает обеспечение необходимого объема средств для осуществления текущей деятельности при ограничениях на размер средств по каждому из рассматриваемых источников и при условии, что средняя цена капитала, авансированного в оборотные средства, является минимальной  $\overline{SK}$  – средняя цена капитала, это плата за использование того или иного источника финансирования предприятия. Каждый из таких источников имеет цену. Она выражается в процентах к величине используемого капитала.

В качестве ограничений на размер средств по каждому источнику финансирования в данной модели предлагается его предельная доля в общей сумме дефицита оборотных средств. Формализованное описание задачи оптимизации представлено ниже:

целевая функция:

$$\overline{SK} = \frac{\sum_{l=1}^L SQ_l^t}{\sum_{l=1}^L Q_l^t} \times 100 \rightarrow \min \quad (1)$$

ограничения:

$$1) Z^T = PR^t + \sum_{l=1}^L Q_l^t; \quad (2)$$

$$2) Y_l^t \leq Y_{l\max}^t$$

где  $Y_l^t$  – доля l-го источника по финансированию дефицита оборотных средств в общей сумме дефицита в месяц t;

$Y_{l\max}^t$  – предельная доля каждого источника, которая может быть направлена на покрытие дефицита оборотных средств в месяце t.

Преобразуем целевую функцию и ограничения:

$$\sum_{l=1}^L Q_l^t = Q_0^t \quad (3)$$

$$SQ_l^t = A_l^t \times C_l^t \quad (4)$$

где  $A_l^t$  – некая константа, «вес» источника финансирования дефицита оборотного капитала  $l$  в месяце  $t$ ;

$C_l^t$  – значение источника финансирования дефицита оборотного капитала  $l$  в месяце  $t$ ;

$Q_0^t$  – сумма дефицита оборотных средств в месяце  $t$ .

Тогда

целевая функция:

$$\overline{SK} = \frac{\sum_{l=1}^L A_l^t \times Q_l^t}{Q_0^t} \times 100 \rightarrow \min \quad (5)$$

ограничения:

$$1) Z^T = PR^t + Q_0^t$$

$$2) Q_l^t \leq Y_{l \max}^t \times Q_0^t \quad (6)$$

$$3) \sum_{l=1}^L Q_l^t = Q_0^t$$

Введем новые обозначения:

$$X_0^t = \frac{1}{Q_0^t} \quad (7)$$

$$X_l^t = \frac{Q_l^t}{Q_0^t} \quad (8)$$

где  $X_0^t$  – доля единицы денег для финансирования дефицита оборотного капитала в месяце  $t$ ;

$X_l^t$  – доля  $l$ -го источника финансирования дефицита оборотного капитала в месяце  $t$ .

Тогда

целевая функция:

$$\overline{SK} = \sum_{l=1}^L A_l^t \times X_l^t \times 100 \rightarrow \min \quad (9)$$

ограничения:

$$1) (Z^T - PR^t) \times X_0^t = 1$$

$$2) X_l^t \leq Y_{l \max}^t \quad (10)$$

$$3) \sum_{l=1}^L X_l^t = 1$$

Таким образом, мы преобразовали задачу дробно-линейного программирования представленную формулами: (1) и (2) к задаче линейного программирования формулы: (9) и (10), которая решается симплекс – методом. Решением задачи линейного программирования будут доли каждого источника финансирования в дефиците оборотных средств в месяце  $t$ , произведя обратную замену, мы получим значения каждого источника финансирования, направленного на устранение дефицита оборотных средств в месяце  $t$ .

Нахождение планируемого оборотного капитала и при необходимости минимизация затрат на покрытие дефицита средств является важной задачей, так как повышает конкурентно способность предприятия и дает возможность за



короткий срок спрогнозировать различные состояния работоспособности предприятия.

#### Список литературы

1. Моисеев Н.Н., Иванилов Ю.П., Столярова Е.М., Методы оптимизации. М.: Наука, 1983.
2. Селезнева Н.Н., Ионова А.Ф. Финансовый анализ. Управление финансами: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. – 639 с.
3. Егоров Ю.Н., Варакута С.А. Планирование на предприятии. М., 2001.

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНА ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Д.А. Панчин, Т.М. Обухович

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский  
государственный технический университет им. И.И. Ползунова»*

Оптимизация и полная интеграция процессов управления цепью поставки от стратегического до оперативного планирования являются непростой задачей для интегрированных промышленных предприятий. Для решения проблем преследуются следующие цели: улучшение готовности поставки для клиентов при одновременном сокращении времени на подготовку и снижении запасов, оптимизация загрузки оборудования, а также обеспечение конкурентоспособных сбытовых цен при минимальных производственных и подготовительных затратах.

Доминирующий характер управленческих задач в автоматизированной системе технологической подготовки производства, целью которых является не только повышение гибкости процессов управления, но и сокращение организационных издержек производства, в структуре производственного, технологического циклов изготовления продукции при использовании современных автоматизированных производственных систем. Это накладывает определенные требования по адекватности представления моделей технологического и производственного процессов – точности и полноте представления информации на различных этапах жизненного цикла изделий, возможность управления ходом технологического процесса в плане его оптимизации как динамичной задачи управления производством во времени.

С этой точки зрения, традиционное решение задач известной цепочки «Планирование – Управление – Диспетчирование» требует пересмотра от их, существующего на сегодняшний день, локального представления к методам интеграции и созданию системных принципов их взаимосвязи в общей структуре компьютеризированного управляемого производственного процесса. В настоящее время к задачам динамического характера можно отнести лишь задачи управления оборудованием и диспетчирования. Задачи проектирования технологических процессов и планирования не связаны между собой,

отличаются составом критериев и ограничений собственных моделей, что вносит определенные проблемы в управляемость и оптимизацию производственного процесса в целом.

Оперативно-календарное планирование (ОКП), по сути, является организующим звеном, принятыми на производстве организационными особенностями функционирования элементов изготовления номенклатуры, деталей и управлением производственного процесса.

Тем самым, от точности представления информации, как по номенклатуре изделий, так и по параметрам оперативных планов в ОКП, методов решения задач планирования, от адекватности математических моделей подсистем ОКП зависят точность формируемых плановых заданий и, в последующем, управления объектами производства, что влияет на эффективность производство в целом. Поэтому решение поставленных задач, направленных на повышение эффективности функционирования промышленного предприятия, является крайне актуальной проблемой.

При значительной разнице в современных структурах промышленного производства и принципиальном отличии в технологических циклах производства различных отраслей существует необходимость изучения особенностей загрузки производственных мощностей предприятий и построения на их основе экономико-математических моделей.

Модели оптимальной загрузки производственного оборудования относятся к линейно-программным моделям, которые могут быть успешно использованы для текущего планирования. На основе этих моделей отыскивается оптимальный вариант формирования или распределения производственной программы по группам оборудования, позволяющий улучшить технико-экономические показатели работы предприятия, повысить коэффициент загрузки оборудования.

Одним из основных путей повышения коэффициента загрузки оборудования является составление производственного расписания его работы, контроль выполнения и оперативная коррекция расписания.

$j$  – индекс (номер) вида производимой продукции или осуществляемых деталяеопераций. В общем случае –  $j=1, \dots, n$ , где  $n$  – общее число производимых видов продукции.

Коэффициенты затрат времени обработки детали  $j$ -го вида на оборудовании  $i$ -й группы (для удобства можно рассчитывать затраты на обработку 10, 100 шт. и т.д.) рассчитываются па базе технологической нормы времени обработки детали рассматриваемого вида на определенной группе станков с учетом планового коэффициента выполнения прогрессивных норм по следующей формуле:

$$a_{ij} = f_{ij} \gamma_j \beta, \quad (1)$$

где  $f_{ij}$  – технологическая норма времени обработки детали вида  $j$  на оборудовании  $i$ -й группы (в станко-час);

$\gamma_j$  – плановый коэффициент выполнения норм на  $i$ -й группе оборудования;

$\beta$  – коэффициент приведения норм к прогрессивному уровню.

$A_i$  – полезный фонд времени (в станко-час) по  $i$ -й группе.

Расчет осуществляем по формуле:

$$A_i = \sum_{l=1}^{q_i} f_i^l \quad (2)$$

В принятых обозначениях имеем следующую систему ограничений модели оптимальной загрузки мощностей:

потребность в фонде времени работы оборудования не должна превышать действительного фонда времени

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + y_i = A_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (3)$$

здесь  $y_i$  – величина резерва времени по  $i$ -й группе оборудования, этот «резерв» образуется, если имеет место недогрузка оборудования группы  $i$ ;

ограничения неотрицательности переменных

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \quad (4)$$

Система ограничений модели оптимизации загрузки взаимозаменяемых групп оборудования содержит:

баланс между необходимым и располагаемым фондами времени по каждой группе оборудования

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{ij} x_{ij} \leq A_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (5)$$

ограничения неотрицательности

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (6)$$

ограничения на выпуск продукции всех видов

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = B_j, \quad j = 1, \dots, n \quad (7)$$

Функция цели – максимум суммарной прибыли от производства всей продукции:

$$\max P = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m p_{ij} x_{ij} \quad (8)$$

При решении задачи на минимум затрат станочного времени в ограничениях и критерии оптимальности будут использоваться одни и те же показатели  $\lambda_{ij}$  (станко-час/шт.), т.е. целевая функция примет вид:

$$\min Y = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \lambda_{ij} x_{ij} \quad (9)$$

Практически важным является случай, когда распределительная задача сводится к транспортной задаче линейного программирования. Транспортная задача есть частный случай  $\lambda$  – задачи при всех  $\lambda_{ij} = 1$ .

Данная модель может быть успешно использована для текущего планирования, а также на основе этой модели отыскивается оптимальный вариант формирования или распределения производственной программы по группам оборудования.

На примере построенной модели можно сделать вывод, что благодаря модели оптимальной загрузки производственных мощностей, предприятие будет нести минимальные издержки при производстве продукции или получать максимальную прибыль, в зависимости от выбранного критерия.

### Список литературы

1. Пелих А.С. Экономико-математические методы и модели в управлении производством / Л.Л. Терехов, Л.А. Терехова. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 248 с.
2. Есаулов В.Н. Оперативно-календарное планирование и диспетчирование: учебное пособие / В.Н. Есаулов, С.Г. Чернета; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 98 с.
3. Шелобаев С.И. Ш44 Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе: Учеб. пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 367 с.
4. Загидуллин Р.Р. Система оперативно-календарного планирования автоматизированного механообрабатывающего мелкосерийного производства на основе комплексных моделей – диссертация... доктора техн. наук : 05.13.06. – Москва: РГБ, 2007.
5. (Из фондов Российской государственной библиотеки) – 451 с.

### **АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В DELPHI**

О.С. Ситник

*Рубцовский индустриальный институт (филиал)  
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический  
университет им. И.И. Ползунова»*

В работе представлен программный продукт, демонстрирующий графические возможности в инструментальной среде Delphi.

### ВВЕДЕНИЕ

В последнее время мы замечаем большой скачок в развитии новых, более мощных компьютеров, способных вычислять огромные потоки информации в считанные секунды. А вместе с ними развиваются многие отрасли программирования, и одной из них является программирование компьютерной графики.

Настоящая работа демонстрирует графические изображения в среде программирования Delphi, что актуально для наглядного показа графических возможностей Delphi. Программа поможет быстро и доходчиво объяснить обучающимся, с чего начать изучение графики, а также выступит стимулом для дальнейшего изучения графических возможностей Delphi.

Целью работы является создание программы, которая будет демонстрировать графику Delphi.

#### МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ

Программа разработана в среде Delphi на языке Pascal.

Рассмотрим подробней ход создания программы.

На рисунке 1 изображены компоненты, необходимые для создания анимированного изображения.

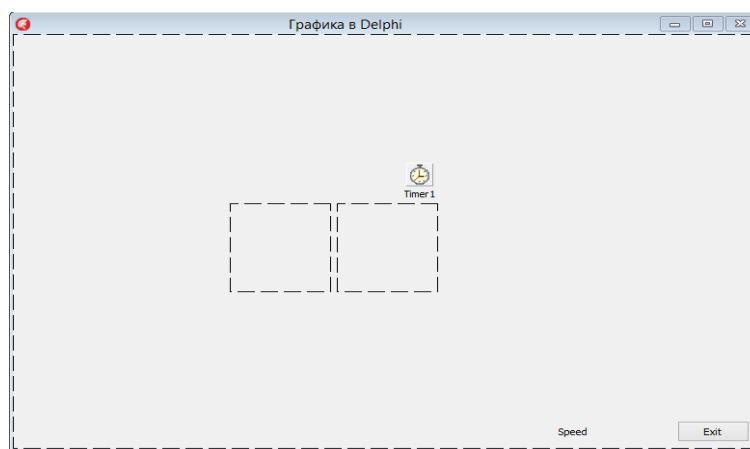


Рисунок 1

Мы видим четыре компонента TImage для отображения изображения (четвертый находится под ними), компонент TTimer для задания интервала перерисовки, кнопку TBitBtn для изменения скорости перерисовки объектов и кнопку TButton для выхода из программы.

В каждый из TImage при запуске программы загружается соответствующее изображение. Продемонстрируем код:

```
Image2.Picture.LoadFromFile('image3.bmp');
```

В программе предусмотрено изменение скорости передвижения графических объектов. Чтобы изменить скорость от более медленной к более быстрой, требуется несколько раз нажать на кнопку Speed. Продемонстрируем код:

```
if Timer1.Interval>100 then  
Timer1.Interval:=Timer1.Interval-100  
else  
Timer1.Interval:=1000;
```

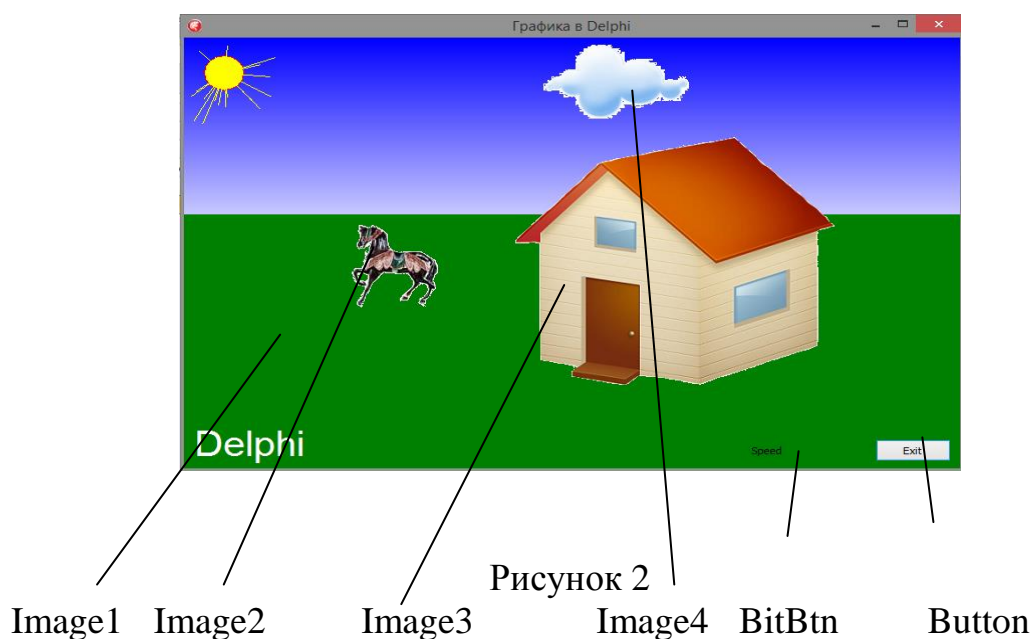
Также в программе создаются объекты, которые рисуют солнце, небо, землю, и надпись «Delphi». Продемонстрируем код, который рисует в нижнем углу надпись «Delphi»:

```

image1.Canvas.Pen.Color:=clGreen;
image1.Canvas.Brush.Color:=clGreen;
image1.Canvas.Rectangle(0,200,image1.Width,image1.Height);
image1.Canvas.Font.Color:=clwhite;
image1.Canvas.Font.Size:=30;
Image1.Canvas.Font.Name:='Arial';
image1.Canvas.TextOut(10,Image1.Height-50,'Delphi');

```

В результате мы получили программу (рисунок 2), которая демонстрирует элементарные графические возможности Delphi, а именно анимированное изображение, и для этого нам потребовалось три изображения и минимум кода, это является несомненным преимуществом данной среды программирования.



Изучение работы с графикой является не только очень важной задачей в современном мире, но и очень интересной. С помощью графики создаются мультфильмы и игры. Компьютерная графика применяется при создании фильмов, насыщенных экшн-сценами, и во многих других отраслях. Но чтобы создать что-то красивое и достаточно сложное, в любом деле для начала нужно изучить простое и затем осваивать более сложное в этом направлении. Поэтому данная программа отлично подходит для демонстрации простых, быстро усваиваемых графических возможностей в среде программирования Delphi.

Представленная методика создания оригинальных графических изображений может быть использована в процессе обучения на уроках программирования при написании приложения.

#### Список литературы

1. Delphi 7 / Под общ. ред. А.Д. Хомоненко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 1216 с.: ил.

2. Краснов М. OpenGL. Графика в проектах Delphi. – СПб.: БХВ – Петербург, 2002. – 352 с.: ил.

## **АЛГОРИТМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СОЗДАНИИ АУДИОПЛЕЕРА**

Д.А. Токарев

*РИИ (филиал) ФГБОУ ВПО «АлтГТУ им. И.И. Ползунова»*

Множество людей по всему миру ежедневно слушают музыку. Иногда мы слушаем её с компактдисков, иногда – с жёсткого диска, иногда онлайн. Но, к сожалению, проанализировав аналогичные продукты, мы не обнаружили поистине универсальные аудиоплееры, подходящие одновременно для столь различных способов прослушивания. Именно поэтому и была намечена цель: создать универсальную и современную программу, посредством которой было бы очень удобно, независимо от источника, без лишних усилий, наслаждаться любимыми композициями.

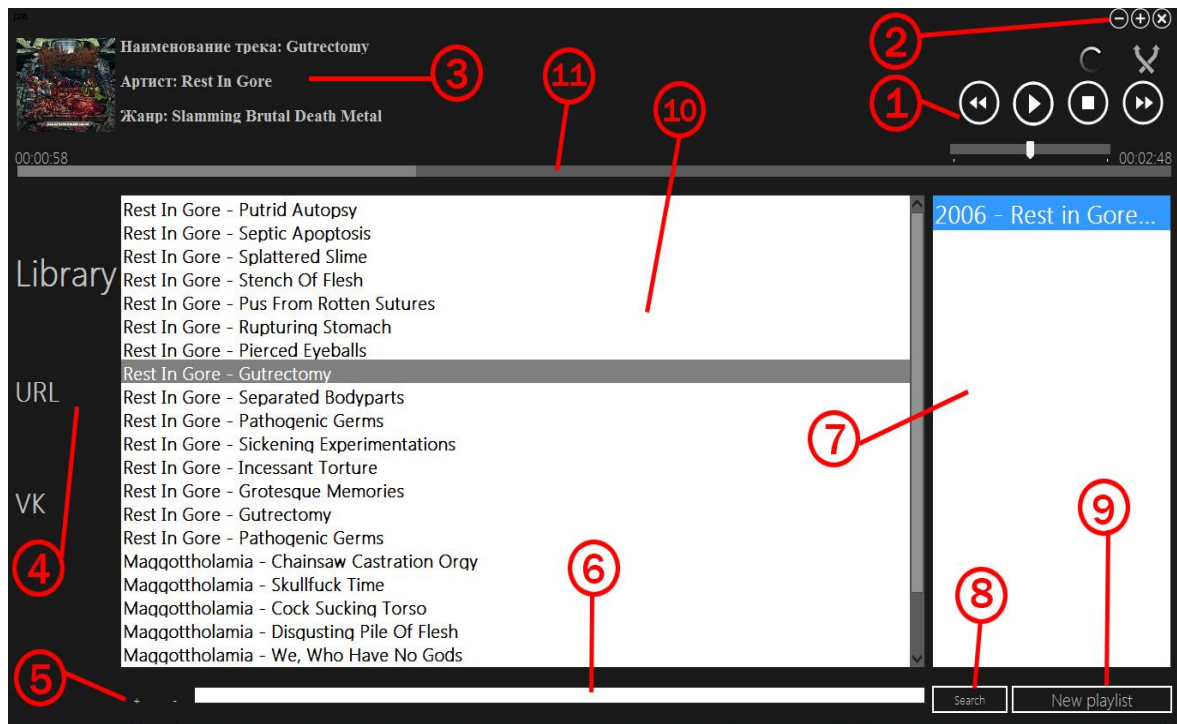
Изучив аналоги, помимо обязательных функций, таких как: воспроизведение, пауза, переключение на следующий и предыдущий файлы, воспроизведение в случайном порядке, повтор, регулировка громкости и отображение прогресса воспроизведения – были выявлены дополнительные функции для реализации:

- В AIMP работа со списками воспроизведения и закладками, функции Drag and Drop.
- В Meridian работа с плейлистами из vk.com.
- В MusicBee и Zune прослушивание интернет радиостанций.
- Также в изученных аналогах были функции поиска, показ обложки альбома, автоматический переход на следующий трек.

Таким образом, данная задача осуществляет следующие функции:

- 1) Стандартные для плееров функции (воспроизведение, пауза, стоп, следующий и предыдущий треки);
- 2) Работа с плейлистами;
- 3) Работа с плейлистами из vk.com;
- 4) Воспроизведение интернет-радио;
- 5) Показ обложки альбома и тегов;
- 6) Автоматический переход на следующий трек;
- 7) Поиск трека;
- 8) Повтор трека;
- 9) Drag and Drop.

На приведённом ниже изображении указаны элементы интерфейса:



- 1 – Кнопки управления воспроизведением.
- 2 – Кнопки управления окном.
- 3 – Информация о треке.
- 4 – Выбор режима работы.
- 5 – Кнопки добавления/удаления.
- 6 – Строка поиска аудиофайла.
- 7 – Список плейлистов.
- 8 – Кнопка поиска.
- 9 – Кнопка добавления плейлиста.
- 10 – Плейлист.
- 11 – Полоса прокрутки.

Программа Play.me реализована в среде XE3 на языке программирования Delphi. Может храниться на гибких и жестких магнитных дисках, твердотельных накопителях (SSD), flash девайсах.

При создании были использованы следующие внешние модули:

Jpeg — позволяет работать с изображениями формата jpeg  
 Bass — библиотека обеспечивает работу с потоками (MP3, MP2, MP1, OGG, WAV, AIFF), MOD файлами (XM, IT, S3M, MOD, MTM, UMX), MO3 файлами (mp3, ogg и сжатых MOD файлов), функциями записи, редактирования тегов аудиофайлов конвертирования популярных форматов, «граббинг» AudioCD, потребляя малое количество системных ресурсов.

BassFlac — позволяет воспроизводить flac файлы.

ID3Library — Чтение тегов ID3v2.3.

Минимальные системные требования.



- Операционная система Windows Vista и выше.
- Не менее 512 МВ ОЗУ.
- Не менее 27 МВ места на жестком диске для установки и хранения программы.
- Монитор и видеокарта компьютера должны обеспечивать разрешение 1024x768 и больше, а также цветовую гамму 32 bit.

Исходя из вышеизложенного, вы видите, что программа была реализована в полной мере, все функции, что планировались на начальных этапах разработки присутствуют в конечном продукте и что поставленная цель достигнута.

#### Список литературы

1. Документация по API vk.com <http://vk.com/developers.php>
2. Библиотека BASS <http://www.un4seen.com/bass.htm>
3. Краткий справочник по Windows API [www.codenet.ru/progr/delphi/WinAPI/](http://www.codenet.ru/progr/delphi/WinAPI/)

### **АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ОТНОШЕНИЙ КЛЕТОК НА ИГРОВОМ ПОЛЕ ИГРЫ «ЖИЗНЬ»**

Д.А. Токарев

*РИИ (филиал) ФГБОУ ВПО «АлтГТУ им. И.И. Ползунова»*

Джон Конвей заинтересовался проблемой, предложенной в 1940-х годах известным математиком Джоном фон Нейманом, который пытался создать гипотетическую машину, которая может воспроизводить сама себя. Джону фон Нейману удалось создать математическую модель такой машины с очень сложными правилами. Конвей попытался упростить идеи, предложенные Нейманом, и, в конце концов, ему удалось создать правила, которые стали правилами игры «Жизнь».

Место действия этой игры – «вселенная» – размеченная на клетки поверхность фигуры Тора.

Каждая клетка на этой поверхности может находиться в двух состояниях: быть «живой» или быть «мёртвой». Клетка имеет восемь соседей.

Распределение живых клеток в начале игры называется первым поколением. Каждое следующее поколение рассчитывается на основе предыдущего по таким правилам:

- в пустой (мёртвой) клетке, рядом с которой ровно три живые клетки, зарождается жизнь;
- если у живой клетки есть две или три живые соседки, то эта клетка продолжает жить; в противном случае (если соседей меньше двух или больше трёх) клетка умирает («от одиночества» или «от перенаселённости»).

Игра прекращается, если на поле не останется ни одной «живой» клетки, если при очередном шаге ни одна из клеток не меняет своего состояния (складывается стабильная конфигурация) или если конфигурация на очередном

шаге в точности (без сдвигов и поворотов) повторит себя же на одном из более ранних шагов (складывается периодическая конфигурация).

Хотя игра состоит всего из двух простых правил, тем не менее, она более сорока лет привлекает пристальное внимание учёных. Игра «Жизнь» и ее модификации повлияла (в ряде случаев взаимно) на многие разделы таких точных наук, как математика, информатика, физика, в частности на теорию автоматов, теорию алгоритмов, теорию игр и математическое программирование, алгебру и теорию чисел, теорию вероятностей и математическую статистику, комбинаторику и теорию графов, фрактальную геометрию и др.

Кроме того, многие закономерности, обнаруженные в игре, имеют свои аналогии в других, подчас совершенно «нематематических» дисциплинах. Вот список наук, теории которых имеют интересные точки соприкосновения с феноменами «Жизни»:

Кибернетика. Сама игра является удачной попыткой Конвея доказать существование простых самовоспроизводящихся систем.

Биология. Внешнее сходство с развитием популяций примитивных организмов впечатляет.

Физиология. Рождение и смерть клеток аналогичны процессу возникновения и исчезновения нейронных импульсов, которые и формируют процесс мышления. А также аналогичны созданию импульсов в нервной системе многоклеточных организмов.

Астрономия. Эволюции некоторых сложных колоний удивительным образом схематично повторяют этапы развития спиралевидных галактик.

Физика твёрдого тела. Теория автоматов вообще и игра «Жизнь» в частности используются для анализа «явлений переноса» – диффузии, вязкости и теплопроводности.

Квантовая физика. Поведение «жизненных» ячеек (рождение новых и взаимное уничтожение) во многом напоминают процессы, происходящие при столкновении элементарных частиц.

Наномеханика. Стационарные и пульсирующие колонии являются показательным примером простейших устройств, созданных на основе нанотехнологий.

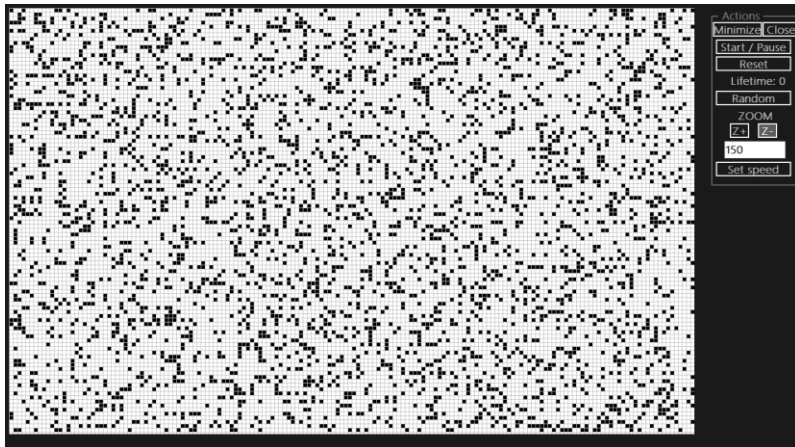
Электротехника. Правила игры используются для моделирования самовосстанавливающихся электрических цепей.

Социология. Процессы доминанции, вытеснения, поглощения, сосуществования, слияния и уничтожения популяций во многих аспектах схожи с явлениями, происходящими при взаимодействии больших, средних и малых социальных групп.

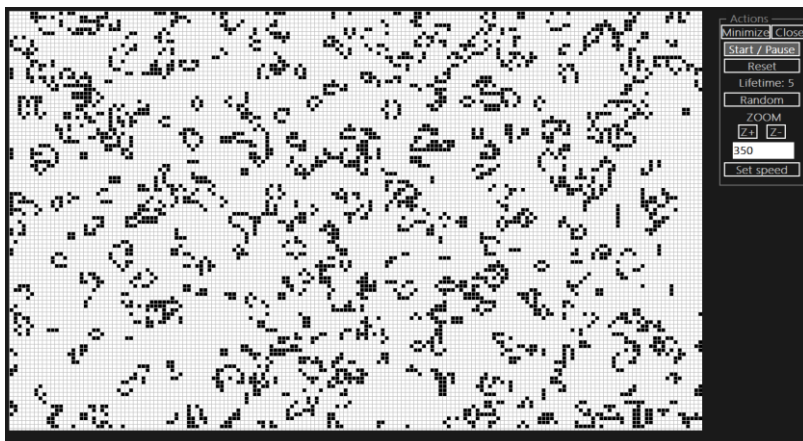
Возможно, эта игра связана и с другими научными явлениями, в том числе и с теми, о которых современной науке пока неизвестно. Также возможно, что не открытые на сегодня законы Природы и Общества станут более понятными благодаря «Жизни» и ее модификациям.

Для представления того, о чём идёт речь, было разработано приложение, следующее установленным правилам и наглядно демонстрирующее динамику отношений клеток на игровом поле.

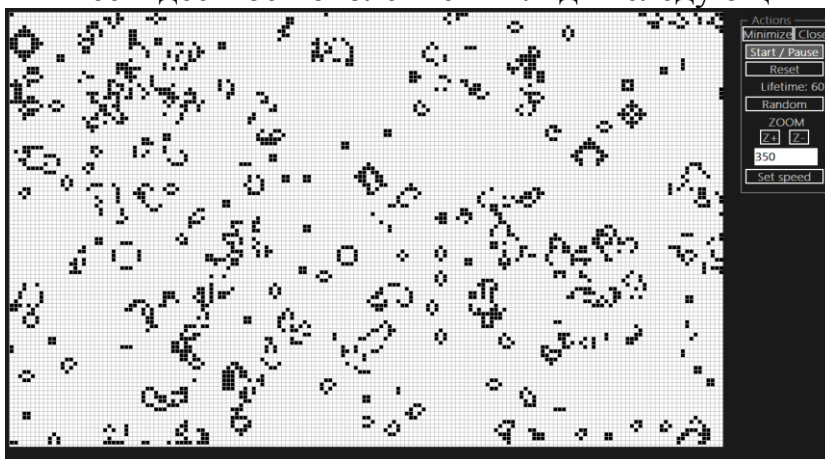
На следующем ниже изображении отображено начальное (случайное) расположение клеток:



Так они выглядят на пятом поколении:



Их шестидесятое поколение выглядит следующим образом:



Программа разработана в среде XE3 на языке программирования Delphi.

На основе из вышеизложенного вы видите, что была реализована столь простая и в то же время интересная, полезная и занимательная математическая игра, которая показала ожидаемые результаты, очень похожие на то, что можно увидеть в реальной жизни с помощью хорошего микроскопа.

#### Список литературы

1. Уэзерелл Ч. Этюды для программистов. – М.: Мир, 1982.
2. Гарднер М. Крестики-нолики. – М.: Мир, 1988.
3. Щеглов Г. Шахматная Эволюция. – Lambert Academic Publishing, 2012.

### АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СТРУКТУРНОЙ ДЕФОРМАЦИИ

М.Е. Торопов

Научный руководитель к.ф.-м.н. Е.А. Дудник

*Рубцовский индустриальный институт ФГБОУ "Алтайский государственный  
технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ)*

При компьютерном моделировании процессов, протекающих в металлах и сплавах на атомном уровне, одним из важнейших условий реалистичного моделирования является корректное описание межатомных взаимодействий. Исследования дефектов в металлах и сплавах играют важную роль в науке и технике. Компьютерное моделирование позволяет провести многие расчеты на ЭВМ, прибегая к экспериментам лишь на стадии проверки и уточнения полученных соотношений. Поэтому оно широко используется в этой области.

Постановка задачи и математическая модель

Исследуется кристаллическая решетка модельного сплава  $Ni_3Al$ . Атомы расположены в узлах ГЦК решетки, соответствующей сверхструктуре  $L1_2$ . Размер расчетного блока  $24 \times 24 \times 24$  (13824 атома). На границах, соответствующих плоскости  $\{111\}$ , наложены жесткие граничные условия, на остальных границах – периодические. Жесткие условия в данных плоскостях необходимы из-за нарушения периодичности при внесении дефекта упаковки.

Рассматриваются 8 типов дефектов упаковки – сверхструктурные: сдвиговой дефект упаковки (СДУ), сдвиговой дефект упаковки двойникового (СДДУ), сдвиговой дефект упаковки внедрения (СДУВ) и комплексные: комплексный дефект упаковки (КДУ), комплексный дефект упаковки двойникового первого рода (КДДУ I), комплексный дефект упаковки двойникового второго рода (КДДУ II), комплексный дефект упаковки внедрения первого рода (КДУВ I), комплексный дефект упаковки внедрения второго рода (КДУВ II) [1]. Дефект упаковки размещается в центре расчетного блока, после чего производится моделирование смещения атомов под действием сил межатомного взаимодействия методом молекулярной динамики [2].

Взаимодействие между атомами задано с помощью парного потенциала Морзе:

$$\varphi(r) = D\beta e^{-ar} (\beta e^{-ar} - 2), \quad (1)$$

где  $r$  – расстояние между атомами,  $\alpha, \beta, D$  – параметры потенциала.

Для расчета силы взаимодействия между двумя атомами применяется следующая формула:

$$F(r) = 2D\alpha\beta e^{-ar} (\beta e^{-ar} - 1), \quad (2)$$

Для каждого атома определяется равнодействующая сила, разложенная по проекциям на координатные оси, затем при помощи закона Ньютона определяется ускорение:

$$a_x = F_x/m, a_y = F_y/m, a_z = F_z/m, \quad (3)$$

где  $m$  – масса атома,  $F_x, F_y, F_z$  – проекции равнодействующей силы.

Изменение скорости вычисляется по формулам:

$$\Delta v_x = a_x \cdot \Delta t, \Delta v_y = a_y \cdot \Delta t, \Delta v_z = a_z \cdot \Delta t, \quad (4)$$

где  $\Delta t$  – шаг расчета.

Изменение координат атома находится следующим образом:

$$\Delta x = v_x \cdot \Delta t, \Delta y = v_y \cdot \Delta t, \Delta z = v_z \cdot \Delta t, \quad (5)$$

Потенциальная энергия системы рассчитывается по формуле:

$$E_p = \sum_{i \neq j} \varphi(|r_i - r_j|), \quad (6)$$

где  $r_i, r_j$  – радиус-векторы атомов,  $\varphi$  – парный потенциал взаимодействия.

Энергия образования дефекта определяется по формуле:

$$E_{\text{обр}} = \frac{E_d - E_i}{S}, \quad (7)$$

где  $E_d$  – потенциальная энергия решетки с дефектом,  $E_i$  – потенциальная энергия идеальной решетки,  $S$  – площадь дефекта.

Результаты эксперимента

В результате проведенного эксперимента была рассчитана энергия образования дефектов упаковки (таблица 1) и определены смещения атомов вблизи дефекта.

Таблица 1

Энергии образования дефектов

	Вычитание		Двойникование			Внедрение		
	СДУ	КДУ	СДДУ	КДДУ I	КДДУ II	СДУВ	КДУВ I	КДУВ II
$E_{\text{обр}},$ эВ/атом	0.510	0.517	0.249	0.281	0.282	0.507	0.543	0.542

Из таблицы 1 видно, что дефекты упаковки являются низкоэнергетическими дефектами, комплексные дефекты (КДУ, КДДУ, КДУВ) имеют большую энергию образования, чем аналогичные им сверхструктурные (СДУ, СДДУ, СДУВ). Дефекты двойникования имеют энергию образования примерно вдвое меньшую, чем вычитания и внедрения. Поэтому их появление является наиболее вероятным.

Смещения атомов максимальны в слоях, близких к плоскости дефекта, и убывают при удалении от него. У дефектов внедрения смещения атомов наблюдаются на больших расстояниях.

#### Список литературы

1. Горлов Н.В. Моделирование на ЭВМ плоских дефектов в упорядоченных сплавах типа  $A_3B$   $A_3B(C)$ . Диссертация на соискание степени к.ф.-м.н. Томск, 1987. – 214 с.
2. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. Часть первая. М.: Мир, 1990. – 349 с.
3. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978. – 792 с.

### **Секция 8. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАШИННО-АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

**Председатель секции:** кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника и технологии машиностроения и пищевых производств»  
**Гриценко Вячеслав Владимирович**

#### **ПОЛУЧЕНИЕ ЭКСТРАКТА ТРАВЫ ВИДА ИВАН-ЧАЙ НА ВИБРАЦИОННОМ ЭКСТРАКТОРЕ**

З.В. Гребнева, Д.А. Корохов

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФБГОУ ВПО "Алтайский  
государственный технический университет им. И.И. Ползунова"*

Повседневный рацион питания, достаточный для восполнения умеренных энергозатрат, не может обеспечить организм человека необходимым количеством витаминов и минеральных веществ. Одним из путей решения является обеспечение качества и увеличение объемов производства продуктов, обогащенных биологически активными веществами.

В качестве новых сырьевых источников для получения биологически активных компонентов может быть использовано дикорастущее травяное сырьё [1].

В Западно-Сибирском регионе широко распространена трава вида кипрей узколистный (иван-чай). Листья и побеги Иван-чая являются источниками таких биологически активных веществ, как незаменимые аминокислоты, клетчатка, лигнин, слизистые и дубильные вещества, антоцианы, каротин, витамины С (до 0,4%) и Р, свободные аминокислоты, эфирное масло, минеральные вещества (кальций, медь, железо, калий, никель) и другие [2].

Одним из современных способов переработки травяного сырья является его экстрагирование водным растворителем с последующим упариванием экстрактов с целью получения более концентрированных растворов.

Среди многочисленных способов интенсификации процесса экстрагирования особое место занимает метод наложения на систему поля низкочастотных механических колебаний [3].

Однако влияние факторов, определяющих скорость процесса экстрагирования методом наложения низкочастотных механических колебаний, на его интенсивность еще недостаточно изучено и требует дальнейшего исследования.

Целью данного исследования является определение наиболее эффективных режимов экстрагирования.

При планировании эксперимента в качестве варьируемых количественных факторов взяты следующие параметры [4]:

1. частота колебаний тарелки  $n$ ,  $\text{с}^{-1}$ .
2. соотношение фаз (твёрдая фаза/экстрагент),  $j$  (Т/Ж).
3. диаметр отверстий тарелки,  $d_0$ , мм.

Анализ результатов экспериментов позволил сделать вывод, что для определения наиболее эффективных режимов экстрагирования необходимо комплексно учитывать режимные и энергетические параметры процесса.

Для решения данной задачи в качестве критериев оценки были приняты следующие параметры:

- 1) Равновесная концентрация сухих веществ  $C_{св.р}$ , % масс.;
- 2) Эффективность процесса экстрагирования  $\mathcal{E}$ ,  $\text{кг}/(\text{Дж}\cdot\text{с})$ , которую определяли следующим образом:

$$\mathcal{E} = \frac{P}{E}, \quad (1)$$

где  $P$  – производительность экстрактора,  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $E$  – энергетические затраты, Дж.

$$P = \frac{M_c - M_{ш}}{\tau_p} \cdot \frac{C_{св.р}}{100}, \quad (2)$$

где  $M_c$  – масса смеси плодов и экстрагента, кг;  $M_{ш}$  – масса шрота после экстрагирования, кг;  $\tau_p$  – время достижения состояния равновесия системы, с;

$C_{св.р}$  – равновесная концентрация сухих водорастворимых веществ в экстракте, % масс.

По результатам экспериментов строятся графики зависимости содержания сухих водорастворимых веществ от времени при различных режимах экстрагирования – рисунок 1.

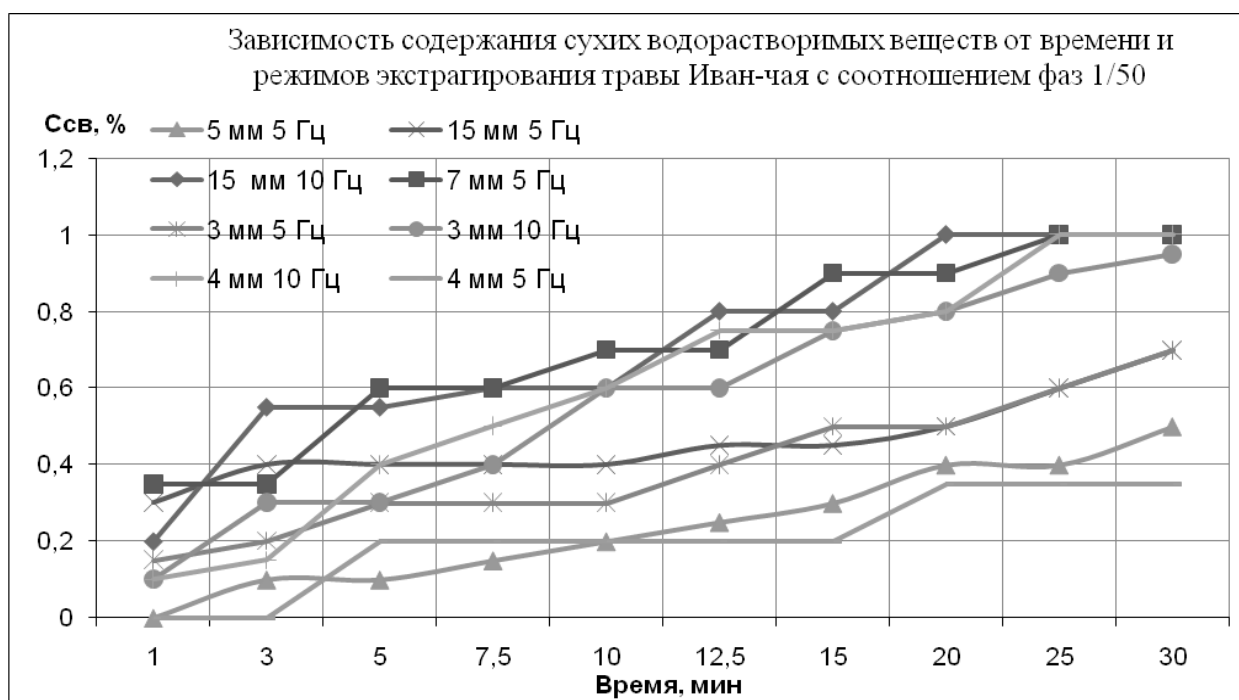


Рис. 1. Зависимость содержания сухих веществ от времени

Проанализировав результаты экспериментов, сделали следующие выводы:

1. Содержание сухих водорастворимых веществ в экстракте сначала увеличивается с течением времени, затем при достижении равновесного значения остаётся постоянным;

2. При увеличении доли твердой фазы в исходной суспензии повышается равновесное значение содержания сухих водорастворимых веществ в экстракте, но при этом затрудняется работа аппарата, что может привести к его поломке;

3. Равновесное значение содержания сухих водорастворимых веществ повышается с увеличением частоты колебаний тарелки при прочих неизменных параметрах;

4. Затраты мощности возрастают с увеличением частоты колебаний тарелки и с уменьшением диаметра отверстий тарелки;

5. Эффективность процесса повышается с увеличением доли твёрдой фазы в исходной суспензии, уменьшением частоты колебаний тарелки, с увеличением диаметра отверстия.

В таблице 1 представлены результаты экспериментов и расчетов основных параметров процесса.

Таблица 1

Результаты экспериментов и расчета эффективности и удельных энергозатрат процесса получения экстракта Иван-чая

№ п/п	A, м	n, об/сек	d <sub>0</sub> , мм	j	C <sub>св.р.</sub> , % масс.	Э·10 <sup>-10</sup> , кг/ (Дж·с)	E <sub>уд.</sub> , Дж/%масс
1	0,01	5	0,015	0,02	0,7	5,9	7277



2	0,01	10	0,015	0,02	1	4	17145
3	0,01	5	0,003	0,02	0,7	2,66	17691
4	0,01	10	0,003	0,02	0,95	0,67	70503
5	0,01	10	0,004	0,02	1	0,98	54867
6	0,01	5	0,004	0,02	0,35	4,2	16423
7	0,01	8,33	0,007	0,033	0,5	0,98	57533
8	0,01	10	0,005	0,05	2,1	1,4	32983
9	0,01	5	0,005	0,05	1,45	5,93	7957
10	0,01	5	0,005	0,02	0,5	2,82	16740
11	0,01	5	0,007	0,02	1	9,81	5775
12	0,01	5	0,005	0,033	0,4	12,5	7268
13	0,01	8,33	0,005	0,033	0,7	0,89	51094
14	0,01	8,33	0,002	0,033	0,5	1,02	53760
15	0,01	8,33	0,005	0,033	0,7	6,1	14820
16	0,01	8,33	0,005	0,033	1	2,4	22381
17	0,006	5	0,015	0,02	0,3	5,9	7277
18	0,008	10	0,015	0,02	0,7	4	17145

#### Список литературы

1. Домарецкий В.А. Производство концентратов, экстрактов и безалкогольных напитков: Справочник / В.А. Домарецкий. – К.: Урожай, 1990. – 245 с.
2. Задорожный А.М. Справочник по лекарственным растениям / А.М. Задорожный, А.Г. Кошкин, С.Я. Соколов и др. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 415 с.
3. Сорокопуд А.Ф. Интенсификация экстрагирования плодово-ягодного сырья с использованием низкочастотного вибрационного воздействия / А.Ф. Сорокопуд, В.А. Помозова, А.С. Мустафина // Хранение и переработка сельхозсырья. 2000. №5. С. 24-27.
4. Иванов П.П. Разработка технологии и аппаратурного оформления производства концентрированных плодово-ягодных экстрактов для молочной промышленности: дисс.... канд. техн. наук: 05.18.04 и 05.18.12: защищена 16.11.2002 / Иванов Павел Петрович. – Кемерово, 2002. – 135 с.

### **ПОЛУЧЕНИЕ ЭКСТРАКТА ЛИСТЬЕВ ОБЛЕПИХИ НА ВИБРАЦИОННОМ ЭКСТРАКТОРЕ**

Д.А. Корохов, З.В. Гребнева

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФБГОУ ВПО "Алтайский  
государственный технический университет им. И.И. Ползунова"*

Проблема сбалансированного, рационального питания, снабжения населения высококачественными продуктами в настоящее время является насущной и необходимой. Одним из направлений в создании продукции повышенной пищевой ценности при производстве безалкогольных напитков и хлебобулочных изделий является изготовление последних с использованием травяного сырья.

Использование местного дикорастущего растительного сырья способствует значительной экономии дорогостоящего сырья с аналогичными или близкими по значению физико-химическими показателями, снижению рынка продуктов питания с искусственными химически синтезированными пищевыми добавками, снижению расходов по доставке сырья к месту переработки, а также расширению ассортимента выпускаемой продукции [1].

В Западной Сибири широко распространена облепиха крушиновидная. Это растение известно своими полезными свойствами и богатым химическим составом. Листья и побеги облепихи являются источниками таких биологически активных веществ, как аскорбиновая кислота, бета-каротин, флавоноиды, дубильные вещества, моно- и дисахара, макро- и микроэлементы, таких как кальций (2420 мг%), магний (515 мг%), марганец (20 мг%), железо (56 мг%), кобальт (0,19 мг%) и другие [2].

Среди многочисленных способов интенсификации процесса экстрагирования особое место занимает метод наложения на систему поля низкочастотных механических колебаний [3].

Однако влияние факторов, определяющих скорость процесса экстрагирования методом наложения низкочастотных механических колебаний, на его интенсивность еще недостаточно изучено и требует дальнейшего исследования.

Целью данного исследования является определение наиболее эффективных режимов экстрагирования.

При планировании эксперимента в качестве варьируемых количественных факторов взяты следующие параметры [4]:

1. частота колебаний тарелки  $n$ ,  $\text{с}^{-1}$ .
2. соотношение фаз (твёрдая фаза/экстрагент),  $j$  (Т/Ж).
3. диаметр отверстий тарелки,  $d_0$ , мм.

Анализ результатов экспериментов позволил сделать вывод, что для определения наиболее эффективных режимов экстрагирования необходимо комплексно учитывать режимные и энергетические параметры процесса.

Для решения данной задачи в качестве критериев оценки были приняты следующие параметры:

- 1) Равновесная концентрация сухих веществ  $C_{св.р}$ , % масс.;
- 2) Эффективность процесса экстрагирования  $\mathcal{E}$ , кг/(Дж·с), которую определяли следующим образом:

$$\mathcal{E} = \frac{\Pi}{E}, \quad (1)$$

где  $\Pi$  – производительность экстрактора, кг/с;  $E$  – энергетические затраты, Дж.

$$\Pi = \frac{M_c - M_{ш}}{\tau_p} \cdot \frac{C_{св.р}}{100}, \quad (2)$$

где  $M_c$  – масса смеси плодов и экстрагента, кг;  $M_{ш}$  – масса шрота после экстрагирования, кг;  $\tau_p$  – время достижения состояния равновесия системы, с;

$C_{св.р}$  – равновесная концентрация сухих водорастворимых веществ в экстракте, % масс.

По результатам экспериментов строятся графики зависимости содержания сухих водорастворимых веществ от времени при различных режимах экстрагирования – рисунок 1.

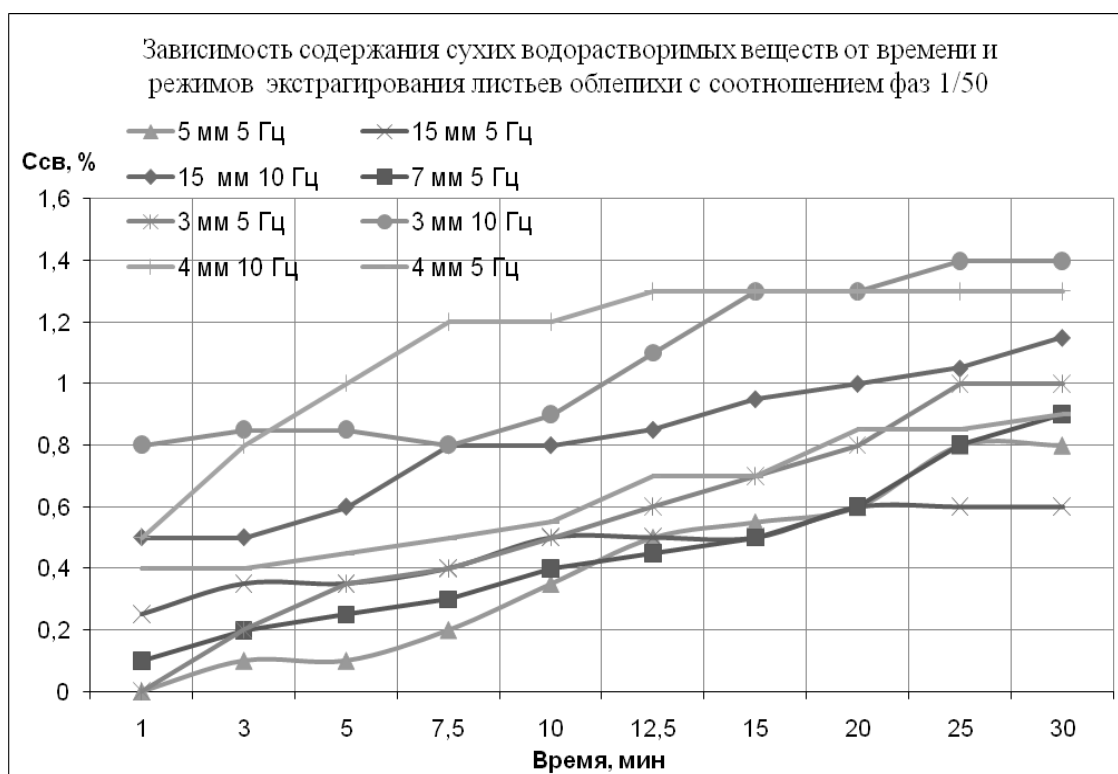


Рис. 1. Зависимость содержания сухих веществ от времени

Проанализировав результаты экспериментов, сделали следующие выводы:

1. Содержание сухих водорастворимых веществ в экстракте сначала увеличивается с течением времени, затем при достижении равновесного значения остаётся постоянным;

2. При увеличении доли твердой фазы в исходной суспензии повышается равновесное значение содержания сухих водорастворимых веществ в экстракте, но при этом затрудняется работа аппарата, что может привести к его поломке;

3. Равновесное значение содержания сухих водорастворимых веществ повышается с увеличением частоты колебаний тарелки при прочих неизменных параметрах;

4. Затраты мощности возрастают с увеличением частоты колебаний тарелки и с уменьшением диаметра отверстий тарелки;

5. Эффективность процесса повышается с увеличением доли твёрдой фазы в исходной суспензии, уменьшением частоты колебаний тарелки, с увеличением диаметра отверстий тарелки.

В таблице 1 представлены результаты экспериментов и расчетов основных параметров процесса.

Таблица 1

Результаты экспериментов и расчета эффективности и удельных энергозатрат процесса получения экстракта листьев облепихи крушиновидной

№ п/п	A, м	n, об/сек	d <sub>0</sub> , мм	j	C <sub>св.р.</sub> , % масс.	Э·10 <sup>-10</sup> , кг/ (Дж·с)	E <sub>уд.</sub> Дж/%масс
1	0,01	5	15	0,02	0,6	12,3	5560
2	0,01	10	15	0,02	1,15	1,65	26233
3	0,01	5	4	0,02	0,9	8,3	8613
4	0,01	10	5	0,05	1,9	1,6	43770
5	0,01	5	5	0,05	1,0	25,5	2167
6	0,01	5	7	0,02	0,9	10	4600
7	0,01	5	5	0,033	0,45	18,8	4900
8	0,01	5	5	0,02	0,8	4,95	11437,5
9	0,01	5	2	0,033	0,4	2,86	18675
10	0,01	8,33	2	0,033	1,1	1,17	45518
11	0,01	5	3	0,02	1	4,75	11940
12	0,01	10	3	0,02	1,4	1,38	41004
13	0,01	10	4	0,02	1,3	5,89	19251,92
14	0,01	8,33	7	0,033	1,1	1,64	27066
15	0,01	1,66	5	0,05	0,1	185	720
16	0,01	8,33	5	0,033	1	4,17	21267
17	0,006	8,33	5	0,033	0,7	4,5	12064,3
18	0,008	8,33	5	0,033	1,1	3	18152

#### Список литературы

1. Домарецкий В.А. Производство концентратов, экстрактов и безалкогольных напитков: Справочник / В.А. Домарецкий. – К.: Урожай, 1990. – 245 с.

2. Задорожный А.М. Справочник по лекарственным растениям / А.М. Задорожный, А.Г. Кошкин, С.Я. Соколов и др. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 415 с.

3. Сорокопуд А.Ф. Интенсификация экстрагирования плодово-ягодного сырья с использованием низкочастотного вибрационного воздействия / А.Ф. Сорокопуд, В.А. Помозова, А.С. Мустафина // Хранение и переработка сельхозсырья. 2000. №5. С. 24-27.

4. Иванов П.П. Разработка технологии и аппаратурного оформления производства концентрированных плодово-ягодных экстрактов для молочной промышленности: дисс.... канд. техн. наук: 05.18.04 и 05.18.12: защищена 16.11.2002 / Иванов Павел Петрович. – Кемерово, 2002. – 135 с.

Научное издание

**СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ:  
ПРОБЛЕМЫ, СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Материалы III Всероссийской научно-технической  
конференции 18-19 декабря 2013 г.

Редактор Е.Ф. Изотова

Подготовка оригинала-макета – редакционно-издательский отдел РИИ

Подписано в печать 25.12.13. Формат 60x84 /16.  
Усл. печ. л. 18,44. Тираж 155 экз. Заказ 13 1240. Рег. №92.  
Отпечатано в РИО Рубцовского индустриального института  
658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6.