

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Периодический научный сборник



**2016 № 6-1**  
**ISSN 2413-0869**

ПО МАТЕРИАЛАМ XV МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
Г. БЕЛГОРОД, 30 ИЮНЯ 2016 Г.

АГЕНТСТВО ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
(АПНИ)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ  
НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

**2016 • № 6-1**

**Периодический научный сборник**

*по материалам  
XV Международной научно-практической конференции  
г. Белгород, 30 июня 2016 г.*

**ISSN 2413-0869**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

2016 • № 6-1

**Периодический научный сборник**

**Выходит 12 раз в год**

**Учредитель и издатель:**

ИП Ткачева Екатерина Петровна

**Главный редактор:** Ткачева Е.П.

**Адрес редакции:** 308000, г. Белгород, Народный бульвар, 70а

**Телефон:** +7 (919) 222 96 60

**Официальный сайт:** issledo.ru

**E-mail:** mail@issledo.ru

Информация об опубликованных статьях предоставляется в систему **Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)** по договору № 301-05/2015 от 13.05.2015 г.

Материалы публикуются в авторской редакции. За содержание и достоверность статей ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

Электронная версия сборника находится в свободном доступе на сайте: **www.issledo.ru**

*По материалам XV Международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития науки и технологий» (г. Белгород, 30 июня 2016 г.).*

**Редакционная коллегия**

*Духно Николай Алексеевич*, директор юридического института МИИТ, доктор юридических наук, профессор

*Васильев Федор Петрович*, профессор МИИТ, доктор юридических наук, доцент, чл. Российской академии юридических наук (РАЮН)

*Тихомирова Евгения Ивановна*, профессор кафедры педагогики и психологии Самарского государственного социально-педагогического университета, доктор педагогических наук, профессор, академик МААН, академик РАЕ, Почётный работник ВПО РФ  
*Алиев Закир Гусейн оглы*, Институт эрозии и орошения НАН Азербайджанской республики к.с.-х.н., с.н.с., доцент

*Стариков Никита Витальевич*, директор научно-исследовательского центра трансфера социокультурных технологий Белгородского государственного института искусств и культуры, кандидат социологических наук

*Ткачев Александр Анатольевич*, доцент кафедры социальных технологий НИУ «БелГУ», кандидат социологических наук

*Шаповал Жанна Александровна*, доцент кафедры социальных технологий НИУ «БелГУ», кандидат социологических наук

*Трапезников Сергей Викторович*, начальник отдела аналитики и прогнозирования Института региональной кадровой политики (г. Белгород)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ «ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»</b> .....	<b>5</b>
<i>Авдеев П.И., Пантелеев М.С.</i> ПОЛЕТНЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	5
<i>Акчурина В.А.</i> ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ .....	7
<i>Андреев А.Р.</i> ИЗОБРЕТАТЬ – ЛЕГКО! .....	12
<i>Борисов М.С., Борисов Е.С.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИССЛЕДУЕМОЙ ВЕЛИЧИНЫ ОТ НЕСКОЛЬКИХ ПАРАМЕТРОВ С ПОМОЩЬЮ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ .....	15
<i>Демин Е.С.</i> МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЯ И ПЛОТНОСТИ ТОПЛИВА В ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА НАЗЕМНЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ .....	17
<i>Истомина А.И.</i> АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ .....	20
<i>Каменецкая Н.В., Медведева О.М., Хитов С.Б.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРОВЕДЕНИЕ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА РЕКАХ В ПАВОДКОВЫЙ ПЕРИОД.....	22
<i>Кобак В.Г., Жуковский А.Г., Швидченко С.А., Рудова И.Ш.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИЛЬНОЙ МУТАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА .....	28
<i>Кобак В.Г., Жуковский А.Г., Швидченко С.А., Кривошей Н.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ХОЛЛАНДА С РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛИТНЫХ ОСОБЕЙ .....	34
<i>Кобак В.Г., Жуковский А.Г., Швидченко С.А., Щербинина Н.И.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МИГРАЦИЙ ОСТРОВНОЙ МОДЕЛИ ПРИ РЕШЕНИИ ОДНОРОДНОЙ МИНИМАКСНОЙ ЗАДАЧИ .....	37
<i>Кобак В.Г., Жуковский А.Г., Швидченко С.А., Остапенко С.С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО АЛГОРИТМА КРОНА ДЛЯ РЕШЕНИЯ МИНИМАКСНОЙ ЗАДАЧИ .....	42
<i>Комбарова И.Н., Волков А.Ю.</i> АКТИВНЫЙ ВИДЕОСЕНСОР С ПРИМЕНЕНИЕМ WDM ТЕХНОЛОГИЙ .....	46
<i>Коноплев А.Л.</i> ИМПОРТ ВЕКТОРНЫХ ДАННЫХ ПО КАДАСТРОВЫМ КВАРТАЛАМ И ЗЕМЕЛЬНЫМ УЧАСТКАМ В ФОРМАТЕ GOOGLE EARTH (KML) В ГИС «КАРТА 2011» ВЕРСИЯ 11 .....	48
<i>Короткий Э.В.</i> БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ В ВОДАХ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА ПРИ ОСВОЕНИИ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА С ПОМОЩЬЮ ЛЕДОКОЛОВ.....	52
<i>Ксендзов В.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ТРУБКЕ С ВЯЗКИМ ТРЕНИЕМ .....	59
<i>Макарова А.В., Калмыков И.А.</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБНАРУЖЕНИЯ ОШИБКИ ПРИ ПОСТЕПЕННОЙ ДЕГРАДАЦИИ СПЕЦ ПРОЦЕССОРА ПСКВ.....	65
<i>Мелентьев В.С., Левина К.Д., Уколов А.В.</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА .....	67

<b>Пантелеев М.С., Авдеев П.И.</b> КРИПТОГРАФИЯ В АСУ ТП .....	70
<b>Подоров В.А., Гизатуллина Л.Р.</b> ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ 15 .....	72
<b>Попова Е.О.</b> ПОДЗЕМНОЕ ЗАХОРОНЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ .....	75
<b>Похиленко О.В.</b> БЕЗОПАСНЫЙ СПОСОБ ОБМЕНА И ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ, ИСПОЛЬЗУЯ ОБЛАЧНЫЕ ХРАНИЛИЩА .....	78
<b>Семёнов И.А., Ульянов Б.А.</b> ИНТЕНСИФИКАЦИЯ МАССОПЕРЕДАЧИ В СПЛОШНЫХ СРЕДАХ ПОСРЕДСТВОМ КОЛЕБАНИЙ ТВЕРДЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ..	83
<b>Смоляр О.В., Ферганова Д.С.</b> ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПРЕДПРИЯТИЯ АВТОСЕРВИСА .....	86
<b>Смоляр О.В., Ферганова Д.С.</b> МЕТОД РАСЧЕТА ТРЕБУЕМОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ .....	89
<b>Стородубцева Т.Н., Королева К.А.</b> АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАТУРАЛЬНОЙ И МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ.....	91
<b>Тарасова Н.В., Лория А.Р.</b> ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДОВ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ В НАНОМАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ.....	94
<b>Теличкань В.С., Увайсов С.У.</b> АЛГОРИТМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ К АКУСТИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ .....	96
<b>Теличкань В.С., Увайсов С.У.</b> МЕТОД СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА КОНСТРУКЦИИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ .....	99
<b>Томашевский С.В.</b> ИНТЕРФЕЙС АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ МОДЕЛИ УЧЕТА РИСКОВ УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕМ.....	101
<b>Фатхи В.А., Кобак В.Г., Коновалов И.С.</b> СРАВНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ТОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ ПОКРЫТИЯ МНОЖЕСТВ, ПОЛУЧЕННЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИМ И ТОЧНЫМ АЛГОРИТМАМИ.....	106
<b>Ферганова Д.С., Смоляр О.В.</b> ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ АВТОСЕРВИСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	112
<b>Ферганова Д.С., Смоляр О.В.</b> МОДЕЛИ ОЧЕРЕДЕЙ К ОДНОМУ СЕРВЕРУ.....	115
<b>Ципилев А.А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ .....	118
<b>Чечиков Ю.Б.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В СЭД ОРГАНИЗАЦИИ .....	125
<b>Шинкин В.Н.</b> К ВОПРОСУ О КРИВИЗНЕ СТАЛЬНОГО ЛИСТА ПРИ ПРАВКЕ НА ДЕВЯТИРОЛИКОВОЙ МАШИНЕ .....	128
<b>Шинкин В.Н.</b> К ВОПРОСУ О СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРАХ ДЕВЯТИРОЛИКОВОЙ ЛИСТОПРАВИЛЬНОЙ МАШИНЫ ПРИ ПРАВКЕ СТАЛЬНОГО ЛИСТА.....	138
<b>Юдаев С.А., Красный В.А., Силаева А.Э.</b> РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИУС .....	147

## СЕКЦИЯ «ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»

### ПОЛЕТНЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

*Авдеев П.И., Пантелеев М.С.*

студенты 1 курса магистратуры кафедры «Информационные системы»,  
ПКИТ (ф) ФГБОУ ВО «Московский государственный университет техноло-  
гий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)»,  
Россия, г. Пенза

Данная научная статья представляет собой краткий обзор полетных контроллеров для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Дано определение полетному контроллеру и перечислены основные его функции. Рассмотрен полетный контроллер ArduPilot Mega, перечислены технические характеристики данного контроллера и основные его преимущества перед конкурентами.

*Ключевые слова:* полетный контроллер, полетный контроллер ArduPilot Mega, мультикоптер, БПЛА.

Полетный контроллер – это основная плата управления, обеспечивающая функционирование мультикоптера. В качестве «мозга» платы управления используется микроконтроллер, зачастую это либо маломощные Atmega328, либо более современные, Atmega2560 или ARM – контроллеры (STM32).

К функциям полетного контроллера относятся:

- стабилизация аппарата в воздухе;
- удержание высоты (при помощи барометра) и позиции (при помощи GPS);
- автоматический полет по заданным заранее точкам;
- передача на землю текущих параметров полета с помощью модема или Bluetooth;
- обеспечение безопасности полета (возврат в точку взлета при потере сигнала, автопосадка);
- подключение дополнительной периферии: OSD, светодиодной индикации и пр. [2].

В настоящее время существует большое количество типов полетных контроллеров: MultiWii, ArduCopter, ArduPilot Mega (APM), Rabbit, DJI Naza Lite и др.

Полетный контроллер ArduPilot Mega является полноценным решением БПЛА, который позволяет помимо радиоуправляемого дистанционного пилотирования – автоматическое управление по заранее созданному маршруту, т.е. полет по точкам, а также обладает возможностью двухсторонней передачи телеметрических данных с борта на наземную станцию (телефон, планшет, ноутбук, DIY).

Основными преимуществами полетного контроллера Ardupilot Mega перед контроллерами DJI NAZA, Wookoong-M, ZeroUAV (YS-X4, YS-X6), Mikrocopter, Hovefly Pro, uThree являются:

- низкая цена;
- полноценный автопилот;
- возможность установить до 166 полетных точек;
- редактирование маршрута в полете;
- беспроводная конфигурация настроек;
- поддержка Geo – Fence (защита от улета в виде виртуального забора);
- открытый исходный код кода и ПО;
- открытый протокол обмена данными;
- поддержка рамы: трикоптера, квадрокоптера (рамы X, +, H, V), гексакоптера, октокоптера, Y6, X8, традиционные вертолеты, самолеты, машинки и лодки;
  - поддержка авиасимулятора через ПО Mission Planner.

Основными техническими характеристиками полетного контроллера ArduPilot Mega являются:

- 3-осевой гироскоп, акселерометр, магнитометр (до 2.5.2) и высокоточный барометр;
- удержание позиции по GPS, полет по точкам и возврат на точку старта;
- возможность использования инфракрасного датчика для обхода препятствий;
- собственная система стабилизации для камеры (функция контроллера подвеса);
  - поддержка датчика уровня заряда батареи;
  - поддержка OSD телеметрии (наложение на видеопередачу телеметрических данных) используя протокол MAVLINK;
  - бортовая флеш-память 16Мбит для автоматической регистрации данных;
  - 6 степеней свободы в InvenSense акселерометре, гироскоп MPU – 6000;
  - Микроконтроллер Atmel ATmega2560 – 16AU и ATMEGA32U-2 чип для обработки и функции USB [1].

Полетные контроллеры являются основой для реализации мультикоптеров. В настоящее время есть множество сфер, где могут найти применение мультикоптеры. Начать можно с простого развлечения, ведь любительские полеты на моделях – это отличное развлечение!

Мультикоптеры являются отличным аппаратом для проведения фото и видеосъемки. Так же они используются для переноски грузов, мониторинга экологической обстановки, охраны объектов и т.д.

#### Список литературы

1. «ArduPilot Mega 2.6 – беспилотная система» [Электронный ресурс]. – <http://www.ardupilot-mega.ru>. – (дата обращения 8.06.2016).
2. «Полетный контроллер» [Электронный ресурс]. – [http://ru.wikipedia.org/wiki/Полетный\\_контроллер](http://ru.wikipedia.org/wiki/Полетный_контроллер). – (дата обращения 15.06.2016).

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

*Акчурина В.А.*

доцент кафедры управления и сервиса в технических системах, к.ф.-м.н.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
Россия, г. Уфа

В данной работе разрабатывается технология удаления отложений с помощью движущегося электромагнитного излучения, которые полностью заполняют трубу.

*Ключевые слова:* математическое моделирование, объемное плавление, однофазная среда, движущийся источник, электромагнитное излучение, скважина, трубопровод.

Трубопроводы – самый рациональный способ транспортировки различных веществ, в том числе нефти и газа. Однако, в холодное время года на стенках трубопроводов образуются твёрдые углеводородные отложения – парафины, парафино- и газогидраты и т.д. [14]. Обычно для удаления отложений используют горячую воду или пар, химические и механические средства [4, 17]. Между тем, все эти методы сложные и дорогие, более того, загрязняют окружающую среду. Следовательно, требуется разработка других способов очистки трубопроводов – менее сложных, затратных и экологически безопасных.

Одним из таких способов может оказаться нагрев и расплавление отложений, иногда полностью закупоривающих нефтепровод, энергией электромагнитных (ЭМ) волн [4, 5, 12, 14]. Физическая основа данного метода заключается в создании объемных источников тепла в трубе вследствие диэлектрических потерь в углеводородном отложении и потерь за счёт конечной электропроводности металлов труб [1- 5, 11, 12]. В последние годы данный способ наиболее интенсивно развивается в двух направлениях: объемный нагрев отложений непосредственно в трубе [1-3, 5, 15, 16] и коаксиальной системе [6,7, 10 – 14, 18, 20]. Проведены как теоретические, так экспериментальные (в том числе и промышленные) исследования [4, 5, 9, 12], показывающие на принципиальную возможность и технологичность предложенного метода. Тем не менее, остаются невыясненными и нерешенными такие вопросы: как передать ЭМ энергию в трубопровод и рационально её использовать, чтобы с наименьшими затратами расплавить пробку по всей её длине, удаление пробки происходило как можно интенсивнее, т.е. с наибольшей мощностью ЭМ волн, и в то же время не было электрических пробоев ЭМ волны как можно глубже проникали в пробку и грели по всей её длине. Интенсивнее всего преобразование ЭМ энергии в тепловую энергию происходит в диапазоне высокочастотных (ВЧ) волн. При такой частоте трубопровод представляет собой круглый волновод, у которого существуют ограничения на частоту, т.е. имеются критические частоты, ниже которой ЭМ волны не могут быть переданы [8].



Одним из выходов является многоволновый волновод, т.е. распространение более, чем одного типа волны. Это может произойти, если увеличить отношение размера поперечного сечения волновода к длине волны. Увеличение отношения позволяет значительно повысить электрическую прочность волновода и снизить потери [6].

Наибольшие успехи в разработке и применении многоволновых волноводов достигнуты с использованием волны типа  $H_{01}$  в круглом волноводе [6]. Эта волна обладает аномально низким затуханием, неограниченно уменьшающимся с увеличением отношения  $R/\lambda$  ( $\lambda$  – длина волны), причём при радиусе волновода  $R \approx (3 \div 4)\lambda$  потери должны быть на несколько порядков ниже, чем у обычных волноводов. Однако одновременно с волной типа  $H_{01}$  по подобному волноводу могут распространяться более сотни других типов волн. В результате этого часть энергии волны  $H_{01}$  может переходить в энергию других типов волн, имеющих значительно больший коэффициент затухания.

Если нефтепровод имеет небольшой радиус, в нём могут распространяться ЭМ волны только очень большой частоты, которые из-за сильного поглощения ЭМ энергии средой быстро затухают. Поэтому нагрев среды происходит очень неравномерно. В одних точках может быть излишне сильный нагрев и, как следствие, большие потери тепла в окружающую нефтепровод среду. В других точках наоборот, может быть не достигнута температура плавления парафина. Вследствие этого разрушение пробки может быть только на небольшую глубину. Поэтому перспективным методом представляется расплавление пробки с помощью движущегося источника ВЧ ЭМ волн – «ЭМ крота». В этом способе источник ВЧ ЭМ излучения передвигается по мере расплавления среды и появления возможности перемещения. Разрушение диэлектрической пробки, каковой является парафин, получается более эффективным.

Полагается, что твёрдые отложения полностью закупорили трубопровод и решается уравнение теплопроводности [4, 13]:

$$\rho c_T \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( \lambda r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial \varphi} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + Q(r, \varphi, z, t), \quad (1)$$

где  $\rho$ ,  $c_T$ ,  $\lambda$  – плотность, теплоёмкость, теплопроводность среды, нагрев и расплавление которой производится.

У волны типа  $E_{11}$  цилиндрическая составляющая напряженности ЭМ поля  $H_z=0$  [8]. Остаются компоненты поля:

$$\begin{aligned} \dot{E}_r &= -i \frac{\alpha}{\chi} E_0 J_1'(\chi r) \cos \varphi e^{-j\alpha(z-z_0)z} & E_\varphi &= i \frac{\alpha}{\chi^2 r} E_0 J_1(\chi r) \sin \varphi \cdot e^{-i\alpha(z-z_0)} ; \\ E_z &= E_0 J_1(\chi r) \cos \varphi \cdot e^{-i\alpha(z-z_0)} & H_r &= -i \frac{\omega \varepsilon_0}{\chi^2 r} E_0 J_1(\chi r) \sin \varphi \cdot e^{-i\alpha(z-z_0)} ; \\ H_\varphi &= -i \frac{\omega \varepsilon_0}{\chi} E_0 J_1'(\chi r) \cos \varphi \cdot e^{-i\alpha(z-z_0)} \end{aligned}$$

где  $i$  – мнимая единица;  $\omega$  – круговая частота ЭМ поля;  $\chi = \frac{\mu_n}{R}$  – поперечный волновой коэффициент;  $\alpha = \alpha_v + \alpha_s = 2k_z''$  – коэффициент затухания мощности ЭМ волн вдоль волновода, ось которого совпадает с осью цилиндрической системы координат  $r, \varphi, z$ ,  $E_0$  – амплитуда напряженности электрической составляющей поля;  $J_1$  – функции Бесселя первого порядка;  $R$  – радиус волновода.

ЭМ поле имеет три составляющих напряженности электрического поля  $E_r, E_\varphi$  и  $E_z$ . Они и определяет распределение тепловых источников, т.к. плотность тепловых источников пропорциональна сумме квадратов напряженности электрических составляющих ЭМ поля. Используя форму написания выражения плотности тепловых источников для неподвижного источника работы [4, 14], получаем:

$$Q_0 = \frac{\varepsilon_0''}{\pi \operatorname{Re}(k_z \varepsilon_0)} \frac{\mu_n^2}{R^4} P \times \left[ \frac{|k_z|^2 R^2}{\mu_n^2} \left( J_0\left(\mu_n \frac{r}{R}\right) - \frac{R}{r\mu_n} J_1\left(\mu_n \frac{r}{R}\right) \right)^2 \cos^2 \varphi + \frac{|k_z|^2 R^4}{r^2 \mu_n^4} J_1^2\left(\mu_n \frac{r}{R}\right) \sin^2 \varphi + J_1^2\left(\mu_n \frac{r}{R}\right) \cos^2 \varphi \right] \quad (2)$$

Здесь  $P$  – мощность источника ЭМ волн. В выражении (2) использована

формула дифференцирования:  $J_1'(\chi r) = J_0(\chi r) - \frac{J_1(\chi r)}{\chi r}$ .

Задача решается численно методом сквозного счёта без явного выделения фаз. Плотность и теплопроводность нефти считаются не зависящими от температуры. Плотность мощности объёмного тепловыделения записывается в виде [4]:  $Q = Q_0 \Theta(z - z_0(t)) \exp(-\alpha(z - z_0(t)))$ . Формула учитывает передвижение источника ЭМ волн по закону  $z = z_0(t)$ . Явный вид  $Q_0$  приведён в выражении

$$\Theta(z - z_0) = \begin{cases} 1, & z \geq z_0 \\ 0, & z < z_0 \end{cases} \quad (2).$$

В формуле (4):

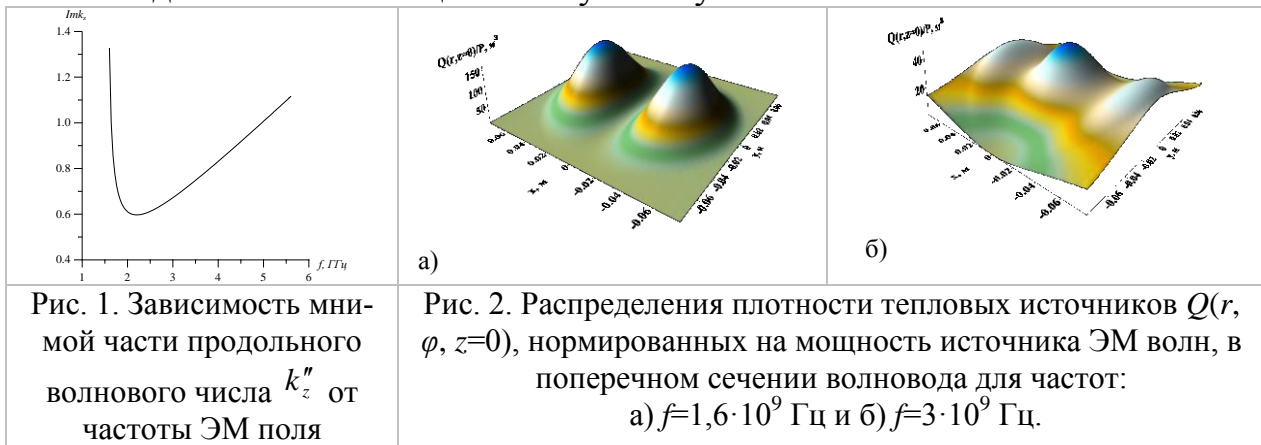
Значение  $P$  в выражении (2) не отображает действительную поглощаемую мощность ЭМ энергии. Чтобы определить её методом прямоугольников вычисляется объёмный интеграл

$$Q_{\text{общ}} = \int_0^H \int_0^{2\pi} \int_0^R Q(r, z) r dr d\varphi dz,$$

вычисляется коэффициент, показывающий во сколько раз действительная поглощаемая мощность отличается от задаваемой мощности, затем выражение (2) умножается на этот коэффициент. В интеграле  $H$  – длина парафиновой пробки.

На рис. 1 приведена зависимость мнимой части продольного волнового числа  $k_z''$  от частоты ЭМ поля. Критическая частота  $E_{11}$  волны для рассматриваемого цилиндрического волновода с радиусом  $R=0,0775$  м –  $f_0 \approx 1,556 \cdot 10^9$  Гц. Мнимая часть продольного волнового числа имеет минимум  $k_z'' \approx 0,5967$  м<sup>-1</sup> на частоте  $f \approx 2,2 \cdot 10^9$  Гц. На рис. 2 приведены распределения плотности теп-

ловых источников  $Q(r, \varphi, z=0)$ , нормированных на мощность источника ЭМ волн, в поперечном сечении волновода для частот  $f=1,6 \cdot 10^9$  Гц и  $f=3 \cdot 10^9$  Гц. Для удобства изображения на рисунке цилиндрические координаты преобразованы в декартовы  $x, y, z$ . В таком случае круглый волновод представляется как круг, вписанный в прямоугольник. Как видно из рис. 2 и 3, конфигурация распределения тепловых источников в поперечном сечении волновода сильно зависит от частоты распространяющихся ЭМ волн и очень неравномерно. При частоте ЭМ волн  $f=1,6 \cdot 10^9$  Гц в поперечном сечении волновода наблюдается два максимума плотности тепловых источников, при частоте  $f=3 \cdot 10^9$  Гц – три максимума. В продольном направлении плотность тепловых источников падает по экспоненциальному закону.



По рис. 2 и 3 дополнительно можно отметить симметрию относительно правой и левой, верхней и нижней половин поперечного сечения волновода. Это позволяет рассматривать процессы только в четверти круга и экономить ресурсы ЭВМ при численном решении задачи и рассматривать процессы только в 1-м квадранте.

Для решения уравнения (1) принимались граничные условия. На торце пробки  $z=0$  задавался конвективный теплообмен по закону Ньютона [4]:

$\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=0} = \kappa_1 (T - T_0)$ , где  $T_0$  – температура окружающей среды и начальная парафиновой пробки;  $\kappa_1$  – коэффициент теплообмена. На удалённом торце пробки  $z=H$  теплообмен отсутствует:

$\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=H} = 0$ . На боковой поверхности цилиндра  $r=R$  граничное условие также записывалось в виде конвективного теплообмена, но с другим коэффициентом теплообмена  $\kappa$ :

$-\lambda \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R} = \kappa (T - T_0)$ , где  $\kappa = Nu \cdot \lambda / R$  – коэффициент теплообмена с внешней средой;  $Nu$  – число Нуссельта. В точке  $r=0$  теплообмен отсутствует:

$-\lambda \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=0} = 0$ .

Скорость движения источника ЭМ волн  $v$  вдоль координаты  $z$  задавалась постоянной и подбиралась так, чтобы за источником не оставалось зон с нерасплавленным парафином (в расчётах использовалось значение  $v=1,44$  м/час).

При проведении расчётных исследований использовались параметры высокопарафинистой нефти:  $\rho=950$  кг/м<sup>3</sup>;  $c_0=3$  кДж/(кг·К);  $\lambda=0,125$  Вт/(м·К);  $L=300$  кДж/кг;  $\kappa=1,613$  Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $Nu=1$  (труба в сухом грунте);  $\kappa_1=0,2$  Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $T_0=20$  °С;  $T_s=50$  °С;  $H=5$  м;  $P=6,5$  кВт;  $f=1,6 \cdot 10^9$  Гц;  $\varepsilon'_0=2,3$ ;  $tg\delta=\varepsilon''_0/\varepsilon'_0=0,012$ ;  $\sigma=3,4 \cdot 10^6$  Ом<sup>-1</sup>·м<sup>-1</sup>. Задача решалась неявным методом переменных направлений с равномерной прямоугольной сеткой. Дельта-функция в выражении для теплопроводности аппроксимировалась ступенькой с полушириной равной 0,4 °С.

Рассмотрен процесс нагрева и плавления парафиновой пробки в круглом волноводе волной типа E<sub>11</sub>, который может распространяться в волноводе, как паразитный, при возбуждении в волноводе волны типа H<sub>01</sub>. Поверхность, разделяющая твёрдую и жидкую фазы, на рассмотренной частоте в поперечном сечении имеет форму двух холмов. Такая форма расплавленной зоны может привести к разрушению пробки в области холмов задолго до полного расплавления пробки. Если задаться целью, проделать в пробке отверстия по всей её длине, чтобы как можно скорее начать транспортировку нефти, а не расплавлять её по всему радиусу трубопровода, то этот тип волны может даже иметь преимущества перед другими типами волн, несмотря на очень сложную конфигурацию распределения тепловых источников и температуры.

#### Список литературы

1. Абдуллина В.А., Фатыхов М.А. Особенности изменения источников тепла в круглом волноводе, заполненном многофазной средой // В мире научных открытий. 2010. №4 (10) С. 145-147.
2. Абдуллина В.А., Фатыхов М.А. Расплавление твердых отложений в трубопроводах движущимся источником электромагнитного поля // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2012. №6. С. 60-68. URL: [http://ogbus.ru/authors/AbdullinaVA/AbdullinaVA\\_1.pdf](http://ogbus.ru/authors/AbdullinaVA/AbdullinaVA_1.pdf). (дата обращения: 03.07.2014).
3. Абдуллина В.А., Фатыхов М.А. Электромагнитный способ плавления парафина в трубе // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2012. № 7. С. 25-28.
4. Балакирев В.А., Сотников Г.В., Ткач Г.В., Яценко Т.Ю. Разрушение асфальтопарафинистых отложений в нефтяных трубопроводах движущимся источником высокочастотного электромагнитного излучения // Журнал технической физики. 2001. Т. 41. Вып. 9. С. 1-8.
5. Кислицын А.А. Численное моделирование высокочастотного электромагнитного прогрева диэлектрической пробки, заполняющей трубу // Журнал прикладной механики и технической физики. 1996. Т. 37. N 3. С. 75-82.
6. Лебедев И.В. Техника и технология СВЧ. М.: Высшая школа, 1970. 440 с.
7. Оборудование для добычи высоковязкой нефти из скважины: Патент №1448784. А.с. СССР / М.А. Фатыхов, Н.Ш. Имашев., Ф.Л. Саяхов, И.С. Хакимов. Заявл. 07.01.85; опубл. Б.И. № 44. 1989. 7 с.
8. Семенов Н.А. Техническая электродинамика. М.: Связь, 1973. 480 с.
9. Саяхов, Ф.Л., Фатыхов М.А., Кузнецов О.Л. Исследование электромагнитно-акустического воздействия на распределение температуры в нефтеводонасыщенной горной породе // Изв. ВУЗов: Нефть и газ. 1981. № 3. С. 36-43.
10. Способ добычи полезных ископаемых: патент № 1824983. Рос. Федерация // М.А. Фатыхов, Л.А. Ковалева, Ф.Л. Саяхов, Г.А. Халиков. Заявл. 31.12.89. 5 с.

11. Способ электродепарафинизации скважин: патент №1314756. А.с. СССР / М.А. Фатыхов, Ф.Л. Саяхов, Н.Ш. Имашев. Заявл. 16.09.85; опубл. Б.И. № 35, 1989. 4 с.
12. Фатыхов М.А. Особенности нагрева плавления парафина в коаксиальной трубе высокочастотным электромагнитным излучением // Теплофизика высоких температур. 2002. Т.40. № 5. С. 802-809.
13. Фатыхов М.А. Сепарация углеводородной жидкости в высокочастотном электромагнитном поле// Электронная обработка материалов. 2002. № 6. С. 50 -53.
14. Фатыхов М.А. Теплофизические особенности взаимодействия высокочастотного электромагнитного поля с многофазными средами: дис. ... д-ра. физ.-мат. наук: 01.04.14. Тюмень, 1997. 368 с.
15. Фатыхов М.А., Акчурина В.А. Математическое моделирование расплавления диэлектрической пробки, заполняющей трубу, движущимся источником электромагнитного излучения //Академический журнал Западной Сибири. 2014. Т. 10. №2. С. 31-37.
16. Фатыхов М.А., Багаутдинов Н.Я. Экспериментальное исследование разложения газогидрата в трубе при сверхвысокочастотном электромагнитном воздействии //Теплофизика высоких температур. 2005. Т.43. № 4. С.612-617.
17. Фатыхов М.А., Багаутдинов Н.Я., Валеев А.М. Способ механического разрушения отложений парафина в НКТ добывающих скважин //Нефтепромысловое дело. 2007. №3. С. 50-51.
18. Фатыхов М.А. Багаутдинов Н.Я., Фатыхов Л.М. Выбор частоты электромагнитного воздействия на гидратопарафиновые отложения в подземном оборудовании скважин //Нефтепромысловое дело. 2007. № 7. С. 48-51.
19. Фатыхов М.А., Багаутдинов Н.Я., Фатыхов Л.М. Предотвращение отложения парафина, солей и гидратов // Нефтепромысловое дело. 2007. № 7. С. 48-51.
20. Фатыхов М.А., Фатыхов Л.М. Исследование коэффициента стоячей волны в высокочастотной токоведущей длинной линии с потерями // В мире научных открытий. 2013. № 6 (42). С. 272 –282.

## **ИЗОБРЕТАТЬ – ЛЕГКО!**

*Андреев А.Р.*

студент, Чувашский государственный университет, Россия, г. Чебоксары

В статье рассматриваются особенности изобретательского процесса и причины, по которым изобретательство до сих пор не стало массовым явлением. Аргументируется актуальность распространения новых методов решения технических задач, таких, как ТРИЗ, доказывається возможность широкого распространения этих методов и доступность для массового применения.

*Ключевые слова:* изобретатель, изобретение, метод проб и ошибок, патент, ТРИЗ.

Технический прогресс преодолел огромный путь за многовековую историю развития человечества. Темпы технического роста резко ускорились в эпоху Нового времени, вследствие чего резко увеличилось количество авторских изобретений. Однако, как в древности, так и по сей день изобретательский процесс традиционно считается элитарным, недоступным широким массам. В то же время при детальном анализе этого вопроса можно прийти к несколько другим выводам.

Древнейший и наиболее доступный способ изобретения – метод проб и ошибок. Этот способ основан на переборе потенциальных вариантов реше-

ния проблемы. Если рассматриваемая задача невелика, то метод проб и ошибок может показать неплохой результат. Однако использование метода для решения сложных комбинированных задач, требующих перебора нескольких тысяч вариантов, является крайне неэффективным [3, с. 5]. Метод требует огромных затрат времени и сил для проверки и анализа эффективности каждого потенциального решения. Кроме того, отсутствует объективная система оценки эффективности решения, в результате подтвердить удовлетворительность результата поставленным требованиям и сравнить различные варианты решения бывает непросто. Такой подход к решению задач не может предложить четкой стратегии решения, при этом большую роль в нем играет случай. Метод проб и ошибок малоприменим для решения сложных задач ввиду своей ресурсозатратности и низкой эффективности, однако ввиду своей интуитивности и методической простоты до сих пор используется для решения некоторых технических задач.

С ростом темпов технического роста метод проб и ошибок перестал приносить удовлетворительный результат. В середине XX века назрела необходимость разработки нового подхода к процессу изобретательства. В это время стали появляться различные эвристические методы решения технических задач, но наиболее эффективное средство разработал выдающийся советский ученый и изобретатель Г.С. Альтшуллер. Им было проведено масштабное исследование патентного фонда. В период с 1946 по 1971 он проанализировал более 40 тысяч патентов. В результате Альтшуллер выделил 40 технических приемов [1, с. 141-177], с помощью которых решались практически все технические противоречия. На основе этих приемов была разработана Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ). За полвека своего существования ТРИЗ развилась в широкую научную теорию, область применения которой вышла далеко за рамки технических задач, однако в её основе по-прежнему лежат сорок типовых приемов разрешения противоречий [4, с. 98].

Использование совокупности нескольких приемов значительно повышает эффективность их использования. Разработка сложных технических систем (ТС) подразумевает решение целого комплекса технических противоречий, и их реализация невозможна без совместного использования ряда типовых приемов. Например, патент №2573697 «Грузопассажирская транспортная система» [6] разрешает пять технических противоречий автомобилей [5, с.32-37]. В частности, проблема аварийной опасности современного транспорта решена совместным использованием следующих приемов: принцип вынесения (изоляция различных направлений движения путем помещения транспортных средств в наземный трубопровод), принцип объединения (объединение ТС транспортных коммуникаций и самого транспорта), принцип матрешки (ТС транспорта помещается в ТС дороги) и переход в другое измерение (параллельная развязка различных направлений движения).

Появление ТРИЗ кардинально изменило подход к изобретательскому процессу. Если раньше, при использовании метода проб и ошибок для решения технических проблем, затраты времени и сил были непомерно велики, а гарантия успешного результата была мала, то теперь, при использовании

ТРИЗ, стратегия решения технических задач стала намного понятнее. Любой возникающей технической задаче подбирается соответствующий прием или комбинация приемов из списка, и с их помощью решается возникшее техническое противоречие. Таким образом, перебор огромного количества вариантов, актуальный для метода проб и ошибок, сводится к подбору и анализу со-рока типовых приемов устранения технических противоречий.

В настоящее время считается общепринятой классификация изобретений по пяти уровням, предложенная Г.С. Альтшуллером [2, с. 49 -54]. Согласно этой классификации изобретения первого уровня являются простейшими; они не устраняют технических противоречий и представляют собой незначительно модифицированную техническую систему. Изобретения пятого уровня являются революционными и вполне могут стимулировать появление новой отрасли техники. Примерами изобретений пятого уровня могут служить автомобиль, радио или ЭВМ. Среди патентов велика доля изобретений первого и второго уровня (около 70%), в то время как доля крупных изобретений значительно меньше (так, доля изобретений пятого уровня не превышает 0,5%). Изобретения низких уровней часто реализуются методом проб и ошибок. Но уже изобретения третьего уровня требуют перебора нескольких сотен вариантов и решения целого комплекса технических противоречий. Реализовывать такие изобретения путем перебора вариантов нерационально и подчас практически невозможно. Использование методов ТРИЗ помогает значительно повысить эффективность решения сложных технических задач.

Темпы роста современного технического мира очень велики. Разработки новых технологий требуют быстрого и качественного разрешения технических противоречий. Именно поэтому использование принципов ТРИЗ вместо перебора вариантов так актуально на сегодняшний день. Эта теория опровергает устоявшееся убеждение, что изобретательство есть удел узкой группы гениев. Овладеть основными изобретательскими приемами и применять их на практике может любой человек. В настоящее время область применения ТРИЗ вышла далеко за пределы технических наук. Разработанные в рамках этой теории методы решения противоречий используются в гуманитарных и естественных дисциплинах. Универсальность и доступность обучения ТРИЗ доказывает, что изобретательский труд по силам каждому.

#### **Список литературы**

1. Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения. М.: Моск. рабочий, 1973. 208 с.
2. Альтшуллер Г.С. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач. Петрозаводск: Скандинавия, 2003. 237 с.
3. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. М.: Сов. радио, 1979. 208 с.
4. Михайлов В.А., Андреев Е.Д., Желтов В.П., Гальетов В.П., Михайлов А.Л. Основы теории систем и решения творческих технических задач. Чебоксары: Изд-во Чуваши- ун-та, 2012. 388 с.
5. Михайлов В.А., Никитин А.И., Андреев Е.Д., Андреев А.Р. Пять технических противоречий автомобилей // Итоги науки в теории и практике 2015: сб. – М.: ЕНО, 2015. 156 с.
6. Патент РФ № 2011149865/11, 08.12.2011. Андреев А.Р., Андреев Е.Д., Михайлов В.А., Никитин А.И. Грузопассажирская транспортная система // Патент России № 2573697. 2016. Бюл. № 3.

# ПОЛУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИССЛЕДУЕМОЙ ВЕЛИЧИНЫ ОТ НЕСКОЛЬКИХ ПАРАМЕТРОВ С ПОМОЩЬЮ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

*Борисов М.С., Борисов Е.С.*

магистранты, ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Россия, г. Пермь

В статье описан метод получения линейной зависимости исследуемой величины от ряда параметров. Для реализации данного метода необходимо, чтобы каждый параметр имел зависимость от исследуемой величины, которая описывалась бы элементарной математической функцией. Функция зависимости имеет линейный характер, а постоянные коэффициенты в ней предлагается определять с помощью нахождения определителя матрицы, который составлен из результатов экспериментальных данных.

*Ключевые слова:* зависимость, эксперимент, опыт.

## Описание метода

Зависимость исследуемой величины от нескольких параметров можно получить на основании теоретических знаний о предмете исследования, используя экспериментальные данные только для определения постоянных в найденных формулах. Второй вариант использования экспериментальных данных предполагает использование их для прямого нахождения зависимости между исследуемыми параметрами [1].

Метод, описанный в данной статье, основан на втором варианте и, как и другие методы, не гарантирует результат, так как требует выполнение одного главного условия, при котором он рекомендуем к применению. Данное условие заключается в соответствии характера зависимости параметра и исследуемой величины одной из элементарных математических функций:

$$y = f(x_1); y = f(x_2); \dots; y = f(x_n), \quad (1)$$

где  $y$  – исследуемая величина, относительно которой находится зависимость;  $x_i$  – параметр, от которого зависит исследуемая величина;  $n$  – количество параметров, от которых зависит исследуемая величина;  $f(x_i)$  – элементарная математическая функция, которая отражает индивидуальную зависимость между  $y$  и каждым из  $x_i$ .

Элементарную математическую функцию можно определить с помощью теоретических знаний. Если данная зависимость отсутствует, то ее необходимо определить с помощью эксперимента. Эксперимент должен быть проведен таким образом, чтобы изменялся только наблюдаемый параметр, а все остальные параметры, от которых зависит исследуемая величина, должны оставаться неизменными. Минимальное количество опытов в эксперименте должно быть трем, так как минимум три точки могут дать наиболее обширное представление о характере зависимости между наблюдаемой вели-



чиной и исследуемым параметром. Далее по найденным точкам строится зависимость наблюдаемой величины от параметра и подбирается полином, который наиболее точно описывает данную зависимость.

Общий вид зависимости, который предполагает данный метод, выглядит следующим образом:

$$y = a_1 f(x_1) + a_2 f(x_2) + \dots + a_n f(x_n), \quad (2)$$

где  $a_i$  – коэффициенты уравнения.

Коэффициенты уравнения (2) рекомендуется вычислять с помощью нахождения определителя матрицы опытов (3):

$$\begin{vmatrix} y - y_0 & y_1 - y_0 & \dots & y_m - y_0 \\ f(x_1) - f(x_1)_0 & f(x_1)_1 - f(x_1)_0 & \dots & f(x_1)_m - f(x_1)_0 \\ f(x_2) - f(x_2)_0 & f(x_2)_1 - f(x_2)_0 & \dots & f(x_2)_m - f(x_2)_0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(x_n) - f(x_n)_0 & f(x_n)_1 - f(x_n)_0 & \dots & f(x_n)_m - f(x_n)_0 \end{vmatrix} = 0, \quad (3)$$

где  $y_j$  – результат эксперимента по определению исследуемой величины в  $j$  опыте;  $f(x_i)_j$  – значение элементарной функции в зависимости от результата эксперимента по определению  $i$ -го параметра в  $j$ -ом опыте;  $m$  – количество опытов (в данном методе необходимо принимать  $m = n + 1$ ).

Эксперимент, который необходим для получения опытных данных для матрицы (3) значительно отличается от того эксперимента, который необходимо использовать для нахождения индивидуальной зависимости по уравнению (1). Если в первом эксперименте необходимо производить замеры исследуемой величины в зависимости только от одного параметра, то во втором необходима зависимость сразу от всех параметров.

### Вывод

Данный метод может быть широко применен в тех задачах, где требуется большая точность. В качестве апробации вышеописанного материала может служить работа [2], в которой данный метод применен к расчету величины установившегося нагрева воздушной линии под нагрузкой.

### Список литературы

1. Усова А.В. Методология научных исследований: курс лекций. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2004.
2. Петроченков А. Б., Ромодин А. В., Лейзгольд Д. Ю., Борисов М. С. By Development of Express Methodic for Determining the Stationary Thermal Conditions Models Parameters of Aerial Lines // European Journal of Technology and Design. 2015. Vol. 9. Iss. 3. С. 98-106.

# МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЯ И ПЛОТНОСТИ ТОПЛИВА В ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА НАЗЕМНЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*Демин Е.С.*

аспирант кафедры физики,  
Пензенский государственный технологический университет, Россия, г. Пенза

Сделан обзор современных методов измерений уровня и плотности и телеметрических систем мониторинга наземных автотранспортных средств. Предлагается использование в подобных системах магнитострикционные преобразователи уровня и плотности топлива повышенной точности.

*Ключевые слова:* измерение уровня и плотности, магнитострикционные преобразователи, телеметрические системы мониторинга.

**Введение.** Проблема расхода топлива стоит перед предприятиями самых разных отраслей, где преобладают дизельные силовые агрегаты. К таким отраслям относится и наземный грузопассажирский автотранспорт. Развитие в последние годы информационных технологий привело к появлению спутниковых систем мониторинга параметров транспортных средств (ТС) различного назначения (наземных, морских, воздушных). Контроль ТС через спутниковые системы ГЛОНАСС/GPS, кроме того, является эффективным средством повышения безопасности использования транспорта любого назначения. Одной из главных особенностей таких систем является их универсальность и многофункциональность.

Известные сегодня телеметрические системы мониторинга топлива грузопассажирского ТС обычно включают три главных составляющих – специализированное программное обеспечение, уровнемер (и/или расходомер) и терминал. Из этого следует, что основным измерительным элементом, отвечающим за точность, достоверность и надежность измерения текущего значения уровня топлива, является уровнемер (преобразователь уровня). Такой прибор, установленный на корпусе топливного бака ТС, работает в сложных условиях. На него воздействуют тепловые и вибрационные поля окружающей среды, колебательные процессы топлива в баке ТС во время его движения и пр. Поэтому, в таких условиях процесс непрерывного измерения уровня топлива ТС представляет собой сложную и ответственную задачу.

**Методы измерения уровня жидких сред.** По источникам научно-технической и патентной информации [1, 2] известны два основных метода измерения уровня жидких или сыпучих сред – *весоизмерительный* и *объемный*. Весоизмерительный метод используется крайне редко для измерения, преимущественно, сыпучих сред. Для измерения жидких сред наибольшее распространение получил второй метод – *объемный*. Это объясняется простотой технической реализации и высокой достоверностью. Использование объемного метода измерения уровня жидких сред дает возможность их гра-

дуировать в объемных (или весовых) единицах, что облегчает задачи измерения и анализа получаемой информации.

Известные методы измерения уровня жидких сред можно классифицировать по 3-м основным группам [2, 3]: *полевые, лучевые и гравитационные* методы. Реализация отмеченных методов измерения уровня жидких сред в мерном резервуаре технического объекта в виде соответствующего уровнемера (или плотномера) основывается на использовании одного или нескольких известных физических эффектов или явлений. В связи с этим известна следующая классификация промышленных уровнемеров [1-3].

Каждый из указанных видов известных уровнемеров промышленного изготовления имеет индивидуальные технические, метрологические параметры и особенности применения.

**Методы измерения плотности жидких сред.** Аналогичные требования предъявляются и к другому виду измерительных устройств – *плотномерам* или *преобразователями плотности* жидких (газообразных) сред. Измерение плотности вещества используется для выявления качества топлива на транспортных средствах, сырья, реагентов и готовой продукции, а также для целей управления технологическими процессами на предприятиях [4]. Принцип работы всех известных сегодня промышленных плотномеров основан на использовании гравитационных и полевых методов. Различают следующие виды промышленных плотномеров жидких сред [4]: *ареометрические* или *поплавковые, пикнометрические* или *весовые, гидростатические* и *вибрационные*.

Перечисленные виды измерительных устройств, применяются в химической, фармацевтической, пищевой промышленности. Отдельные их виды используются на транспортных средствах (наземных, воздушных, водных) для измерения и контроля качества топлива.

**Телеметрические системы мониторинга расхода топлива.** В последнее время создаются и внедряются телеметрические системы мониторинга (ТСМ) с применением систем спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS.

Использование ТСМ автотранспорта дает возможность контролировать транспортные средства в режиме реального времени (on-line) непосредственно на сервере предприятия. Отслеживать показания штатных и дополнительных датчиков ТС, и получать сообщения о различных внештатных ситуациях. Для выполнения столь масштабных и сложных задач в телеметрических системах мониторинга ТС используются следующие технологии: *технология спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS, технология мобильной сотовой связи с использованием SMS, технологии сети Интернет*.

В зависимости от применяемых технических решений, решаемых задач и требований, можно выделить 5 поколений ТСМ ТС. На российском рынке сегодня известен ряд ТСМ 1-4-го поколений развития информационно-технических товаров: «Теллус», «АСИУТ», «Пилот-GPS», «GALILEO ГЛОНАСС», «СКАУТ», «Omnicolomm FAS Train», «Sirius Navigator», «ГЛОСАВ» и др.

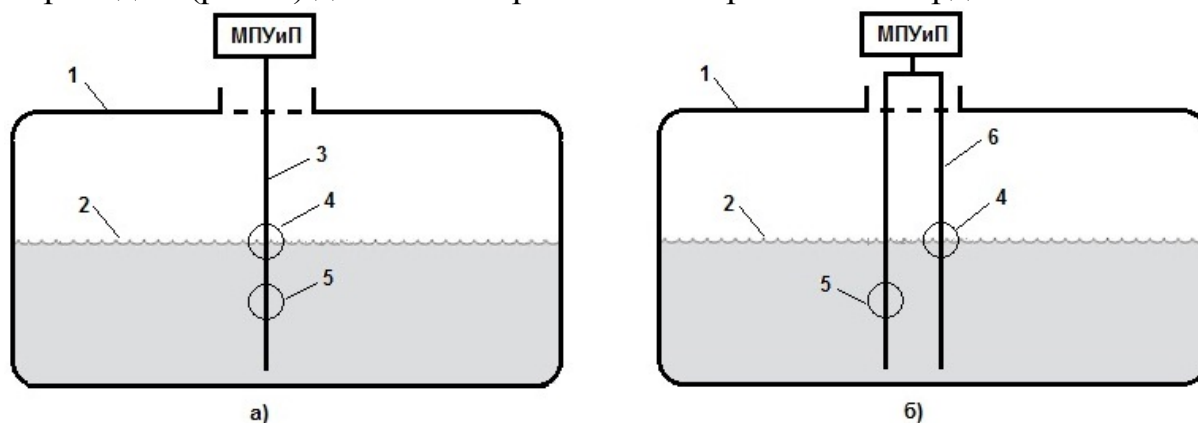
Характерным для известных ТСМ ТС является использование следующих методов контроля топлива автотранспорта: *расчетный метод, метод*

уровнемера и метод расходомера. Точность метода определяется, в основном, метрологическими характеристиками измерительного средства – датчика (преобразователя) уровня. В известных на сегодняшний день ТСМ находят применение 4 основных типа преобразователей (датчиков) уровня топлива в баке ТС: *поплавковый резисторный* – штатный, и внештатные – *емкостной, ультразвуковой и магнитострикционный* [5].

### Измерительные средства ТСМ расхода топлива ТС

Из всего вышесказанного следует, что для повышения эффективности мониторинга расхода топлива ТС, они должны оснащаться внештатными уровнемерами. Помимо измерения объема топлива в баке ТС желательно оценивать качество заправляемого топлива, например, по такому показателю, как *плотность*. Применяемые сегодня в ТСМ измерительные средства – *резисторные, емкостные и ультразвуковые*, этого выполнить не могут в силу своих конструктивных особенностей. Производить измерение плотности и уровня жидкой среды позволяет магнитострикционный метод измерения [5, 6].

При установке на баке ТС такого МПУиП (рис.), например, в качестве внештатного измерительного прибора, следует исходить из следующего: по *геометрическому центру* топливного бака ТС устанавливается МПУиП с *I-образным* звукопроводом (рис. а) для симметричного измерения; *вдоль продольной оси* топливного бака ТС устанавливается МПУиП с *II-образным* звукопроводом (рис. б) для асимметричного измерения по координате *X*.



Обозначения: 1- резервуар (топливный бак), 2- жидкая среда (топливо), 3-б- I- и II-образные звукопроводы, 4- основной поплавок уровня, 5- поплавок плотности, МПУиП - измерительный блок прибора

Рис. Варианты установки МПУиП на топливном баке ТС

Описанные схемы размещения МПУиП на топливном баке ТС позволяют уменьшить влияния поперечных и продольных кренов при движении, а также возможных изначальных смещений топливного бака на шасси ТС по горизонту, на результаты мониторинга расхода и учета топлива.

**Выводы.** Для повышения эффективности ТСМ в части мониторинга расхода топлива наземных ТС (грузопассажирского автотранспорта) предлагается использовать *магнитострикционный метод измерения уровня и плотности топлива*. Его реализация в виде комбинированных приборов – *магнитострикционных преобразователей уровня и плотности (МПУиП)*, имеющих методическую погрешность измерения порядка 0,02 – 0,05% в диапа-

зоне преобразования  $L = 1,0 - 2,0$  м позволит: повысить эффективность расчета массы топлива в баке ТС; расширить функциональные возможности подсистемы учета расхода топлива ТСМ ТС; снизить себестоимость изготовления измерительного средства и установки его на объект (ТС) в качестве внештатного (или штатного) измерительного прибора.

#### Список литературы

1. Бабиков, О. И. Ультразвуковые приборы контроля. – Л.: Машиностроение, 1985. – 177 с.
2. Фрайден, Дж. Современные датчики. Спр-к. – М.: Техносфера, 2006. – 588 с.
3. Мокроусов, Д. А. Современные методы измерения уровня жидких сред в закрытых резервуарах/ Д. А. Мокроусов, Е. С. Демин, Э. В. Карпухин, С.Б. Демин// Тенденции современной науки – 2014: Материалы X международной научно-практической конференции. Секция «Автоматизированные системы управления на производстве». – Sheffield: Science and Education LTD, 2014. – С.28-36.
4. Кивилис, С.С. Плотномеры. – М.: Энергия, 1980. – 280 с.
5. Демин, С.Б. Магнитострикционные системы для автоматизации технологического оборудования: Монография. – Пенза, Изд-во ПГУ, 2002. – 182 с.
6. Патент RU №155410, МПК: G01F23/28, G01F23/30. Адаптивный магнитострикционный преобразователь уровня и плотности топлива транспортного средства (его варианты)/ Е.С. Демин// Оpubл. 10.10.2015. Бюл. №28.

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

*Истомина А.И.*

аспирант 3-го года обучения,

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

В настоящее время на практике широко применяются приборы для определения артериального давления, основанные на общеизвестных осциллометрическом и аускультативном методах. Однако применение таких приборов имеет ряд ограничений из-за высокой чувствительности к шумам в помещении, движениям руки, положению измерительного датчика. В настоящей статье рассмотрим существующие методы определения артериального давления.

*Ключевые слова:* артериальное давление, дистальные фаланги пальцев, безманжетное измерение.

Наиболее перспективными способами определения артериального давления на данный момент являются способ измерения давления крови путем обнаружения характерных изменений пульсограммы, зарегистрированной на дистальной фаланге пальца; устройство для безманжетного измерения артериального давления и частоты пульса, устройство для измерения скорости распространения пульсовой волны и среднего артериального давления.

Известен способ измерения параметров давления крови в артериальной системе [1], заключающийся в измерении давления крови путем обнаружения характерных изменений пульсограммы, зарегистрированной на дисталь-

ной фаланге пальца, измерения давления в компрессионной манжете в моменты этих изменений, определения систолического давления в граничный момент сигнала пульсограммы.

Однако данный способ измерения артериального давления крови обладает недостатком, заключающимся в том, что за время пережатия артерий в кровеносной сосудистой системе происходят некоторые нежелательные процессы. Эти процессы изменяют характер амплитуды пульса в капиллярах и, в свою очередь, изменяют характер изменения пульсограммы. В результате чего снижается точность измерения диастолического давления, а для многих людей измерение диастолического давления становится невозможным.

Известен способ определения давления крови [2], основанный на анализе изменения кровенаполнения сосудов. На проксимальную фалангу пальца руки накладывают пережимающую манжету, на дистальную фалангу этого пальца накладывают датчик, регистрирующий кровенаполнение сосудов, который соединяют с усилителем и регистрирующим устройством. Сверху датчика на проксимальную фалангу пальца накладывают компрессионную манжету. Способ основан на анализе изменения кровенаполнения сосудов, возникающего в результате гидродинамического противопоставления давления крови и давления в пережимающей и компрессионной манжетах.

Главным недостатком является ограничение по скорости измерений. Чем она ниже, тем точнее измерения.

На ряду с манжетными способами появляется большое количество безманжетных способов, которые позволяют избавить пациента от неприятных ощущений во время измерения, а также проводить непрерывный контроль артериального давления.

Устройство для безманжетного измерения артериального давления и частоты пульса [3], содержащее корпус по форме авторучки, измерительный щуп, датчик давления, электронный блок, дисплей, отличающееся тем, что содержит дозатор постепенного давления на датчик давления. Преимуществами такого устройства можно считать простоту конструкции и отсутствие окклюзионной манжеты.

Известен метод определения артериального давления по температуре дистальных фаланг пальцев [4], который заключается в определении индивидуального коэффициента пропорциональности, равного отношению среднего артериального давления и средней температуры дистальных фаланг пальцев в стационарных условиях. Впоследствии этот коэффициент используется для вычисления среднего артериального давления путем умножения его на текущее измеренное значение температуры дистальных фаланг пальцев.

Недостатком данного метода является невозможность прямого определения систолического и диастолического давления. Недостаток может быть преодолен при появлении разработок температурных датчиков с временем реакции менее 1 мс.

Проведенный анализ методов измерения артериального давления позволяет сделать вывод о том, что наиболее перспективными на данном этапе

являются безманжетные приборы, которые бы позволили осуществлять комфортный контроль артериального давления в нестационарных условиях.

#### **Список литературы**

1. А. с. 1708297 СССР, МПК5 А61В5/02. Способ измерения параметров давления крови в артериальной системе/ В.И. Голуб, С.С. Бехтерев, А.А. Опалев, В.Г. Семенов, Я.В. Голуб, В.В. Уваров, В.М. Луфт. – № 4494562: заявл. 17.06.1988; опубл. 30.01.1992. Бюл. № 4 – 2 с.: ил.
2. А. с. 1168192 СССР, МПК4 А61В5/02. Способ определения давления крови/ Н.Н. Новиков. – № 3556336: заявл. 21.02.1983; опубл. 23.07.1985. Бюл. № 27 – 3 с.: ил.
3. Пат. 2446738 Российская Федерация, МПК А61В5/022. Устройство для безманжетного измерения артериального давления и частоты пульса/ Коршунов В.М. : заявитель и патентообладатель Коршунов Виктор Михайлович – № 2010140940/14; заявл. 06.10.2010; опубл. 10.04.2012. : ил.
4. Истомина А.И. Мониторинг артериального давления по температурным параметрам дистальных фаланг пальцев / А.И. Истомина, В.М. Строев // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-27 [текст]: сб. трудов XXVII Междунар. науч. конф.: в 12 т. Т.6. Секции 6, 7, 8 / под общ. ред. А.А. Большакова. – Тамбов : Тамбовск. гос. техн. ун-т, 2014. С. 145-147.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРОВЕДЕНИЕ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА РЕКАХ В ПАВОДКОВЫЙ ПЕРИОД**

***Каменецкая Н.В.***

профессор кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов, канд. техн. наук, доцент,  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,  
Россия, г. Санкт-Петербург

***Медведева О.М.***

доцент кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов, канд. техн. наук,  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,  
Россия, г. Санкт-Петербург

***Хитов С.Б.***

преподаватель кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,  
Россия, г. Санкт-Петербург

В статье рассмотрена возможность применения метода динамического программирования при моделировании процесса оптимального распределения взрывчатого вещества при проведении взрывных работ на реках в паводковый период.

*Ключевые слова:* динамическое программирование, оптимизация, взрывные работы, паводок.

Ежегодно в ряде регионов Российской Федерации ввиду их природно-климатических и хозяйственно-экономических особенностей наблюдаются так называемые весенние паводки, возникающие в результате таких опасных гидрологических природных явлений, как высокий уровень воды в реках в период весеннего таяния снежных покровов и вскрытия рек ото льда, и являющиеся во многих случаях источниками возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС).

При прохождении по рекам вскрывшегося льда (ледохода) и так называемой шуги – всплывшего на поверхность или занесенного вглубь потока внутриводного льда [2], в руслах рек возникают зажоры и заторы, приводящие к паводкам и половодьям, результатами которых, как правило, являются подтопления пониженных прибрежных частей ряда территорий и населенных пунктов.

В целях предотвращения возникновения ЧС силы и средства функциональной и территориальной подсистем единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) России проводят превентивные мероприятия по предупреждению наводнений и смягчению возможных последствий в период весеннего половодья, одним из которых является подготовка и проведение взрывных работ по предупреждению и ликвидации заторов льда на реках [3].

Работы проводятся в соответствии с разработанными и утвержденными руководителем производства взрывных работ техническими картами работ, проектной документацией, расчетами специалистов.

Отнесем разработку и утверждение данных документов к планированию мероприятий на проведение взрывных работ. Подобное планирование необходимо осуществлять с целью обеспечения наибольшей эффективности действий подразделений, выполняющих взрывные работы.

При этом возникает задача, связанная с разработкой оптимальных, с точки зрения эффективности, решений и планов, решение которой может быть осуществлено с использованием методов математического моделирования.

Рассмотрим решение задачи выбора оптимального плана проведения взрывных работ на реках в следующих условиях.

Имеется несколько планов проведения работ для каждой из следующих трех рек (данное число рек выбрано в целях минимизации расчетов): Река-1, Река-2, Река-3. Планы различаются между собой количеством взрывчатого вещества, необходимого для выполнения задачи и величиной предотвращенного ущерба с учетом затрат на проведение взрывных работ.

Необходимо оптимальным образом спланировать инженерно-взрывные работы на реках в период весенних паводков для предотвращения затопления прибрежных территорий. Пусть количество тротила для проведения взрывных работ на все реки, ограниченное требованиями экологов, составляет 400 кг. Необходимо так распределить количество тротила между тремя реками, чтобы общий предотвращенный ущерб от весеннего паводка был бы максимальным. Исходные данные представим в таблице 1.



## Исходные данные

Количество тротила, кг	Предотвращенный ущерб от паводка, млн. руб.		
	Река-1 $U_1(C_i)$	Река-2 $U_2(C_i)$	Река-3 $U_3(C_i)$
0	0	0	0
100	5	3	4
200	8	5	5
300	9	7	6
400	11	9	7

где  $U_k(C_i)$ ,  $k = \overline{1,3}$ ;  $i = \overline{1,4}$  – предотвращенный ущерб при вложении в  $k$ -ю реку  $C_i$  взрывчатого вещества.

Для решения поставленной оптимизационной задачи будем использовать метод динамического программирования.

Динамическое программирование (иначе «динамическое планирование») есть особый метод оптимизации решений, специально приспособленный к так называемым «многошаговым» (или «многоэтапным») операциям [1, с. 84]. Операция, о которой идет речь, представляет собой управляемый процесс, позволяющий выбирать параметры, влияющие на его ход, причем на каждом шаге выбирается решение, от которого зависит выигрыш на данном шаге и выигрыш за операцию в целом. Такое решение называется «шаговым управлением» [1, с. 84]. Совокупность всех шаговых управлений представляет собой управление операцией в целом. Требуется найти оптимальное управление, при котором выигрыш обращается в максимум:

$$W = \sum_{i=1}^n w_i \rightarrow \max,$$

где  $w_i$  – выигрыш на  $i$  – ом шаге.

Динамическое программирование основано на принципе оптимальности Беллмана, который состоит в том, что условный оптимальный выигрыш на каждом шаге вычисляется так, чтобы выигрыш на всех оставшихся до конца шагов, включая данный, был бы максимальный [1, с. 84].

Поставленная выше задача может быть представлена в виде модели:

$$U(C) = \sum_{k=1}^3 U_k(C_i) \rightarrow \max, \quad i = \overline{1,4}$$

$$\sum_i^4 C_i \leq 400$$

Обозначим оптимальный предотвращенный ущерб при суммарном вложении по одной реке через  $U_1(C)$ , по двум рекам – через  $U_{12}(C)$ , по трем рекам – через  $U_{123}(C)$ . Это будут функции Беллмана для разных этапов (шагов). Для этой задачи нет физического процесса во времени, но задачу распределения взрывчатого вещества можно разбить на этапы. Условно вводится первый этап, называемый иногда нулевым, на котором весь тротил расходуется на одну реку, например, первую (Река-1). На втором этапе выбирается

оптимальное управление, то есть оптимальное распределение тротила между двумя реками (Река-1, Река-2). На третьем этапе выбирается оптимальное распределение между тремя реками (Река-1, Река-2, Река-3) с учетом предыдущих этапов. Для вычислений используются следующие формулы:

$$U_1(C) = S_1(C)$$

$$U_{12}(C) = S_2(C) = \max_{0 \leq C_1 \leq C} [U_2(C - C_1) + U_1(C_1)] \quad (1)$$

$$U_{123}(C) = S_3(C) = \max_{0 \leq C_2 \leq C} [U_3(C - C_2) + U_{12}(C_2)] \quad (2)$$

где  $U_1(C)$ ,  $U_{12}(C)$ ,  $U_{123}(C)$  – максимальный предотвращенный ущерб при расходовании всего тротила на первую реку, на первую и вторую, и на первую вторую и третью, соответственно.

Каждая из этих формул представляет собой функциональное уравнение Беллмана, которое в общем случае для  $k$  рек запишется в виде:

$$S_k(C) = \max_{0 \leq C_{k-1} \leq C} [S_k(C - C_{k-1}) + S_{k-1}(C_{k-1})]$$

Результат прохождения первого этапа представлен в таблице 2.

Таблица 2

**Оптимальное управление на втором этапе динамического программирования**

Количество тротила, кг	Предотвращенный ущерб от паводка, млн. руб.			Оптимальное управление на втором этапе
	Река-1 $U_1(C_i)$	Река-2 $U_2(C_i)$	Реки-1,2 $U_{12}(C_i)$	
0	0	0	0	(0,0)
100	5	3	5	(100,0)
200	8	5	8	(100,100)
300	9	7	11	(200,100)
400	11	9	13	(200,200)

Данная таблица заполняется следующим образом:

**C=0:** в первую реку 0, во вторую 0,  $U_{12}(C)=0$ .

**C=100:** есть два варианта: весь тротил использовать на первую реку или весь тротил – на вторую реку.

$$(100,0): U_{12}(C) = U_1(100) + U_2(0) = 5 + 0 = \mathbf{5} \rightarrow \mathbf{max}$$

$$(0,100): U_1(0) + U_2(100) = 0 + 3 = 3$$

**C=200:** есть три варианта:

$$(200,0): U_1(200) + U_2(0) = 8 + 0 = 8$$

$$(100,100): U_{12}(C) + U_1(100) + U_2(100) = 5 + 3 = \mathbf{8} \rightarrow \mathbf{max}$$

$$(0,200): U_1(0) + U_2(200) = 0 + 5 = 5$$

**C=300:** есть четыре варианта:

$$(0,300): U_1(0) + U_2(300) = 0 + 7 = 7$$

$$(300,0): U_1(300) + U_2(0) = 9 + 0 = 9$$

$$(100,200): U_1(100) + U_2(200) = 5 + 5 = 10$$

$$(200,100): U_{12}(C) + U_1(200) = U_2(100) = 8 + 3 = \mathbf{11} \rightarrow \max$$

**C=400:** есть пять вариантов:

$$(400,0): U_1(400) + U_2(0) = 11 + 0 = 11$$

$$(300,100): U_1(300) + U_2(100) = 9 + 3 = 12$$

$$(100,300): U_1(100) + U_2(300) = 5 + 7 = 12$$

$$(200,200): U_{12}(C) = U_1(200) + U_2(200) = 8 + 5 = \mathbf{13} \rightarrow \max$$

$$(0,400): U_1(0) + U_2(400) = 0 + 9 = 9$$

Таким образом, на втором этапе оптимально распределили количество тротила между двумя реками. Теперь распределим тротил между тремя реками, используя принцип оптимальности Беллмана. При этом используем результаты второго этапа и составляем таблицу 3.

Таблица 3

### Оптимальное управление на третьем этапе динамического программирования

Количество тротила, кг	Предотвращенный ущерб от паводка, млн. руб.			Оптимальное управление на втором этапе	Оптимальное управление на третьем этапе
	Реки-1,2 $U_{12}(C)$	Река-3 $U_3(C)$	Реки-1,2,3 $U_{123}(C)$		
0	0	0	0	(0,0)	(0,0,0)
100	5	4	5	(100,0)	(100,0,0)
200	8	5	9	(100,100)	(100,0,100)
300	11	6	12	(200,100)	(100,100,100)
400	13	7	15	(200,200)	(200,100,100)

Данные в таблице получаются с использованием формулы (2), то есть в качестве предотвращенного ущерба на одной из «рек» выступают уже полученные результаты  $U_{12}(C)$ .

**C=0:** в первую реку 0, во вторую 0,  $U_{123}(C) = 0$ .

**C=100:** есть два варианта: весь тротил использовать на первую реку или весь тротил на вторую реку.

$$(0,100): U_{123}(C) + U_{12}(0) + U_3(100) = 0 + 4 = 4$$

$$(\mathbf{0},100): U_{12}(100) + U_3(0) = 5 + 0 = \mathbf{5} \rightarrow \max$$

**C=200:** есть три варианта:

$$(200,0): U_{12}(200) + U_3(0) = 8 + 0 = 8$$

$$(\mathbf{100},100): U_{123}(C) + U_{12}(100) + U_3(100) = 5 + 4 = \mathbf{9} \rightarrow \max$$

$$(0,200): U_{12}(0) + U_3(200) = 0 + 5 = 5$$

**C=300:** есть четыре варианта:

$$(0,300): U_{12}(0) + U_3(300) = 0 + 6 = 6$$

$$(300,0): U_{12}(300) + U_3(0) = 11 + 0 = 11$$

$$(100,200): U_{12}(100) + U_3(200) = 5 + 5 = 10$$

$$(200,100): U_{123}(C) + U_{12}(200) + U_3(100) = 8 + 4 = \mathbf{12} \rightarrow \max$$

**C=400:** есть пять вариантов:

$$(400,0): U_{12}(400) + U_3(0) = 13 + 0 = 13$$

$$(300,100): U_{123}(C) + U_{12}(300) + U_3(100) = 11 + 4 = \mathbf{15} \rightarrow \mathbf{max}$$

$$(100,300): U_{12}(100) + U_3(300) = 5 + 6 = 11$$

$$(200,200): U_{12}(C) + U_1(200) + U_2(200) = 8 + 5 = 13$$

$$(0,400): U_{12}(0) + U_3(400) = 0 + 7 = 7$$

Оптимальное решение найдено на последнем этапе (шаге) метода динамического программирования. Из таблицы 3 видно, что оптимальное распределение тротила следующее: 200 кг необходимо для взрывных работ на первой реке (Река-1), 100 кг на второй реке (Река-2), и 100 кг на третьей реке (Река-3). При этом максимальный предотвращенный ущерб от паводка и взрывных работ составит 15 млн. рублей.

Таким образом, с использованием принцип оптимальности и функциональное уравнение Беллмана, найдено оптимальное решение задачи распределения взрывчатых веществ при проведении превентивных инженерно-саперных работ на трех реках с целью предотвращения паводков.

Подобные расчеты можно проводить и для большего числа рек. При этом количество шаговых управлений соответственно увеличивается. Метод динамического программирования, основанный на принципе оптимальности Беллмана, может быть использован и при решении других задач оперативной деятельности подразделений МЧС России, например, при решении задачи перераспределения сил и средств при проведении различных тактических и спасательных операций в зонах ЧС [5, с. 175]. Методы оптимизации находят также эффективное применение в моделировании организации образовательного процесса в высших учебных заведениях [4, с. 212].

#### Список литературы

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология.– М.: Наука, 2009. – 207 с.
2. ГОСТ 19179-73 Гидрология суши. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1988. – 34 с.
3. Методические рекомендации для органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации по организации подготовки к паводкоопасному периоду (утв. Приказом МЧС России от 04.12.2014 № 2-4-87-40-14).
4. Калинина Е.С. Пути повышения качества образовательного процесса в высших учебных заведениях // Научные исследования: от теории к практике. 2015. Т. 1. № 2 (3). с. 212-215.
5. Каменецкая Н.В., Кусайло Ф.А., Сиротин В.Г. Нахождение оптимальных маршрутов передвижения спасателей МЧС в зоне ЧС на основе применения теории графов // Современное образование: содержание, технологии, качество. 2016. Т. 2. С. 175-176.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИЛЬНОЙ МУТАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА

**Кобак В.Г.**

профессор кафедры, д-р техн. наук,  
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

**Жуковский А.Г.**

профессор кафедры, канд. техн. наук,  
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

**Швидченко С.А.**

доцент кафедры, канд. техн. наук,  
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

**Рудова И.Ш.**

аспирант, Донской государственной технической университет,  
Россия, г. Ростов-на-Дону

В работе рассмотрены различные модифицированные виды мутаций и их влияние на результат работы генетического алгоритма на основе модели Гольдберга при решении задачи коммивояжера.

*Ключевые слова:* задача коммивояжера, генетический алгоритм, граф, модель Гольдберга, мутация, кроссовер, муравьиный алгоритм, элитная особь, феромон, природные вычисления.

**Введение.** Задача коммивояжера (ЗК) является NP сложной задачей дискретной оптимизации и определяется следующим образом: для заданного полного взвешенного графа  $G=(V,E,D)$  с множеством вершин  $V=\{v_i\}_n$ , множеством ребер  $E$  и матрицей весов  $D=\{d_{i,j}\}_{n \times n}$  необходимо найти гамильтонов цикл  $(v_{i_1}, v_{i_2}, \dots, v_{i_n})$ , где  $(i_1, \dots, i_n)$  – перестановка на множестве  $\{1, 2, \dots, n\}$ , а  $v_i \in V$ , с минимальной суммой весов дуг [1]:

$$\sum_{j=1}^{n-1} d_{i_j i_{j+1}} + d_{i_n i_1} \rightarrow \min$$

Вершины графа  $G$  часто называются городами, а любой гамильтонов цикл называется маршрутом коммивояжера. Очевидным решением задачи является метод полного перебора. Он заключается в последовательном переборе всех возможных вариантов маршрутов. Если число городов равно  $n$ , то количество всевозможных маршрутов равно  $n!$ . Так как в задаче исходный пункт всегда известен заранее, остается перебрать  $(n-1) \cdot (n-2) \cdot \dots \cdot 2 \cdot 1 = (n-1)!$  возможных вариантов. С увеличением количества городов эта величина быстро возрастает и уже при 15 городах достигает астрономических цифр. Поиск точных и приближенных способов решения задачи о коммивояжере остается актуальным и с теоретической и с прак-

тической точки зрения, так как не найдено, а возможно и не существует точных алгоритмов, решающих ЗК за короткое (полиномиальное) время. Поэтому для решения задачи коммивояжера эффективнее использовать не точные, а эвристические методы. Применение эвристических алгоритмов к какой-либо практической задаче обычно приводит к рекомендациям, которые намного лучше произвольного решения, и которые наиболее близки к лучшему варианту.

**Обзор алгоритмов решения.** В данной статье решение задачи коммивояжера произведено модифицированным генетическим (ГА) алгоритмом. Особенностью генетического алгоритма, приведенного в данной статье, является то, что поиск оптимального маршрута происходит моделью Гольдберга с использованием только лишь модифицированных операторов мутации (ОМ) без применения кроссовера. Мутация – случайное изменение одного или нескольких генов в хромосоме [2]. Оператор мутации позволяет разнообразить генотип в поколении, тем самым, исключая возможность «застревания» в ловушке локальных минимумов и повышая точность работы алгоритма. Вероятность мутации  $p_m$  является фиксированным случайным числом на отрезке  $[0; 1]$ . Вероятность мутации в предложенном алгоритме составляет 100%. В ходе вычислительных экспериментов, изложенных в работе [3] было определено, что наиболее близкие к оптимуму длины маршрутов получаются при использовании «простого несимметричного двухточечного ОМ».

Несимметричный двухточечный ОМ выполняется следующим образом:

1. В хромосоме  $P = (a_1, a_2, a_3, \dots, a_{n-2}, a_{n-1}, a_n)$  определяются случайным образом две позиции (например,  $a_2$  и  $a_{n-1}$ ).

2. Гены, соответствующие выбранным позициям, переставляются, и формируется новая хромосома.  $P' = (a_1, a_{n-1}, a_3, \dots, a_{n-2}, a_2, a_n)$ .

Для данной работы была выбрана стратегия «Сравнение мутирующей особи с предком, а далее лучшей из них со случайной особью в поколении», которая показала себя, как одна из лучших стратегий [4-5]. Для повышения эффективности алгоритма также была введена следующая модификация: после каждой итерации алгоритма все особи из поколения подвергались сильной мутации (изменение до 30 % генов).

Сильная мутация выполняется следующим образом:

1.  $m$  – число измененных генов в хромосоме ( $m = 30\%$  от общего количества генов в хромосоме);

2. В хромосоме  $P = (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, \dots, a_{n-2}, a_{n-1}, a_n, a_1)$  определяются случайным образом позиция, например –  $a_3$ ;

3. Если  $m=3$ , то результирующая хромосома будет выглядеть следующим образом:  $P' = (a_1, a_6, a_3, a_2, a_{n-1}, a_n, \dots, a_{n-2}, a_4, a_5, a_1)$ ;

**Алгоритм:**

- $m=1$  ( $m$  – номер особи, подверженной мутации);
- Применяем к  $m$ -ной особи оператор мутации;
- Вычисляем значение целевой функции для мутирующей  $m$ -ной особи и сравниваем его со значением целевой функции предка, а затем лучшее из них сравниваем со значением целевой функции случайно

выбранной особи из поколения. Особь с наилучшим значением целевой функции добавляется в следующее поколение;

- Устанавливаем  $m=m+1$  и повторяем шаги 2 и 3, пока каждая особь из поколения не подвергнется мутации;

- Определяем особь с наилучшей приспособленностью (значением целевой функции) в поколении  $f_{onm}$  ;

- Проверяем сколько итераций подряд значение  $f_{onm}$  было неизменно. Если  $f_{onm}$  было неизменным  $N_u$  итераций подряд, то запоминаем лучшее решение ( $O_1$ ), если меньше чем  $N_u$ , то переходим на шаг 1;

- Подвергаем сильной мутации каждую особь из результирующего поколения;

- Повторяем шаги 1-6 и получаем следующее решение  $O_2$ , если  $O_2 > O_1$ , то конец работы и  $O_1$  – длина результирующего маршрута, если нет, то снова повторяем шаг 7, а затем шаги 1-6.

Аналитически сделать выводы об эффективности данного алгоритма нельзя, поэтому был поставлен вычислительный эксперимент. Результаты вычислительного эксперименты для графа nBaeg29 (29 вершин, известное значение оптимума 1610) представлены в таблице 1, а для графа – brazil58 (58 вершин, известное значение оптимума 25395).

Таблица 1

**Результаты работы ГА с использованием сильной мутации, граф – nBaeg29**

Число повторов/о собей	20 запусков алгоритма			35 запусков алгоритма			50 запусков алгоритма		
	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т
100	1915	0.6	1756	1887	0,66	1754	1884	0,64	1719
200	1827	1.9	1742	1845	1,85	1719	1843	1,91	1699
300	1807	3.4	1704	1826	3,64	1692	1823	3,66	1678
500	1783	9,4	1679	1784	9,51	1653	1771	8,91	1654

Таблица 2

**Результаты работы ГА с использованием сильной мутации, граф – brazil58**

Число повторов/о собей	20 запусков алгоритма			35 запусков алгоритма			50 запусков алгоритма		
	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т
100	34594	15,66	29717	33712	15	29546	33411	13	29899
200	33398	31	29977	33460	32	28661	33124	32	29647
300	32793	53	29565	32693	53	29582	32614	51	28316
500	31822	106	28180	32165	108	28996	31979	106	28020

Для проверки эффективности работы алгоритма, сравним его результаты с генетическим алгоритмом без использования сильной мутации, но с той же стратегией отбора и таким же оператором мутации. Результаты представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3

**Результаты работы ГА без использования сильной мутации, граф – nBaeg29**

Число повторов/о собей	20 запусков алгоритма			35 запусков алгоритма			50 запусков алгоритма		
	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т
100	1988	0.6	1817	1959	0.61	1752	1959	0.64	1715
200	1900	1.95	1732	1924	1.95	1722	1915	1.94	1716
300	1881	3.74	1729	1887	3.75	1707	1880	3.78	1708
500	1860	9	1710	1852	9.15	1692	1849	9	1695

Таблица 4

**Результаты работы ГА без использования сильной мутации, граф – brazil58**

Число повторов/о собей	20 запусков алгоритма			35 запусков алгоритма			50 запусков алгоритма		
	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т
100	36833	13,3	33363	35452	13,49	30925	35299	13,5	30007
200	33398	30,56	29436	34615	32	30427	34303	32,1	29972
300	32793	53,00	29565	34118	53,2	29816	33897	53,21	29653
500	31822	105,51	28180	33855	108	29652	33606	108,16	29455

Для анализа полученных результатов, построим диаграммы, которые представлены на рисунках 1 – 4.

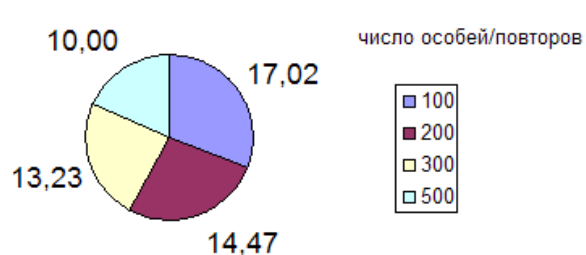


Рис. 1. Процент отклонения среднего значения от оптимума с использованием сильной мутации (граф nBaeg29)

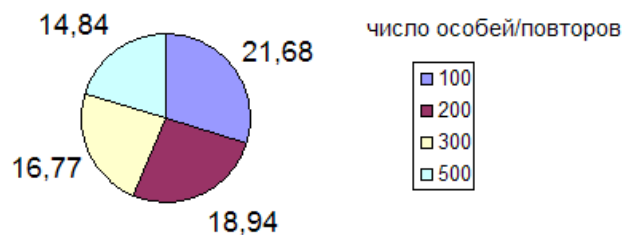


Рис. 2. Процент отклонения среднего значения от оптимума без использования сильной мутации (граф nBaeg29)

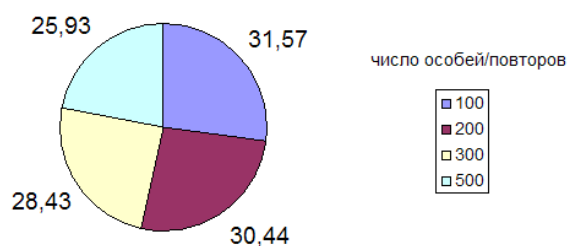


Рис. 3. Процент отклонения среднего значения от оптимума с использованием сильной мутации (граф brazil58)

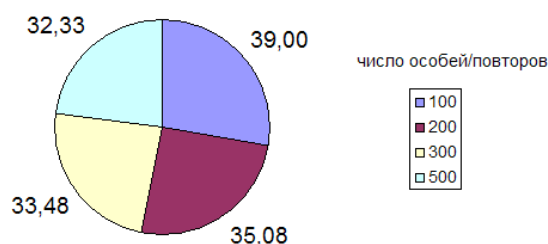


Рис. 4. Процент отклонения среднего значения от оптимума без использования сильной мутации (граф brazil58)

При использовании генетического алгоритма с использованием сильной мутации, для графа nBaeg29, процент отклонения полученного результата от известного оптимума составил в среднем 13,68%, без использования сильной мутации ~18%, для графа brazil58 – 29% и 35%. Причем время рабо-



ты алгоритма практически не изменилось. Лучший результат достигается при количестве особей и повторов равном 500.

Таблица 5

**Результаты работы МА, граф – nBaeg29**

Число повторов/о собей	20 запусков алгоритма			35 запусков алгоритма			50 запусков алгоритма		
	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т
100	1716	3,40	1649	1715	3,47	1645	1729	3,45	1658
200	1693	6,53	1641	1697	6,56	1637	1700	6,98	1624
300	1673	9,87	1628	1692	9,85	1638	1682	10,23	1635
500	1663	16,40	1627	1670	16,39	1619	1671	16,58	1624

Таблица 6

**Результаты работы МА, граф – brazil58**

Число повторов/о собей	20 запусков алгоритма			35 запусков алгоритма			50 запусков алгоритма		
	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т	Ср. знач.	Ср. вр. (сек.)	Луч. рез-т
100	29015	47	27013	28775	46	26895	28698	48	26497
200	28235	92	26970	28199	95	26223	28060	94	26245
300	28078	140	26753	27921	139	26391	27934	139	26397
500	27621	232,80	26348	27521	231	26104	27471	232	26015

Для сравнения с генетическим был выбран муравьиный алгоритм (МА), улучшенный применением элитарной стратегии [6-10]. Идея муравьиного алгоритма – имитация поведения колонии муравьёв, которая легко может отыскать кратчайший путь от муравейника к источнику пищи. В данной версии МА используется модификация – «правило псевдослучайных пропорций», которая поддерживает баланс между использованием накопленных знаний и исследованием новых решений. Аналитически нельзя сделать вывод о том, какой из алгоритмов лучше. Поэтому был поставлен вычислительный эксперимент, результаты которого представлены в таблицах 5 и 6.

Анализируя результаты вычислительного эксперимента, построим диаграммы, которые изображены на рисунках 5 – 6.

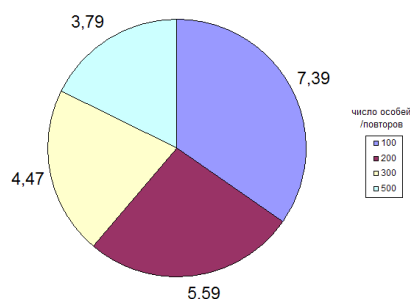


Рис. 5. Процент отклонения среднего значения от оптимума при работе МА (граф nBaeg29)

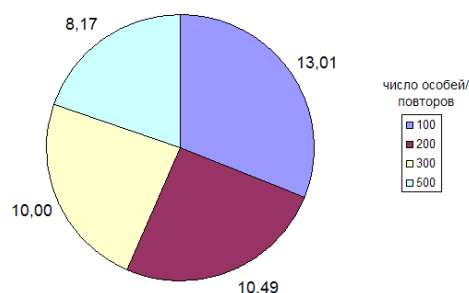


Рис. 6. Процент отклонения среднего значения от оптимума при работе МА (граф brazil58)

## **Выводы:**

Применение сильной мутации позволяет улучшить результат работы генетического алгоритма в среднем на 5%, при этом, практически не изменяя время его работы. Из приведенных данных также видно, что муравьиный алгоритм находит решения ближе к известному оптимуму, чем генетический. Например, даже при числе особей равном 100, процент отклонения от известного лучшего решения составляет 7,39 %, а при использовании ГА, среднее значение пути при количестве особей равном 500, отстает на 10%.

## **Список литературы**

1. Гладков, Л. А. Генетические алгоритмы. / Л.А. Гладков, В. В. Курейчик, В. М. Курейчик – Москва: Физматлит, 2007. – 272 с.
2. Емельянов, В.В. Теория и практика эволюционного моделирования. / В.В. Емельянов, В.М. Курейчик, В.В. Курейчик – Москва: Физматлит, 2003. – 432 с.
3. Кобак, В.Г., Сравнительный анализ модифицированной модели Гольдберга и муравьиного алгоритма при решении задачи коммивояжера / В.Г. Кобак, И.Ш. Рудова, А.Г. Жуковский// Труды Северо-Кавказского филиала Московского техн. ун-та связи и информатики: междунар. молодеж. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д, 2015. – Т.1. – С. 362-365.
4. Кобак, В.Г. Решение задачи коммивояжера модифицированной моделью Гольдберга с помощью различного вида мутаций /В.Г. Кобак, И.Ш. Кавтарадзе, В.В. Бормотов, С.А. Швидченко // Труды Северо-Кавказского филиала Московского техн. ун-та связи и информатики: междунар. молодеж. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д, 2014. – Т.1. – С. 258-261.
5. Рудова, И.Ш. Решение задачи коммивояжера модифицированной моделью Гольдберга с использованием различных сильных мутаций /И.Ш. Рудова // Сб. тр. Юбилейной конференции студентов и молодых ученых, посвященной 85-летию ДГТУ – 2015. – С. 1897-1907.
6. Чураков, М. Муравьиные алгоритмы. / М. Чураков, А. Якушев – Режим доступа: <http://rain.ifmo.ru/cat/> (дата обращения: 25.09.2015).
7. Штовба, С. Д. Муравьиные алгоритмы. / С.Д. Штовба – Режим доступа: [http://www.serhiyshtovba.narod.ru/doc/Shtovba\\_Ant\\_Algorithms\\_Exponenta\\_Pro\\_2003\\_3.pdf](http://www.serhiyshtovba.narod.ru/doc/Shtovba_Ant_Algorithms_Exponenta_Pro_2003_3.pdf) (дата обращения: 25.10.2015).
8. Dorigo, M. The Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents. / M. Dorigo, V. Maniezzo, A. Coloni – Режим доступа: <ftp://iridia.ulb.ac.be/pub/mdorigo/journals/IJ.10-SMC96.pdf> (дата обращения: 20.09.2015).
9. Gambardella, L.M. Ant-Q: A Reinforcement Learning Approach to the Traveling Salesman Problem. / L.M. Gambardella, M. Dorigo – Режим доступа: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.40.4846> (дата обращения: 16.09.2015).
10. Gambardella, L. M. Solving symmetric and asymmetric TSPs by ant colonies. / L. M. Gambardella, M. Dorigo – Режим доступа: <http://ceit.aut.ac.ir/~meybodi/Learning%20Automata%20papers/LA-Papers-Ebdali/00542672.PDF> (дата обращения: 27.09.2015).

# ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ХОЛЛАНДА С РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛИТНЫХ ОСОБЕЙ

***Кобак В.Г.***

профессор кафедры, д-р техн. наук,  
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

***Жуковский А.Г.***

профессор кафедры, канд. техн. наук,  
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

***Швидченко С.А.***

доцент кафедры, канд. техн. наук,  
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

***Кривошей Н.С.***

аспирант, Донской государственной технической университет,  
Россия, г. Ростов-на-Дону

В статье представлен сравнительный анализ решений модифицированных моделей Холланда при различных способах формирования элитных особей. Для формирования элитных особей используются различные списочные алгоритмы: СРМ и модификации, алгоритм по направлению, алгоритм Крона. Проведённый вычислительный эксперимент показал их влияние на точность решения однородной минимаксной задачи.

*Ключевые слова:* генетические алгоритмы, теория расписаний, модифицированная модель Холланда, алгоритм критического пути, алгоритм по направлению.

**Введение.** Одними из наиболее часто решаемых задач теории расписаний являются NP-полные задачи, для них практически невозможно подобрать решение за полиномиально быстрое время. К таким задачам относятся также и однородная минимаксная задача. Разработка различных методов, позволяющих получить близкое к оптимальному приближенное решение, является актуальной проблемой. Такие решения находятся в том числе и с использованием генетических алгоритмов.

Основным механизмом эволюции является сочетание генетического механизма передачи наследственности, механизма мутаций, обеспечивающих разнообразие видов, и естественного отбора, который обеспечивает с течением времени формирование наиболее приспособленной для данной среды популяции особей. Более приспособленные особи имеют большую вероятность передать свою наследственную информацию. Наследственная информация в виде хромосомы полностью определяет развитие особи в ее жизненном цикле, и с помощью обмена генами хромосом происходит передача наследственной информации потомкам. Случайные изменения в генофонд вносятся во время мутаций, если новые признаки увеличивают приспособ-

ленность особи, то такие признаки, скорее всего, закрепятся и перейдут к потомкам.

**Постановка задачи.** В вычислительную систему (ВС) из  $N$  несвязанных идентичных устройств:  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  поступает набор из  $M$  независимых параллельных заданий:  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ . Известно время решения  $\tau(t_i)$  задания  $t_i$ . При этом каждое задание может выполняться на любом из устройств, в каждый момент времени отдельный процессор обслуживает не более одного задания и выполнение задания не прерывается для передачи на другой процессор. Требуется найти такое распределение заданий по процессорам, при котором суммарное время выполнения заданий на каждом из процессоров было бы минимальным.

Для решения этой задачи хорошо подходят генетические алгоритмы [5, 1]. В данной работе рассматривается решение задачи с помощью модифицированной модели Холланда с использованием элитизма. Формирование элит осуществляется несколькими списочными методами. Задача решается для различных значений параметров  $M$ ,  $N$  и постоянного диапазона времени выполнения задач.

#### **Краткое описание алгоритмов.**

Модель Холланда можно рассмотреть как последовательность шагов [2]:

1. Формирование начального поколения;
2. Пропорциональный отбор, применение генетических операторов (в данном случае одноточечный кроссовер и одноточечная мутация с заданной вероятностью);
3. Проверка условия останова (если неуспешна, переход на шаг 2);
4. Лучшая особь – решение.

В данной модификации алгоритм заканчивает работу, если в течение определённого числа поколений не происходит улучшений.

В данной модифицированной модели Холланда применяется стратегия элитизма. Элита – лучшая особь текущего поколения, переходящая в следующее поколение без всяких изменений.

Формирование элиты осуществляется алгоритмом критического пути, двумя его модификациями, алгоритмом по направлению и алгоритмом Крона.

Принцип действия СРМ заключается в том, что очередное задание, из списка заданий, упорядоченных по убыванию, назначается на процессор с минимальной суммарной загрузкой. Его модификации заключаются в различных способах упорядочения множества заданий [4].

Принцип действия алгоритма по направлению [3]: исходное множество заданий упорядочивается по убыванию, выбирается первое устройство  $k = 1$  и первое задание из множества  $T$  назначается на процессор, организуя проход справа налево. Задания назначаются по порядку номеров  $j = 1, 2 \dots m$  на процессоры по их порядку номеров  $i = 1, 2 \dots n$ . При  $i = N$  порядок значений  $j$  остается прежним, а порядок изменения  $i$  меняется на обратный: организуется проход слева направо. При изменении направления движения по  $i$  проверяются условия: суммарное время загрузки процессора  $n$  меньше, чем процессора 1, если проход осуществляется слева направо. Если справа налево, то

суммарное время загрузки процессора  $n$  больше, чем процессора 1. В случае невыполнения какого-то из условий для текущего направления движение по  $i$  не меняется до тех пор, пока не выполнится условие, при котором нужно изменить направление движения.

Принцип действия алгоритма Крона заключается в случайном распределении множества заданий на множество приборов, вычислении времени загрузки каждого прибора  $\{T_i\} (i=1..n)$  и обмене заданиями между приборами с максимальным  $T_{\max}$  и минимальным  $T_{\min}$  значениями из набора  $\{T_i\}$  при выполнении условия  $|q_{k\max} - q_{j\min}| < D$ , где  $D = T_{\max} - T_{\min}$ ,  $k, j = 1, 2..m$ . После каждой операции обмена значения  $\{T_k\}$  пересчитываются, выбираются новые два прибора с  $T_{\max}$  и  $T_{\min}$  и процесс проверки указанного выше условия повторяется. Если условие ни разу не выполнится, алгоритм завершается [3].

**Вычислительный эксперимент.** Аналитически определить, как способ формирования элитных особей влияет на результат работы генетического алгоритма, не представляется возможным, поэтому был проведен вычислительный эксперимент с помощью программного средства, реализованного для этой цели на языке Visual C++.

Массив заданий случайным образом генерируется из заданного диапазона значений (20-30). Вероятности кроссовера и мутации равны 100%. Условие остановки (количество поколений с неизменным  $T_{\max}$ ) – 10. Эксперимент был проведен для наиболее часто встречающегося количества процессоров ( $N$ ) – 2-4 и количества задач ( $M$ ) – 19, 119, 519. Результаты приведены в таблице.  $T_{\max}$  здесь – среднее значение из 100 повторений алгоритма.

Таблица

**Результаты эксперимента – средние значения  $T_{\max}$  по каждому алгоритму**

M	N	СРМ		По направлению		Крона		Случайный выбор		По возрастанию	
		$T_{\max}$	t, с	$T_{\max}$	t, с	$T_{\max}$	t, с	$T_{\max}$	t, с	$T_{\max}$	t, с
19	2	243,75	0,005	245,05	0,005	244,07	0,006	245,84	0,004	245,34	0,005
	3	165,5	0,005	166,57	0,007	166,1	0,01	169,35	0,005	167,18	0,005
	4	127,18	0,007	128,44	0,009	126,77	0,01	129,05	0,006	128,36	0,006
119	2	1515,6	0,026	1515,48	0,038	1514,26	0,051	1516,9	0,025	1516,35	0,04
	3	1017,25	0,062	1018,46	0,035	1017,85	0,069	1019,67	0,028	1018,11	0,031
	4	767,89	0,035	767,95	0,061	768,17	0,073	768,48	0,029	770,52	0,033
519	2	5514,12	0,102	6615,48	0,165	6615,25	0,184	6615,66	0,093	6615,58	0,129
	3	4416,49	0,133	4417,11	0,195	4416,8	0,165	4419,25	0,108	4418,46	0,137
	4	3320,75	0,161	3322,49	0,365	3325,12	0,289	3329,22	0,188	3329,89	0,232

**Выводы.** Лучшей оказалась модифицированная модель Холланда, где формирование элиты происходило алгоритмом критического пути, также хорошие результаты даёт использование для этой цели алгоритма Крона. Такой вывод можно сделать для любого использованного объема задач и количества процессоров.

#### Список литературы

1. Дискретная математика: Алгоритмы / Факультет информационных технологий и программирования. – Режим доступа: <http://rain.ifmo.ru/cat/view.php/theory/unsorted/genetic-2005> (дата обращения 16.03.2016г.).

2. Коффман Э.Г. (ред.) Теория расписаний и вычислительные машины. – М.: Наука, 1984.
3. Методическое указание по теме «Теория расписаний», для дисциплин «Алгоритмические языки и программирование»: учеб. Пособие / д.т.н. проф. Кобак В.Г., ст. преп. Титов Д.В., ст. преп. Золотых О.А. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2012.
4. Современные проблемы информатизации в моделировании и социальных технологиях. Сборник трудов / Издательство "Научная книга". – Режим доступа: <http://www.sbook.ru/spi/contents/spi20112.pdf> (дата обращения 16.03.2016г.).
5. Титов Д.В., Кобак В.Г. Анализ подходов к улучшению результатов работы генетического алгоритма при решении однородной минимаксной задачи. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей Всерос. научно-техн. конф.– Пенза: ПДЗ, 2008. – С. 76-78.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МИГРАЦИЙ ОСТРОВНОЙ МОДЕЛИ ПРИ РЕШЕНИИ ОДНОРОДНОЙ МИНИМАКСНОЙ ЗАДАЧИ**

***Кобак В.Г.***

профессор кафедры, д-р техн. наук,  
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

***Жуковский А.Г.***

профессор кафедры, канд. техн. наук,  
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

***Швидченко С.А.***

доцент кафедры, канд. техн. наук,  
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

***Щербинина Н.И.***

аспирант, Донской государственной технической университет,  
Россия, г. Ростов-на-Дону

В статье представлен сравнительный анализ эффективности классической модели Голдберга и модифицированной модели Голдберга с участием в кроссовере каждой особи поколения и их модификаций, использующих различные варианты островной модели, для решения однородной минимаксной задачи теории расписаний, относящейся к классу NP-полных задач.

*Ключевые слова:* теория расписаний, NP-полные задачи, генетические алгоритмы, модель Голдберга, островная модель, кольцевая миграция, случайная миграция.

**Введение.** NP-полные задачи теории расписаний характеризуются тем, что их решение практически невозможно найти за полиномиально быстрое время. Одной из таких задач является однородная минимаксная задача. Постановка задачи представлена в работах [1, 2]. В настоящее время ведутся разработки различных методов решения задачи, позволяющих получить при-

ближенное решение, близкое к оптимальному. Для получения подобных решений используют в том числе и генетические алгоритмы.

**Генетические алгоритмы (ГА).** В данной работе для решения поставленной задачи в качестве базового генетического алгоритма была рассмотрена модель Голдберга. Ее отличие от классической модели Холланда заключается в использовании турнирного отбора особей в новое поколение, который позволяет улучшить результаты работы алгоритма. Отразим модель Голдберга в виде последовательности шагов:

Шаг 1. Формируется начальное поколение, состоящее из заданного числа особей.

Шаг 2. Турнирный отбор особей и применение ГА операторов кроссовера и мутации с заданной вероятностью для создания нового поколения.

Шаг 3. Проверка условия конца работы алгоритма, которая обычно заключается в неизменности лучшего решения в течение заданного числа поколений. Если проверка прошла неуспешно, то переход на шаг 2.

Шаг 4. Лучшая особь выбирается как найденное решение [2].

Также для решения поставленной задачи в данной работе рассматривается модификация модели Голдберга, которая отличается от классического алгоритма тем, что в кроссовере участвует каждая особь в поколении. Это достигается путем фиксации первого родителя. На место первого родителя поочередно помещается каждая особь в поколении. Вторым родителем выбирается случайным образом из оставшихся особей в поколении [3].

**Островная модель ГА.** Для улучшения результатов, достигаемых с помощью стандартной и модифицированной моделей Голдберга была рассмотрена островная модель ГА [4]. Она заключается в том, что на каждом острове автономно развивается своя популяция решений задачи, что значительно позволяет расширить круг решений в поиске наиболее оптимального из них.

Но для улучшения результатов помимо автономного развития островов существуют также алгоритмы с возможным взаимодействием между популяциями различных островов, которое происходит с помощью миграций особей. В данной работе были рассмотрены миграции двух типов: кольцевая (циклическая) миграция и случайная миграция.

Кольцевая миграция заключается в перемещении лучшей особи поколения острова на соседний остров по порядку. Таким образом, между всеми островами происходит обмен лучшими особями на каждом поколении решения задачи.

Случайная миграция заключается в перемещении лучшей особи поколения одного острова на другой любой случайный остров. При таком виде миграции возможен обмен особями между всеми островами, а не только соседними.

**Анализ модификаций.** Так как аналитически доказать, какой из алгоритмов в среднем лучше практически невозможно, то для оценки алгоритмов был проведен вычислительный эксперимент для различного количества приборов. Количество разных матриц для получения средних значений было вы-

брано равным 100. Диапазон параметров, который работа может принимать при выполнении на процессоре, – [25;30] (один из самых используемых). Массив работ генерируется случайно из заданного диапазона. Вероятность кроссовера и вероятность мутации – 1 (то есть происходит всегда). Количество поколений до конца работы алгоритма – 10. Размер популяции – 30. Рассматриваемое количество островов – 2-4. Результаты вычислительного эксперимента приведены в таблицах 1-4, где N – количество процессоров, M – количество работ, T<sub>max</sub> среднее – среднее значение критерия, t (мс) – время работы алгоритма в миллисекундах. В таблице полужирным шрифтом выделен лучший результат по среднему значению минимаксного критерия.

Сравниваемые алгоритмы:

Алгоритм 1 – стандартная модель Голдберга.

Алгоритм 2 – модификация модели Голдберга, использующая принцип участия каждой особи поколения в кроссовере.

Алгоритм 3 – островная модель, использующая стандартный алгоритм Голдберга, без миграций между островами.

Алгоритм 4 – островная модель, использующая стандартный алгоритм Голдберга, с кольцевой миграцией между островами.

Алгоритм 5 – островная модель, использующая стандартный алгоритм Голдберга, со случайной миграцией между островами.

Алгоритм 6 – островная модель, использующая модификацию модели Голдберга с принципом участия каждой особи поколения в кроссовере, без миграций между островами.

Алгоритм 7 – островная модель, использующая модификацию модели Голдберга с принципом участия каждой особи поколения в кроссовере, с кольцевой миграцией между островами.

Алгоритм 8 – островная модель, использующая модификацию модели Голдберга с принципом участия каждой особи поколения в кроссовере, со случайной миграцией между островами.

Таблица 1

### Результаты эксперимента

N	M	Алгоритм 1		Алгоритм 2	
		T <sub>max</sub> среднее	t (мс)	T <sub>max</sub> среднее	t (мс)
2	23	316,51	9,228	316,01	11,739
	71	978,74	14,546	978,75	16,719
	131	1803,61	18,624	1803,69	20,31
	231	3176,87	24,222	3176,87	27,405
3	23	215,69	11,942	214,51	15,785
	71	656,59	24,248	656,5	27,093
	131	1206,06	31,28	1206,19	31,652
	231	2121,13	43,047	2121,15	45,177
4	23	163,6	13,148	163,06	15,183
	71	495,1	24,478	495,35	26,901
	131	909,31	37,166	909,02	43,125
	231	1597,19	54,186	1596,86	54,68



Таблица 2

## Результаты эксперимента с использованием 2-х островов

N	M	Алгоритм 3		Алгоритм 4		Алгоритм 5		Алгоритм 6		Алгоритм 7		Алгоритм 8	
		T <sub>max</sub> среднее	t (мс)	T <sub>max</sub> среднее	t (мс)	T <sub>max</sub> среднее	t (мс)	T <sub>max</sub> среднее	t (мс)	T <sub>max</sub> среднее	t (мс)	T <sub>max</sub> среднее	t (мс)
2	23	315,99	10,057	315,47	10,42	315,14	10,586	316,09	12,988	315,37	13,568	<b>314,88</b>	12,76
	71	978,63	14,416	978,63	18,125	978,63	18,319	978,63	15,947	978,63	19,553	978,63	19,313
	131	1803,61	18,889	1803,61	18,576	1803,61	18,018	1803,61	20,013	1803,61	18,663	1803,61	19,541
	231	3176,87	24,276	3176,87	23,523	3176,87	24,172	3176,87	25,199	3176,87	25,681	3176,87	25,009
3	23	214,63	10,803	214,45	13,557	214,67	11,662	<b>214,43</b>	12,677	214,56	16,271	214,92	14,08
	71	<b>655,09</b>	23,026	655,84	26,304	655,97	24,643	655,56	21,838	655,77	27,613	655,19	23,346
	131	1205,75	29,986	<b>1204,2</b>	36,014	1205,68	32,472	1205,4	30,998	1204,5	35,243	1205,35	32,544
	231	2120,72	40,585	2121,17	44,946	2120,94	41,119	<b>2119,58</b>	41,801	2119,6	49,593	2120,22	46,877
4	23	162,68	12,916	163,22	12,623	<b>162,49</b>	13,906	162,68	14,96	162,63	15,3	162,73	14,275
	71	495,39	22,614	495,01	27,003	495,41	25,19	494,83	25,783	<b>493,98</b>	29,461	494,85	28,049
	131	907,35	36,185	909,17	35,228	908,73	38,381	907,4	39,721	907,95	37,835	<b>906,75</b>	38,599
	231	1596,16	49,935	1595,91	50,553	1596,21	48,885	1595,46	49,576	<b>1595,14</b>	55,231	1595,69	50,325

Таблица 3

## Результаты эксперимента с использованием 3-х островов

N	M	Алгоритм 3		Алгоритм 4		Алгоритм 5		Алгоритм 6		Алгоритм 7		Алгоритм 8	
		T <sub>max</sub> среднее	t (мс)	T <sub>max</sub> среднее	t (мс)	T <sub>max</sub> среднее	t (мс)	T <sub>max</sub> среднее	t (мс)	T <sub>max</sub> среднее	t (мс)	T <sub>max</sub> среднее	t (мс)
2	23	315,98	12,372	315,36	14,957	316,05	14,011	315,18	15,092	<b>315,02</b>	15,55	315,07	17,294
	71	978,63	17,473	978,63	18,461	978,63	16,839	978,63	17,799	978,63	17,578	978,7	17,954
	131	1803,61	21,337	1803,61	21,698	1803,61	22,129	1803,61	21,988	1803,61	23,35	1803,61	22,397
	231	3176,87	28,625	3176,87	28,92	3176,87	29,489	3176,87	27,394	3176,87	29,02	3176,87	28,498
3	23	214,63	11,021	214,07	12,376	<b>213,74</b>	12,581	214,44	12,099	214,32	14,236	213,98	13,92
	71	655,41	22,36	654,86	28,073	654,59	26,759	655,79	22,015	<b>654,12</b>	31,592	654,65	28,263
	131	1205,1	29,911	1205,24	31,485	1204,33	32,817	1204,41	27,871	<b>1204,26</b>	37,475	1204,43	34,598
	231	2120,5	38,3	2120,07	44,191	2120,34	43,192	2119,85	40,783	2119,66	48,441	<b>2119,45</b>	49,77
4	23	162,7	11,841	162,79	13,317	162,67	14,428	<b>162,54</b>	13,748	162,77	13,566	162,8	13,605
	71	494,73	24,389	495,01	26,917	495,14	25,994	<b>494,06</b>	24,847	494,4	30,276	494,25	29,094
	131	907,46	34,061	908,45	35,791	908,01	39,262	906,45	34,98	906,65	42,831	<b>906,39</b>	41,398
	231	1595,06	47,249	1596,48	48,825	1595,35	50,59	<b>1594,06</b>	48,63	1594,87	54,989	1594,61	51,75

Таблица 4

## Результаты эксперимента с использованием 4-х островов

N	M	Алгоритм 3		Алгоритм 4		Алгоритм 5		Алгоритм 6		Алгоритм 7		Алгоритм 8	
		T <sub>max</sub> среднее	t (мс)	T <sub>max</sub> среднее	t (мс)	T <sub>max</sub> среднее	t (мс)	T <sub>max</sub> среднее	t (мс)	T <sub>max</sub> среднее	t (мс)	T <sub>max</sub> среднее	t (мс)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	23	315,34	10,326	315,48	11,446	315,06	12,215	<b>314,75</b>	11,743	314,79	13,746	314,83	12,539
	71	978,63	13,445	978,63	15,165	978,63	15,158	978,63	14,475	978,63	15,907	978,63	15,421

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	131	1803,61	18,972	1803,61	19,226	1803,61	19,15	1803,61	19,392	1803,61	20,102	1803,61	19,557
	231	3176,87	24,321	3176,87	25,162	3176,87	25,098	3176,87	26,637	3176,87	27,507	3176,87	26,888
3	23	213,84	10,579	213,82	15,803	<b>213,66</b>	15,788	213,82	11,926	213,86	18,409	<b>213,66</b>	15,973
	71	654,5	23,454	<b>653,88</b>	28,53	654,77	23,924	654,81	22,823	654,21	26,87	654,14	29,103
	131	1204,1	26,716	1204,15	34,673	1204,4	35,635	1204,39	28,274	1204,15	34,932	<b>1203,63</b>	37,98
	231	2119,72	37,576	2119,71	44,715	2119,62	48,175	2119,03	40,764	2119,14	55,049	<b>2119,02</b>	50,519
4	23	162,7	11,357	162,82	13,405	162,3	13,861	<b>162,17</b>	12,898	162,41	16,012	162,25	14,987
	71	494,93	22,262	494,41	27,847	494,7	28,469	<b>493,78</b>	24,217	494,05	30,736	<b>493,78</b>	32,653
	131	907,52	32,989	907,56	35,429	907,8	35,787	<b>906,55</b>	34,726	906,61	42,053	906,65	41,022
	231	1594,62	43,722	1594,32	48,836	1594,82	50,242	1593,57	47,257	<b>1593,34</b>	54,455	1593,84	53,058

**Выводы.** По результатам проведенного вычислительного эксперимента можно сделать вывод, что все модификации островной модели в среднем улучшают стандартную и модифицированные модели Голдберга по минимаксному критерию, причем время работы алгоритмов островной модели с увеличением количества процессоров и работ также уменьшается, по сравнению с базовыми моделями. В среднем алгоритмы, использующие островную модель и базирующиеся на модифицированной модели Голдберга, показывают лучшие результаты. Случайная миграция дает в среднем более эффективные результаты, чем кольцевая (циклическая) миграция. Увеличение количества островов практически не влияет на улучшение результатов.

#### Список литературы

1. Кобак, В. Г. Сравнительный анализ алгоритмов: генетического с элитой и Крона с генетическим начальным распределением / В. Г. Кобак, Н. И. Троцюк // Математические методы в технике и технологиях. – ММТТ – 26: сб. трудов Междунар. науч. конф. – Саратов, 2013. – Т.12, ч. 2. – С. 62-64.
2. Кобак, В. Г. Исследование турнирного отбора в генетическом алгоритме для решения однородной минимаксной задачи / В. Г. Кобак, Д. В. Титов // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ – 21: сб. трудов Междунар. науч. конф. – Саратов, 2008. – Т. 5.
3. Кобак, В. Г. Повышение эффективности модифицированной модели Голдберга в однородных системах обработки информации алгоритмическими преобразованиями [Электронный ресурс]: монография / В. Г. Кобак, Д. В. Титов, Н. И. Троцюк; Дон. гос. техн. ун-т. – Электрон. текстовые дан. – Ростов н/Д.: ДГТУ, 2015. – 86 с. – Режим доступа: <http://www.ntb.donstu.ru/content/2015191>.
4. Курейчик, В. М. Параллельный генетический алгоритм. Модели и проблемы построения / В. М. Курейчик, Д. С. Кныш // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте: сб. науч. тр. V Междунар. науч.- практич. конф. – М.: Физматлит, 2009. – С. 41-51.

## ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО АЛГОРИТМА КРОНА ДЛЯ РЕШЕНИЯ МИНИМАКСНОЙ ЗАДАЧИ

**Кобак В.Г.**

профессор кафедры, д-р техн. наук,  
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

**Жуковский А.Г.**

профессор кафедры, канд. техн. наук,  
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

**Швидченко С.А.**

доцент кафедры, канд. техн. наук,  
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

**Остапенко С.С.**

аспирант, Донской государственной технической университет,  
Россия, г. Ростов-на-Дону

В статье рассматривается решение однородной минимаксной задачи. Предлагается использовать модифицированный алгоритм Крона. Алгоритм сравнивается с набором других алгоритмов для оценки его эффективности.

*Ключевые слова:* однородная минимаксная задача, алгоритм Крона, генетический алгоритм, принцип элитизма, метод критического пути, метод ветвей и границ.

Одним из наиболее актуальных направлений в сфере информационных технологий остается решение NP-полных задач. Задачи данного класса встречаются практически во всех прикладных сферах и их решение за оптимальное время является одной из самых злободневных проблем для любой системы, в которой она возникает.

Классическим примером является минимаксная задача. Минимаксной называется задача, оптимальным решением которой считается такое из множества возможных решений, в котором максимальное значение окажется минимальным среди всех максимальных значений возможных решений (или максимальное из минимальных).

Для данного исследования взята постановка минимаксной задачи в контексте третьего этапа решения задачи раскраски взвешенного графа [2].

Дано  $N$  множеств, полностью покрывающих  $M$  вершин. Каждая из вершин имеет свой вес  $w_m$ . Требуется распределить вершины по множествам таким образом, чтобы максимальная из сумм всех вершин, входящих в одно множество, оказалась минимально возможной при условии, что в системе присутствуют неопределенности – вершина входит не во все  $N$  множеств. То есть, ее вес для множества, в которое она не входит, равен бесконечности.

Для решения данной задачи предлагается использовать модифицированный алгоритм Крона.

Принцип действия алгоритма Крона можно описать в два этапа: на первом формируется некоторое начальное решение, на втором данное решение уточняется [3]. Классический алгоритм Крона при уточнении рассматривает множество с максимальной суммой весов. Предлагаемая модификация заключается в том, что элементами могут поменяться два любых множества, если в результате такого обмена вес обоих множеств будет меньше максимального из них до обмена.

Модифицированный алгоритм выглядит следующим образом:

Шаг 1. Инициализировать начальное распределение вершин по множествам.

Шаг 2. Из множества, сумма весов вершин (в дальнейшем будем называть его весом множества) в котором максимальна, переносим одну вершину в любое другое множество, которое также покрывает эту вершину. Пересчитываем веса множеств, повторяем Шаг 2. Если его выполнение невозможно, переходим к Шагу 3.

Шаг 3. Меняем местами две любые вершины из разных множеств (при условии, что каждая из вершин покрывается обоими множествами), если при такой перемене вес каждого из данных множеств окажется меньше большей из текущих. Пересчитываем веса множеств, возвращаемся к Шагу 2. Если выполнение Шага 3 невозможно, то завершение алгоритма.

Полученное на выходе распределение является решением.

Целью данного исследования является определение эффективности модифицированного алгоритма Крона на основе сравнения с другими приближенными методами по точности и времени. Также для определения отклонения от точного результата будет использован точный алгоритм – метод ветвей и границ.

С целью выявления худших случаев работы модификации алгоритма Крона в данном исследовании на Шаге 1 инициализация происходит следующим образом: вершины распределяются по первым найденным из множеств, покрывающих данную вершину. То есть, поскольку порядок обхода множеств фиксированный, одно из множеств всегда будет нагружено максимально, то есть, в него будут входить все вершины, которое оно покрывает. Такая ситуация даст худший случай по времени работы алгоритма.

Метод ветвей и границ является модификацией алгоритма полного перебора, что гарантирует точность результата его работы. Суть метода заключается в построении дерева полного перебора и, по мере его обхода, отсекании бесперспективных ветвей решения, что существенно уменьшает время его работы [1].

Метод критического пути – приближенный алгоритм из теории расписаний. Алгоритм работы данного метода состоит из следующих шагов:

- 1) вершины упорядочиваются по убыванию по своему весу;
- 2) каждая вершина по очереди распределяется на то множество из числа покрывающих эту вершину, вес которого на данный момент минимален.

В данном исследовании метод критического пути представлен в трех модификациях. Первая стандартная, описанная выше. Вторая модификация заключается в том, что при сортировке дополнительно учитывается наличие бесконечностей в матрице смежности, то есть, вершины, входящие не во все

множества, обрабатываются в первую очередь. В третьей модификации вершины также сортируются по количеству бесконечностей: то есть, чем меньше множеств покрывают данную вершину, тем раньше она обрабатывается [4].

Генетический алгоритм – это эвристический алгоритм, заключающийся в нахождении решения путем случайного подбора, комбинирования и вариации искомым параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе. Набор значений, представляющий собой одно из возможных решений, называется особью, а каждое значение из набора – геном. Набор нескольких различных особей, в свою очередь, называется поколением [5].

Для данного исследования было использовано пять модификаций генетического алгоритма, все они основаны на модифицированной модели Голдберга. Также использовался метод критического пути в качестве элиты. Общим для всех алгоритмов является, во-первых, модифицированный оператор кроссовера, в результате которого получается два потомка: каждый родитель отдает часть своих генов одному потомку, остальные другому; во-вторых, турнирный отбор проходит в два этапа: сначала потомки сравниваются между собой, затем лучший из них сравнивается с особью из родительского поколения; в-третьих, на каждом цикле происходит не одно скрещивание, а для каждой особи применяется с определенной вероятностью (в данном случае была выбрана вероятность 100% для ускорения поиска) оператор кроссовера со случайной особью и победитель турнирного отбора в новом поколении заменяет именно эту особь. Таким образом, каждая особь на каждом этапе обязательно участвует в скрещивании, а некоторые и не один раз [2].

Исследование было проведено следующим образом.

Для сравнения точности было испытание со включением метода ветвей и границ. Параметры для генетических алгоритмов: число особей в поколении – 100, условие останова – 50, количество опытов – 100. Сравнение было проведено на 25 различных матрицах размерностью  $8 \times 15$  (15 вершин, 8 множеств). В таблице 1 в качестве примера приведены 5 из них. Для генетических алгоритмов указано лучшее среднее значение из всех модификаций.

Таблица 1

**Результаты тестирования на точность (матрицы  $8 \times 15$ )**

Матрицы	1	2	3	4	5
Алгоритм					
Ген.	685,25	743,77	541,79	660,93	625,07
Ген. + Эл.	683,29	735,6	541,8	662,1	618,97
Крит1	844	736	567	755	619
Крит2	844	736	705	755	619
Крит3	758	768	705	682	679
Крон	687	734	541	644	616
ВиГ	654	734	522	637	613

Как видно из таблицы, модифицированный алгоритм Крона в среднем выдает более близкие к оптимальным результаты, чем другие приближенные алгоритмы.

Для исследования совокупности показателей (точность + скорость), тестирования были проведены на матрицах размерностью 40x80. Однако, из исследования был исключен метод ветвей и границ в связи с долгой работой (на матрицах размерностью 10x20 среднее время работы данного метода равняется около 10 минут). Результаты приведены в таблице 2. В каждой клетке сверху указан результат выполнения, внизу – время выполнения в миллисекундах.

Таблица 2

**Результаты тестирования на матрицах 40x80**

Матрицы	1	2	3	4	5
Алгоритм					
Ген.	676,1	717,3	732,8	699,7	726,7
	2481,2	3201,3	3412,6	2966,48	3248,9
Ген. + Эл.	669,4	652	712,5	696,5	677,3
	2594	3151,27	2833,1	3154,21	3332,42
Крит1	694	652	745	732	751
	2	2	2	1	1
Крит2	694	652	745	732	751
	1	2	2	1	1
Крит3	778	860	880	872	782
	2	2	1	3	1
Крон	600	651	659	622	658
	1546	1658	1442	1342	1495

Как видно из результатов второго исследования, модифицированный алгоритм Крона по времени работы явно уступает работающему в один проход методу критического пути. Однако выигрывает в скорости у генетического алгоритма.

Третье исследование было проведено на матрицах размерностью 100x500.

Таблица 3

**Результаты тестирования на матрицах 100x500**

Матрицы	1	2	3	4	5
Алгоритм					
Ген.	1807,7	1855,3	1775,7	1736,7	1827,1
	34268	37124	40227	34260	36111
Ген. + Эл.	1600,2	1542	1615	1620	1635
	33578	39232	38826	35251	37225
Крит1	1625	1542	1615	1620	1635
	5	4	5	4	5
Крит2	1625	1542	1615	1620	1635
	4	4	7	5	5
Крит3	1753	1784	1750	1779	1778
	5	4	5	5	6
Крон	1495	1519	1487	1481	1513
	931147	1164758	1026307	977185	1034370

Результаты третьего тестирования показали, что с увеличением размерности входной матрицы время может сильно увеличиться – в данном испытании модифицированный алгоритм Крона показал почти в 30 раз худший результат по времени, чем генетический алгоритм. Однако, не стоит забывать, что для исследования использован худший вариант инициализации начального разбиения. Учитывая тот факт, что чем лучше начальное разбиение, тем быстрее завершает работу алгоритм, то на матрицах больших размерностей можно использовать алгоритм Крона как усиление генетического алгоритма с элитной особью, но на завершающем этапе – такая операция позволит улучшить точность полученного результата.

#### **Список литературы**

1. Алексеев О.Г. Некоторые алгоритмы решения задачи о покрытии и их экспериментальное исследование на ЭВМ. / О.Г. Алексеев, В.Ф. Григорьев // Журнал вычислительной математики и математической физики. – Ленинград: Наука, 1984, Т. 24, №10. – С. 1565-1570.
2. Калюка В.И. Решение задачи раскраски взвешенного графа для мягкого распределения ресурса пропускной способности в сетях беспроводного абонентского доступа / В.И. Калюка, С.С. Остапенко, В.Г. Кобак, В.В. Зубакин, И.В. Морозов // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – Ростов-н/Д., 2015. – С. 3-8.
3. Кобак В.Г. Основные алгоритмы решения однородной минимаксной задачи в различных системах обработки информации / В.Г. Кобак, Д.В. Титов, О.А. Золотых, Д.В. Плешаков – Ростов-н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 185 с.
4. Кобак В.Г. Модификация алгоритма обслуживания по «Критическому пути» для систем с избирательными свойствами приборов / В.Г. Кобак // «Микропроцессорные и цифровые системы», 2003. №2.
5. Курейчик В.М. «Генетические алгоритмы и их применение» / В.М. Курейчик // Таганрогский РТУ, 2002. – 244 с.

## **АКТИВНЫЙ ВИДЕОСЕНСОР С ПРИМЕНЕНИЕМ WDM ТЕХНОЛОГИЙ**

***Комбарова И.Н.***

аспирант 2-го года обучения,

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

***Волков А.Ю.***

студент 4-го года обучения,

Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

Предложен вариант активного видеосенсора со спектральным разделением каналов обработки на матрице ФПЗС с волоконно-оптической системой формирования изображения на основе WDM технологий.

*Ключевые слова:* активный видеосенсор, WDM технологии, ФПЗС, волоконно-оптическая система.

В последнее десятилетие ведутся многочисленные разработки ОЭС (активного видеосенсора), строящихся на бионических (биокибернетических) принципах [1]. Исследования этих принципов и создание элементной базы для их практической реализации – вот, пожалуй, основная тенденция разви-

тия современного оптико-электронного приборостроения. Разрабатываемые системы часто используют несколько параллельных каналов приема и предварительную обработку информации, многоэлементные приемники излучения, сложные алгоритмы обработки сигналов, базирующиеся на специализированных логических и вычислительных устройствах. Все большее внимание уделяется адаптивным оптико-электронным устройствам, реализующим обратные связи на параметрическом и схемотехническом уровне для управления чувствительностью, величиной угловых полей, параметрами оптических спектральных, пространственных и временно-частотных фильтров, а также другими характеристиками ОЭС. Здесь тоже широко используются биокибернетические принципы, используемые в живой природе.

Новейшие разработки в области нанотехнологий и WDM технологий позволяют реализовать те методы обработки, которые раньше отбрасывались из-за сложности и громоздкости реализации. Так стало возможным построение активного видеосенсора, использующего единую волоконно – оптическую систему формирования изображения (ВОСФИ) для нескольких каналов предварительной обработки и наборы узкополосных светофильтров для разделения по каналам. Структурная схема активного видеосенсора с ВОЛС и спектральным разделением каналов представлена рисунке.

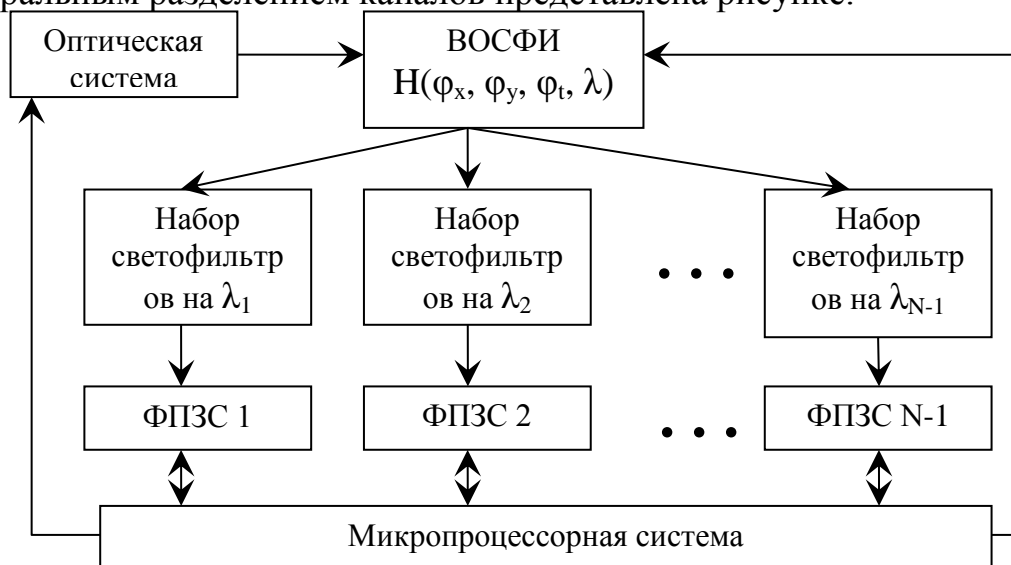


Рис. Структурная схема активного видеосенсора с ВОЛС и спектральным разделением каналов

В такой системе воспринимаемое изображение до обработки в микропроцессорной системе последовательно проходит четыре этапа преобразования: преобразование в оптической системе за счет разбиения на элементы с помощью фоконов, преобразование в ВОСФИ, спектральное разделение по каналам обработки, преобразование в ФПЗС.

Волоконно-оптическая система формирования изображения должна выполнять две функции. Во-первых, согласование размера светочувствительной поверхности матриц ФПЗС с размером фокальной плоскости оптической системы для построения ТВ камеры высокой четкости. Во-вторых, ВОСФИ должна обеспечить передачу элементов изображения к каждой



ячейке ФПЗС и одновременно с этим осуществить предварительную обработку изображения.

Использование многочастотных малогабаритных лазеров в сочетании с современными WDM технологиями для ВОСФИ позволяет значительно упростить реализацию предлагаемого активного сенсора. WDM (Wavelength Division Multiplexing) – оптическое мультиплексирование (демультиплексирование) с разделением по длинам волн.

На основе данной технологии в работе [2] доказана возможность выделения излучения с требуемой длиной волны из набора всех несущих с помощью интегрального оптического демультиплексора. Такой демультиплексор реализован на основе структуры SiO<sub>2</sub>-SiON. Вся схема демультиплексора укладывается на чипе, размером 10×10мм<sup>2</sup>, ширина канальных волноводов 3 мкм, что вполне соотносится с размерами ячейки матрицы ПЗС волоконно-оптической системы формирования изображения, применяемой при обработке изображений.

Рассмотренный вариант активного видеосенсора по сравнению с известным обладает следующими достоинствами:

- неоднородность обработки по полю изображения;
- реализация параллельной обработки в нескольких спектральных каналах;
- обработка изображений с учетом спектральных различий;
- различная чувствительность по полю изображения в зависимости от условий наблюдения;
- возможность реализации переменной разрешающей способности по полю зрения.

Таким образом, рассматриваемый вариант активного видеосенсора на основе ФПЗС и ВОСФИ позволяет реализовывать основные элементы интеллектуального зрительного восприятия.

#### **Список литературы**

1. Пахомов А.Н. Состояние и перспективы систем активного зрения / А.Н. Пахомов // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники, 1999, №2. С. 57-65.
2. Волоконная оптика. Труды института общей физики. Т.23. – М.: Наука, 1990. – С. 108-114.

## **ИМПОРТ ВЕКТОРНЫХ ДАННЫХ ПО КАДАСТРОВЫМ КВАРТАЛАМ И ЗЕМЕЛЬНЫМ УЧАСТКАМ В ФОРМАТЕ GOOGLE EARTH (KML) В ГИС «КАРТА 2011» ВЕРСИЯ 11**

*Коноплев А.Л.*

студент Института строительства и архитектуры,  
ФГБОУ ВПО Поволжский государственный технологический университет,  
Россия, г. Йошкар-Ола

В статье представлен пример импорта векторных данных KML в ГИС «Карта».

*Ключевые слова:* ГИС «Карта 2011», Global Mapper 13, земельные участки, кадастровые кварталы.

Важной частью работы в любой географической информационной системе является загрузка исходных данных (векторных, растровых, навигационных). В нашем случае под исходными данными понимаются векторные данные по кадастровым кварталам и земельным участкам Яранского района Кировской области в формате Google Earth (KML), система координат WGS 84 [2].

Импорт векторных данных в формате KML в программную среду ГИС «Карта 2011» версия 11 включает в себя загрузку карты из Google с указанием исходного файла и выходной карты. В случае если имеется лицензия (ключ) для ГИС «Карта 2011», то данное действие не вызовет никаких затруднений [1]. Если же нет лицензии (ключа) произойдет системная ошибка и не возможно будет создать карту. Для продолжения импорта векторных данных KML необходимо преобразовать формат KML в формат MIF/MID с помощью программы Global Mapper 13.

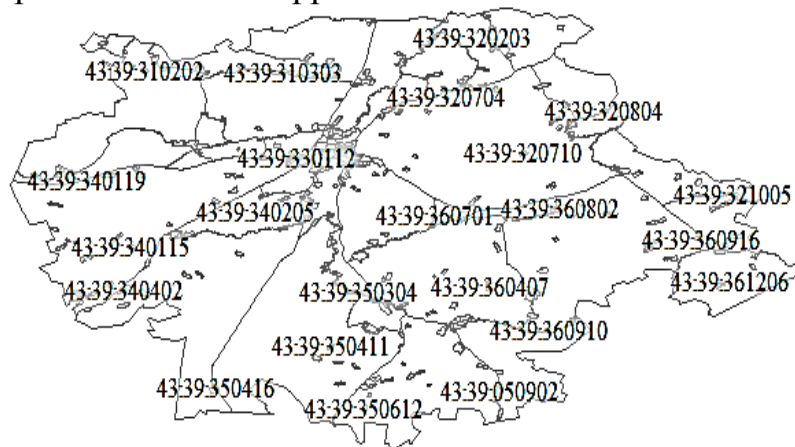


Рис. 1. Отображение данных в Global Mapper 13

Так как под исходными данными подразумеваются два файла формата KML, векторные данные о земельных участках, и кварталах каждый файл поочередно преобразуем в формат MIF/MID.

После преобразования KML в MIF/MID, для правильности отображения семантических данных о земельных участках необходимо открыть MID файл, для этого используется стандартный блокнот, и заменить текстовое разграничение <BR> на "," (рис. 2).

<pre>"43:39:030108:135", "кн - 43:39:030108:135&lt;BR&gt;Адрес - обл Кировская   "43:39:030108:137", "кн - 43:39:030108:137&lt;BR&gt;Адрес - обл. Кировская "43:39:030108:14", "кн - 43:39:030108:14&lt;BR&gt;Адрес - обл. Кировская   "43:39:030108:140", "кн - 43:39:030108:140&lt;BR&gt;Адрес - обл. Кировская "43:39:030108:146", "кн - 43:39:030108:146&lt;BR&gt;Адрес - обл. Кировская "43:39:000000:172", "кн - 43:39:000000:172&lt;BR&gt;Адрес - Кировская обл, "43:39:030108:148", "кн - 43:39:030108:148&lt;BR&gt;Адрес - обл. Кировская "43:39:030108:150", "кн - 43:39:030108:150&lt;BR&gt;Адрес - обл. Кировская "43:39:030108:151", "кн - 43:39:030108:151&lt;BR&gt;Адрес - обл. Кировская "43:39:000000:173", "кн - 43:39:000000:173&lt;BR&gt;Адрес - Кировская обл, "43:39:000000:173", "кн - 43:39:000000:173&lt;BR&gt;Адрес - Кировская обл, "43:39:000000:173", "кн - 43:39:000000:173&lt;BR&gt;Адрес - Кировская обл, "43:39:030108:153", "кн - 43:39:030108:153&lt;BR&gt;Адрес - обл. Кировская "43:39:030108:154", "кн - 43:39:030108:154&lt;BR&gt;Адрес - обл. Кировская "43:39:030108:537", "кн - 43:39:030108:537&lt;BR&gt;Адрес - обл. Кировская "43:39:030108:155", "кн - 43:39:030108:155&lt;BR&gt;Адрес - обл. Кировская "43:39:030108:539", "кн - 43:39:030108:539&lt;BR&gt;Адрес - обл. Кировская "43:39:030108:163", "кн - 43:39:030108:163&lt;BR&gt;Адрес - обл. Кировская "43:39:030108:540", "кн - 43:39:030108:540&lt;BR&gt;Адрес - обл. Кировская "43:39:030108:166", "кн - 43:39:030108:166&lt;BR&gt;Адрес - обл. Кировская</pre>	<pre>"43:39:030108:135", "43:39:030108:135", "обл Кировская р-н Яранский   "43:39:030108:137", "43:39:030108:137", "обл. Кировская р. Яранский "43:39:030108:14", "43:39:030108:14", "обл. Кировская р. Яранский   "43:39:030108:140", "43:39:030108:140", "обл. Кировская р. Яранский "43:39:030108:146", "43:39:030108:146", "обл. Кировская р. Яранский "43:39:000000:172", "43:39:000000:172", "кировская обл, р-н Яранский "43:39:030108:148", "43:39:030108:148", "обл. Кировская р. Яранский "43:39:030108:150", "43:39:030108:150", "обл. Кировская р. Яранский "43:39:030108:151", "43:39:030108:151", "обл. Кировская р. Яранский "43:39:000000:173", "43:39:000000:173", "кировская обл, р-н Яранский "43:39:000000:173", "43:39:000000:173", "кировская обл, р-н Яранский "43:39:000000:173", "43:39:000000:173", "кировская обл, р-н Яранский "43:39:000000:173", "43:39:000000:173", "кировская обл, р-н Яранский "43:39:030108:153", "43:39:030108:153", "обл. Кировская р. Яранский "43:39:030108:154", "43:39:030108:154", "обл. Кировская р. Яранский "43:39:030108:537", "43:39:030108:537", "обл. Кировская р. Яранский "43:39:030108:155", "43:39:030108:155", "обл. Кировская р. Яранский "43:39:030108:539", "43:39:030108:539", "обл. Кировская р. Яранский "43:39:030108:163", "43:39:030108:163", "обл. Кировская р. Яранский "43:39:030108:540", "43:39:030108:540", "обл. Кировская р. Яранский "43:39:030108:166", "43:39:030108:166", "обл. Кировская р. Яранский</pre>
---	---

Рис. 2. Фрагмент отображения данных о земельных участках:  
а – текстовое разграничение <BR>, б – текстовое разграничение ","

Разграничив сведения о земельных участках на отдельные столбцы, откроем MIF файл и пропишем индивидуальные обозначения для каждого столбца семантики.

Расписав все обозначения, сохраним их. Формат MIF, по кадастровым кварталам оставим без изменений.

Результаты изменения индивидуального обозначения столбцов семантики MIF файла о земельных участках представлено на (рис. 3).

```

Version 300
Charset "Neutral"
Delimiter ","
CoordSys Earth Projection 1, 104
Columns 2
  NAME Char(17)
  LAYER Char(254)
Data
Region 1
7
47.870947 57.309656
47.870989 57.309655
47.871081 57.309653
47.871076 57.309581
47.870983 57.309583
47.870942 57.309584
47.870947 57.309656
  Pen (1,2,12632256)
  Brush (1,12632256,16777215)
Version 300
Charset "Neutral"
Delimiter ","
CoordSys Earth Projection 1,
Columns 11
  NAME Char(17)
  LAYER Char(22)
  LAYER Char1(80)
  LAYER Char2(24)
  LAYER Char3(40)
  LAYER Char4(35)
  LAYER Char6(23)
  LAYER Char7(140)
  LAYER Char8(37)
  LAYER Char9(38)
Data

```

а б  
Рис. 3. Столбцы семантики: а – прежние; б – полученные

Настроив MIF/MID файлы, произведем импорт данных в ГИС «Карта 2011» версия 11. При импорте выбираем классификатор map2000.rsc. Для правильного отображения семантических данных необходимо произвести соответствие семантических характеристик по данным (таблица).

Таблица

**Обозначение семантики**

Обозначение	Данные обозначения
LAYER Char	Кадастровый номер
LAYER Char1	Адрес земельного участка
LAYER Char2	Дата учета
LAYER Char3	Кадастровый номер, ранее присвоенный
LAYER Char4	Кадастровые номера предыдущие
LAYER Char5	Площадь (точная)
LAYER Char6	Площадь (декларированная)
LAYER Char7	Категория земель
LAYER Char8	Использование фактическое
LAYER Char9	Использование разрешенное

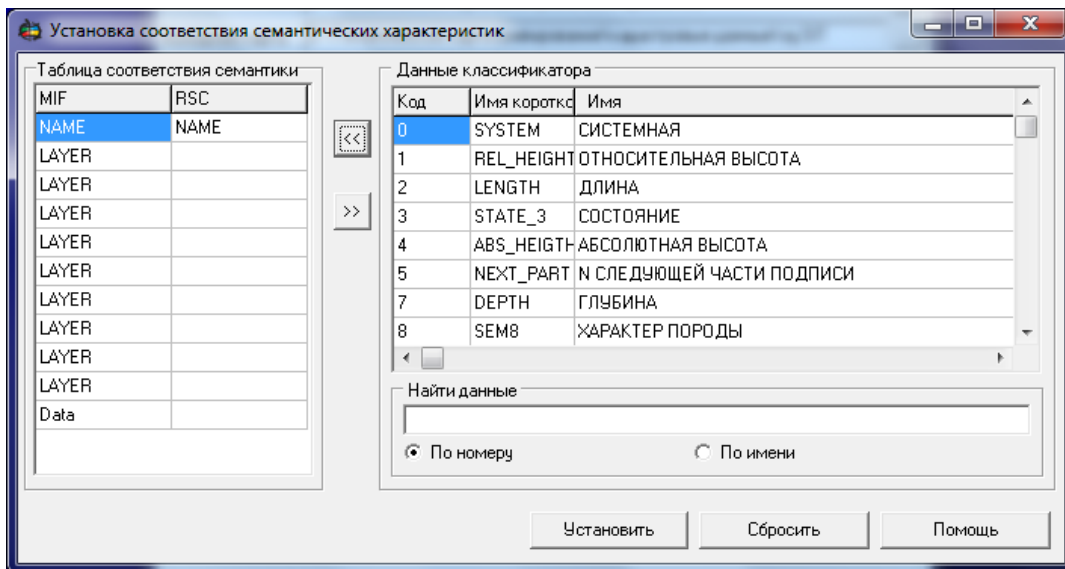


Рис. 4. Установление соответствия семантических характеристик

Для установления визуального отображения объекта необходимо настроить вид объекта, так как мы используем кадастровые данные, соответственно используем кадастровый слой в ГИС «Карта 2011».

Результатом данных действий станет карта с границами земельных участков и кварталов.

Графическое представление границ земельных участков и кварталов с семантикой представлено на (рис. 5).

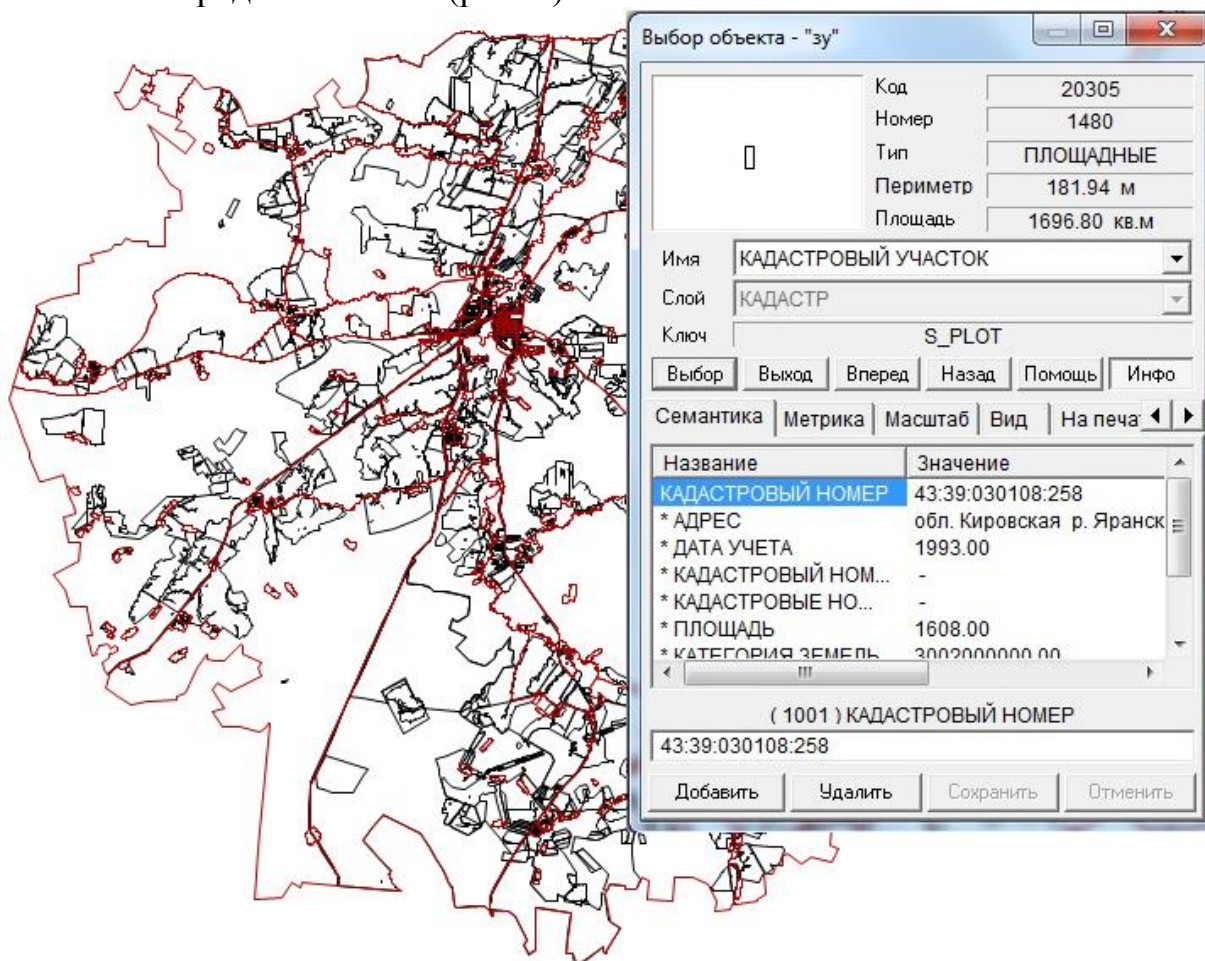


Рис. 5. Графическое представление границ земельных участков и кварталов с семантикой

Семантические данные земельных участков и кварталов позволят создавать тематические картограммы и картодиаграммы по заданной тематике и наглядно иллюстрировать отображаемую информацию.

#### **Список литературы**

1. ГИС ПАНОРАМА [Электронный курс]. – Режим доступа: <http://www.gisinfo.ru/> дата обращения: (29.06.2016).
2. ФГБУ «ФКП Росреестр» по Кировской области [Электронный курс]. – Режим доступа: <http://www.zkr.kirov.ru> дата обращения: (29.06.2016).

## **БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ В ВОДАХ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА ПРИ ОСВОЕНИИ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА С ПОМОЩЬЮ ЛЕДОКОЛОВ**

*Короткий Э.В.*

ст. преподаватель кафедры «Управление судном», ФГБОУ ВО «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова»,  
Россия, г. Новороссийск

За полярным кругом располагается более 20% территории России. В настоящее время в районах Крайнего Севера добывается 95% газа, 75% нефти, основная часть никеля, олова, платиноидов, золота и алмазов. Одну треть Северного Ледовитого океана занимает шельф арктических морей России.

*Ключевые слова:* Арктика, шельф, нефть, газ, добыча ресурсов.

В последнее время наблюдается повышенный интерес к вопросам освоения Арктического шельфа – не только в России, но и в целом ряде других стран (даже тех, которые не имеют собственных выходов к северным морям). За полярным кругом располагается более 20% территории России. В настоящее время в районах Крайнего Севера добывается 95% газа, 75% нефти, основная часть никеля, олова, платиноидов, золота и алмазов. Одну треть Северного Ледовитого океана занимает шельф арктических морей России. В береговой зоне и на шельфе этих морей сосредоточены огромные запасы природных ресурсов (газ, нефть, цветные металлы). Нефтегазовый потенциал оценивается в объеме более 100 млрд тонн – 30% мировых запасов нефти и газа. В целом российский Север – это мощный резерв развития России в XXI веке.

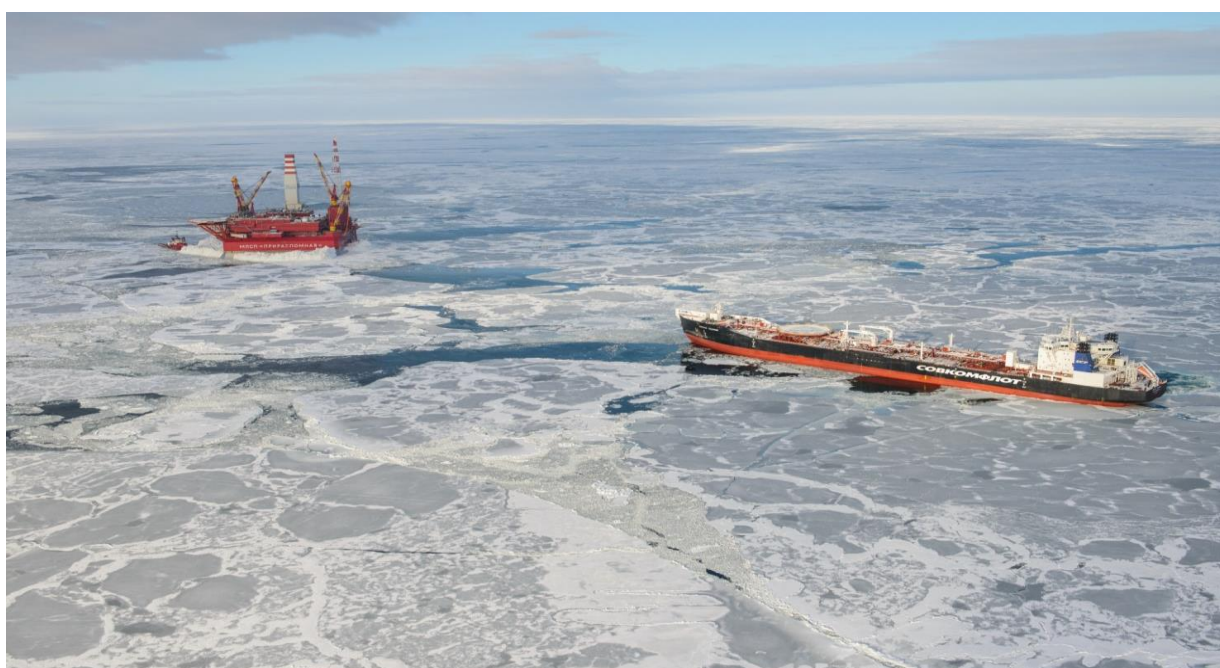
### **Освоение Арктического шельфа**

В настоящее время на российском арктическом шельфе имеется только один действующий проект по добыче нефти. Это Приразломное месторождение в Печорском море (прибрежное море в юго-восточной части Баренцева моря, между островами Колгуев и Вайгач). Месторождение открыто в 1989 году и содержит более 70 млн т извлекаемых запасов нефти. Район характеризуется сложными природно-климатическими условиями: ледяной покров

сохраняется в течение 7 месяцев, высота торосов достигает 2 метров, минимальная температура воздуха может опускаться ниже  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$  [5].



Нефть нового российского сорта получила название Arctic Oil (ARCO) и впервые была отгружена с Приразломного в апреле 2014 года. В общей сложности с платформы "Приразломная" в 2014 году четырьмя танкерами было отгружено 300 тыс. тонн нефти. Приразломное – уникальный российский проект по добыче углеводородов на Арктике. Для его освоения создана специальная морская ледостойкая стационарная платформа (МЛСП) "Приразломная". Платформа позволяет выполнять все технологические операции – бурение скважин, добычу, хранение, отгрузку нефти на танкеры и т. д. Оператором проекта является "Газпром нефть шельф", дочерняя компания "Газпром нефти" [1].



Освоение месторождения ведётся с платформы "Приразломная". Она рассчитана на эксплуатацию в экстремальных природно-климатических условиях, отвечает требованиям безопасности и способна выдержать максимальные ледовые нагрузки. Поскольку море в районе платформы неглубокое, то она установлена непосредственно на дно. Таким образом все скважины бурятся внутри платформы – её основание одновременно является надежной преградой между скважиной и открытым морем. Кроме того, установленное на скважинах специальное оборудование позволяет предотвратить выброс нефти или газа. Система хранения нефти на платформе предусматривает «мокрый» способ размещения сырья в резервуарах, что исключает попадание в ёмкости кислорода и образование взрывоопасной среды. Отгрузочная линия по перекачке нефти на танкер оборудована системой аварийной остановки и закрытия, которая срабатывает мгновенно. В будущем максимальный уровень добычи может достигать 5 млн тонн нефти в год. Срок эксплуатации месторождения – не менее 25 лет. В общей сложности проектом предусмотрен ввод в эксплуатацию 36 скважин, в том числе 19 добывающих, 16 нагнетательных и одной поглощающей [3].



Для вывоза добываемой нефти в мире уже находятся в работе или спроектированы различные морские перегрузочные сооружения в том числе:

- а) одно-якорное(SAL-single anchor loading)
- б) подводный револьверный буй(STL -submerged turret loading)
- в) моно-буй(BTL – buoy turret loading)
- г) плавучие нефтехранилища (FSO– floating storage oil)
- д) стационарные гравитационные башенного типа
- е) стационарные гравитационные на базе использования переоборудованных корпусов крупнотоннажных морских судов.

## Арктический транспортный флот

Арктический транспортный флот насчитывает в настоящее время (декабрь 2015 г.) 201 транспортное судно арктических ледовых классов, в том числе под флагом России – 158 судов. Его развитие осуществляется по планам и за счет средств судоходных и ресурсодобывающих компаний. До 2020 года ожидаются поставки около 60 судов.

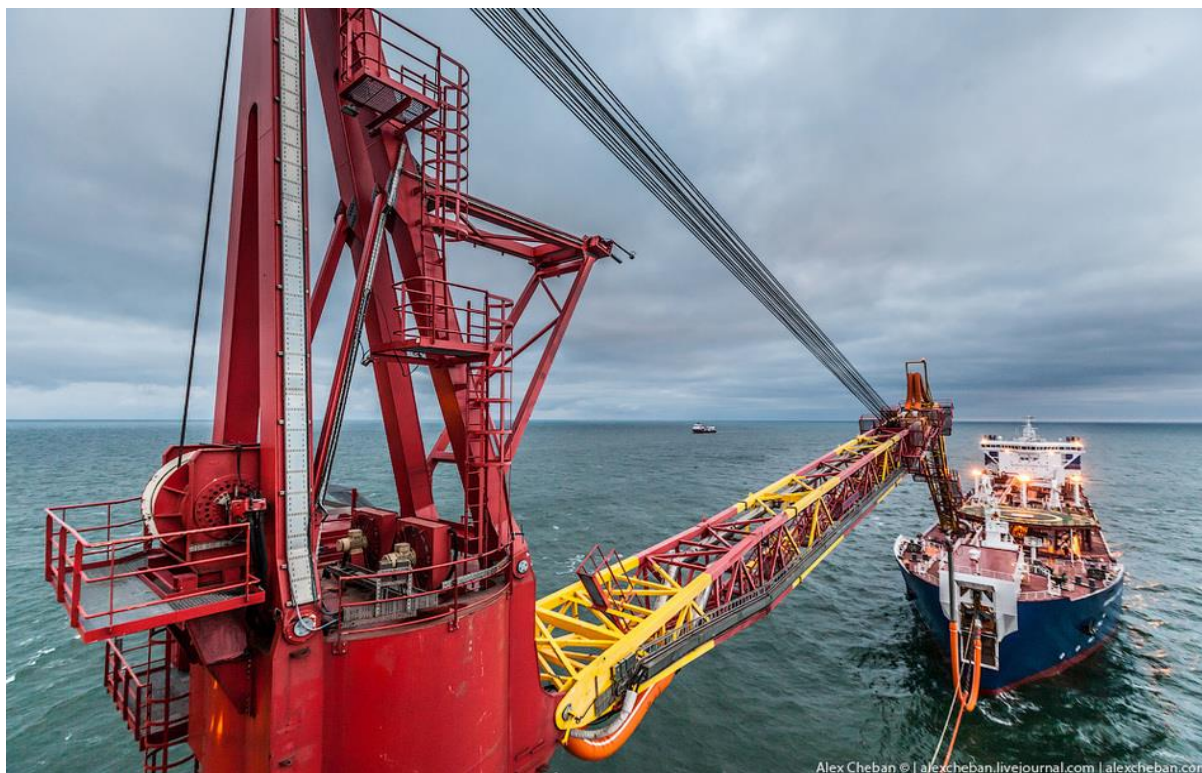


По заказу «Лукойла» для вывоза нефти с терминала Варандей в Печорском море в 2008 году построены три танкера дедвейтом 70 тыс. тонн ледового класса Arc6 типа «Василий Динков» и ледокол мощностью 20 МВт для обслуживания терминала. Для обслуживания буровой платформы на шельфовом месторождении Приразломное в Печорском море по заказу компании «Газпром» в 2010 году построены ещё два подобных танкера («Кирилл Лавров» и «Михаил Ульянов»). В целях ледокольного обеспечения работы платформы построены два ледокола-снабженца мощностью 20 МВт.

По заказу компании «Роснефть» в 2008-2010 гг. построены три танкера типа «Архангельск» дедвейтом 30 тыс. тонн ледового класса Arc6 для вывоза нефти и нефтепродуктов из портов Архангельск и Витино.

Компанией «Норильский никель» построены пять контейнеровозов ледового класса Arc7 типа «Норильский никель» дедвейтом 15 тыс. тонн, способных осуществлять самостоятельное плавание во льдах толщиной до 1,5 м на линии Дудинка – Мурманск при специальном гидрометеорологическом обеспечении.





В настоящее время судоходные и ресурсодобывающие компании, работающие в Арктике, озабочены заказами на строительство газовозов ледового класса, способных осуществлять транспортировку СПГ из Арктики как в Европу, так и в страны АТР. Нет сомнения, что при наличии грузовой базы и приемлемых тарифов оплаты услуг ледоколов транспортный флот обеспечит перевозку всех заявленных грузов. Существующая транспортная система проекта, включающая три многофункциональных ледокольных судна и два челночных танкера, позволяет выполнять полный цикл работ для бесперебойного снабжения и безопасного функционирования «Приразломной» [4].

**Танкера «Михаил Ульянов» и «Кирилл Лавров»** дедвейтом 70 000 тонн каждый предназначены для транспортировки нефти и газового конденсата с месторождения «Приразломное» (Баренцево море). Суда данной серии построены в соответствии с Правилами двойной классификации Российского морского регистра судоходства и Lloyd's Register. По классификации Российского морского регистра судоходства танкерам присвоен ледовый класс Arc6, предусматривающий их самостоятельное плавание во льдах толщиной до 1,2 метра.



При строительстве арктических челночных танкеров были реализованы во многом уникальные конструктивные решения, позволяющие безопасно эксплуатировать эти суда в сложных климатических условиях арктических морей. Арктические челноки используют принцип «двойного действия», имеют ледокольную корму для движения во льдах и мореходную носовую часть для плавания в открытом море. Танкеры оборудованы двумя винторулевыми колонками типа "Азипод" (поворотный на 360 градусов электроприводной винторулевой комплекс) общей суммарной мощностью 17 МВт, спутниковой системой динамического позиционирования при швартовке к платформе, вертолетной площадкой и системой носового приёма груза в арктическом исполнении, уникальной системой теплоизоляции и обогрева всех судовых систем.



Главные размерения арктического челночного танкера пр.Р-70046:

- длина – 260 м;

- ширина – 34 м;
- осадка – 13,6 м;
- дедвейт – 70 000 тонн;
- скорость хода в открытой воде – 16 узлов;
- скорость хода кормой вперед во льду толщиной 1,2 м – 3 узла;
- общая мощность энергетической установки – 25 мВт.

### **Ледокольное обеспечение**

Основой безопасных условий плавания судов в ледовых условиях Северного морского пути является мощный атомный ледокольный флот. В настоящее время на трассах Северного морского пути действуют 10 линейных ледоколов (из них 6 атомных, в том числе построенный в 2007 году атомный ледокол «50 лет Победы», и 4 дизельных). Развитие ледокольного флота России осуществляется в рамках федеральных целевых программ. Предусматривается пополнение атомного ледокольного флота двухосадочными ледоколами. Двухосадочный универсальный атомный ледокол с переменной осадкой создается впервые. Он будет иметь две рабочие осадки 10,5 и 8,5 м, т.е. сможет работать как в открытом море, так и на прибрежных мелководьях и в устьях рек. Концепция ледокола разработана в нашем институте. Завершена разработка технического проекта, имеется поручение председателя Правительства РФ об обеспечении строительства до 2020 г. трех таких ледоколов. В перспективе должно обеспечиваться круглогодичное судоходство по Северному морскому пути [2].



### **Общая оценка безопасности на СМП**

Благодаря четкой организации судоходства, непрерывному контролю за движением каждого судна и своевременному оказанию ледокольной помощи относительная вероятность гибели судов во льдах на порядок меньше, чем в открытых водах Мирового океана. Вероятность получения тяжелых

водотечных ледовых повреждений корпуса не превышает 2% от количества плавающих судов по СМП. С таким же уровнем вероятности происходят столкновения судов в прибрежных водах Мирового океана. Случаев аварийных разливов нефти с танкеров за 30 лет эксплуатации не отмечалось. Атомные и дизельные линейные ледоколы за 50-летний период эксплуатировались на СМП безаварийно. Радиационная обстановка на атомных ледоколах находилась в пределах технических норм. Действующая арктическая морская транспортная система работает стабильно, обеспечивает перевозку необходимых грузов, включая транзитные, и достаточно высокий уровень безопасности судоходства, способствуя ускоренному развитию арктической зоны РФ. Формирование и развитие нефтяной, газовой и перерабатывающей промышленности в Восточной Сибири и на Арктическом побережье, освоение месторождений арктического шельфа и организация крупномасштабных поставок СПГ на высокоперспективные рынки Северной Америки и Азиатско-Тихо-Океанского региона, будут являться крупнейшими суперпроектами этого века.

#### Список литературы

1. Воронов А.А. Состояние и перспективы освоения ресурсов нефти и газа на арктическом шельфе в северных регионах Российской Федерации / А.А. Воронов// Сборник научных статей «Россия на пути выхода из экономического кризиса». Выпуск 8. – СПб.: Институт бизнеса и права, 2010. – С. 7-10.
2. Атомная стратегия XXI. Статья № 47 «Атомный Ледокольный Флот». С.21-22. [Электронный ресурс].- [www.proatom.ru](http://www.proatom.ru).
3. Крюков В.А. Арктический шельф [Электронный ресурс] / В.А. Крюков. – Режим доступа: <http://www.council.gov.ru/files/journalsf/item/20100227140130.pdf>
4. Богданчиков С.М. Ключевые факторы развития нефтегазового комплекса России и НК «Роснефть». // «Нефть, газ, бизнес». 2003. №4. С.16-17.
5. Месторождение Приразломное [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Приразломная\\_\(нефтяная\\_платформа\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Приразломная_(нефтяная_платформа))

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ТРУБКЕ С ВЯЗКИМ ТРЕНИЕМ

*Ксендзов В.А.*

профессор кафедры строительства инженерных сооружений и механика,  
д-р техн. наук, Рязанский государственный агротехнологический университет,  
Россия, г. Рязань

Ряд задач сельскохозяйственной механики можно свести к исследованию движения частицы (материальной точки) во вращающейся трубке с тем или иным характером трения. В статье рассматривается динамика движения такой частицы с вязким линейным и квадратичным трением. Выведены формулы скоростей и законы движения такой частицы, расчеты проиллюстрированы примерами.

*Ключевые слова:* частица, вращающаяся трубка, вязкое линейное и квадратичное трения, скорость и закон движения частицы.

Ряд задач сельскохозяйственной механики сводятся к изучению движения частицы (материальной точки) во вращающейся трубке с тем или иным характером трения [1,3]. Целью исследования является установления законов движения частицы во вращающейся трубке, сопровождающееся вязким линейным или квадратичным зависимостями трения от скорости в их сравнении, изложение методики такого исследования. Исследование выполнено на основе классических методов механики, а также решением нелинейных уравнений с применением ЭВМ.

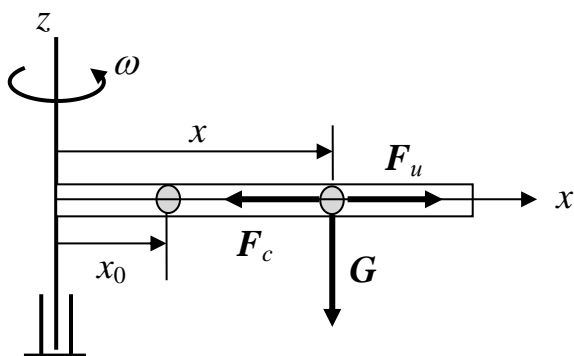


Рис. 1. Расчетная схема

### Постановка задачи.

В трубке длиной  $L$ , вращающейся с угловой скоростью  $\omega$  вокруг перпендикулярной к трубке оси  $z$ , имеется частица массы  $m$ , рисунок 1. Начальная координата частицы  $x_0$ , начальная скорость  $v_0 = 0$ . Движение частицы сопровождается вязким трением. Рассмотрим случай линейного вязкого трения, зависимость силы трения от скорости  $F_c = bv$ . Определим закон,

скорость и время движения частицы в трубке, и скорость ее вылета.

Движение частицы происходит под действием центробежной силы  $F_u = m\omega^2 x$ . Дифференциальное уравнение движения частицы в проекции на ось  $x$

$$m\ddot{x}(t) + b\dot{x}(t) - m\omega^2 x = 0,$$

или

$$\ddot{x}(t) + 2n\dot{x}(t) - \omega^2 x = 0, \quad (1)$$

где  $n = b/2m$ . Характеристическое уравнение  $z^2 + 2nz - \omega^2 = 0$  имеет корни

$$z_{1,2} = -n \pm \sqrt{n^2 + \omega^2} = -n \pm n_1, \text{ где } n_1 = \sqrt{n^2 + \omega^2} > n.$$

В соответствии с корнями решение уравнения (1) имеет вид:

$$x = e^{-nt} (C_1 e^{n_1 t} + C_2 e^{-n_1 t}). \quad (2)$$

Скорость частицы

$$\dot{x} = -ne^{-nt} (C_1 e^{n_1 t} + C_2 e^{-n_1 t}) + e^{-nt} (C_1 n_1 e^{n_1 t} - C_2 n_1 e^{-n_1 t}). \quad (3)$$

Постоянные интегрирования определим по начальным условиям: при  $t_0 = 0$   $x = x_0$ ,  $v_0 = 0$ . Имеем

$$\begin{cases} C_1 + C_2 = x_0, \\ (n_1 - n)C_1 - (n_1 + n)C_2 = 0, \end{cases} \text{ откуда}$$

$$C_1 = \frac{\begin{vmatrix} x_0 & 1 \\ 0 & -(n_1 + n) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & 1 \\ (n_1 - n) & -(n_1 + n) \end{vmatrix}} = \frac{-x_0(n_1 + n)}{-n_1 - n - n_1 + n} = x_0 \frac{n_1 + n}{2n_1}, \quad C_2 = x_0 - C_1 = x_0 \frac{n_1 - n}{2n_1}.$$

С учетом найденных значений  $C_1$  и  $C_2$  решение (2) примет вид:

$$x = x_0 e^{-nt} \left( \frac{n_1 + n}{2n_1} e^{n_1 t} + \frac{n_1 - n}{2n_1} e^{-n_1 t} \right). \quad (4)$$

Скорость частицы

$$\begin{aligned} \dot{x} = v &= x_0 e^{-nt} \left\{ -n \left( \frac{n_1 + n}{2n_1} e^{n_1 t} + \frac{n_1 - n}{2n_1} e^{-n_1 t} \right) + \left( \frac{n_1 + n}{2} e^{n_1 t} - \frac{n_1 - n}{2} e^{-n_1 t} \right) \right\} = \\ &= \frac{x_0 (n_1^2 - n^2)}{2n_1} e^{-nt} [e^{n_1 t} - e^{-n_1 t}]. \end{aligned} \quad (5)$$

При  $n = 0$  и  $n_1 = \omega$  имеем

$$v = x_0 \frac{n_1}{2} (e^{n_1 t} - e^{-n_1 t}), \quad x = x_0 \left( \frac{e^{n_1 t} + e^{-n_1 t}}{2} \right),$$

В этом случае зависимость скорости от координаты можно получить и так.

Возведем полученные зависимости в квадрат:

$$\begin{aligned} v^2 &= x_0^2 \frac{n_1^2}{4} (e^{2n_1 t} - 2 + e^{-2n_1 t}), \\ x^2 &= \frac{x_0^2}{4} (e^{2n_1 t} + 2 + e^{-2n_1 t}) = \frac{x_0^2}{4} (e^{2n_1 t} - 2 + e^{-2n_1 t} + 4) = \frac{v^2}{n_1^2} + x_0^2, \end{aligned}$$

откуда  $v = \omega \sqrt{(x^2 - x_0^2)}$ , что совпадает с решением задачи № 33.10 в [3, стр. 259].

В [1] на стр. 241 приводится система уравнений движения материальной частицы (6). Если внести значение  $N$  из второго уравнения в первое и принять  $f\omega = n$ , то полученное уравнение совпадет с уравнением (1) данной статьи. В этой связи решение (7) не отвечает решению уравнения (6). Дифференциальное уравнение материальной точки с сухим трением, учетом ее веса и силы инерции Кориолиса приведено в [4], задача № 33.12.

Определим время движения частицы в трубке, для чего в (4) примем  $t = T$ ,  $x = L$ :

$$L = \frac{x_0}{2n_1} \left( (n_1 + n)e^{(n_1-n)T} + (n_1 - n)e^{-(n_1+n)T} \right). \quad (6)$$

Так как уравнение (6) трансцендентное, то его решение возможно численными методами. Положим, к примеру,  $L = 1$  м,  $x_0 = 0.2$  м,  $n_1 = 2$ ,  $n = 1$ . Тогда

$$(n_1 + n)e^{(n_1-n)T} + (n_1 - n)e^{-(n_1+n)T} = \frac{L2n_1}{x_0},$$

или  $3e^T + e^{-3T} = 20$ . Вычислим  $T$  в программе MathCAD. Примем  $f(T) := 3e^T + e^{-3T} - 20$ ,  $T = 0, 0.1..3$ . Построим график  $f(T)$  и по графику примем начальное значение корня  $T = 1.9$ , рисунок 2.

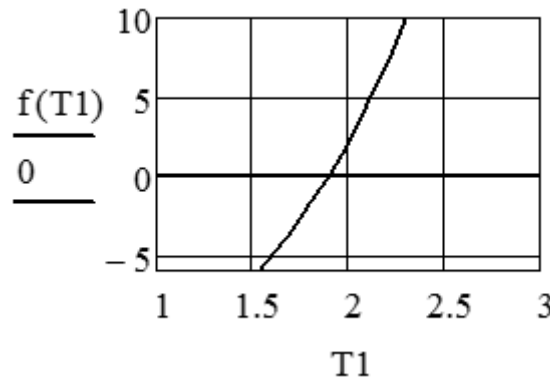


Рис. 2. К определению корня уравнения (6)

Уточним значение корня оператором root:  $\text{root}(f(T), T) = 1.897$   $T = 1.897$  сек.

Скорость вылета частицы из трубки определим по уравнению

$$v = x_0 \frac{(n_1^2 - n^2)}{2n_1} e^{-nT} (e^{n_1 T} - e^{-n_1 T}).$$

$$v = 0.999 \approx 1 \text{ м/сек.}$$

Если второе слагаемое в (4) при  $t = T$  достаточно мало, что следует проверить, то

$$L \approx \frac{x_0}{2n_1} \left( (n_1 + n)e^{(n_1-n)T} \right),$$

откуда 
$$T \approx \ln \left( \frac{L \cdot 2n_1}{x_0(n_1 + n)} \right) \cdot \frac{1}{n_1 - n}.$$

Проверим возможность такого упрощения:  $e^{2 \cdot 1.897} = 44,434$ ,  $e^{-2 \cdot 1.897} = 0,023$ . Время движения частицы в трубке, подсчитанное по упрощенной формуле,  $T = 1,897$  сек, то есть с точностью до 0,001 ошибка не обнаруживается, значит, упрощение возможно.

Рассмотрим движение частицы в трубке, где вязкое трение зависит от квадрата скорости,  $F_c = b\dot{x}^2$ .

Дифференциальное уравнение движения частицы имеет вид

$$\ddot{x}(t) + 2n[\dot{x}(t)]^2 = \omega^2 x,$$

где размерность  $[n] = 1/\text{м}$ . Решение проведем как задачу Коши, для чего дифференциальное уравнение преобразуем следующим образом:

$$\frac{dz}{dx} + 4nz = 2\omega^2 x, \quad \frac{1}{2} \frac{dz}{dx} + 2nz = \omega^2 x, \quad v \frac{dv}{dx} + 2nv^2 = \omega^2 x, \quad (7)$$

где  $z = v^2$ . Уравнение (7) линейное относительно  $z$ .

Для приведенного уравнения решение дано, например, в [2, стр. 298].

При  $v_0 = 0$  формула имеет вид

$$z = e^{-\int_{x_0}^x p(x) dx} \cdot \int_{x_0}^x q(x) e^{\int_{x_0}^x p(x) dx} dx, \quad (8)$$

где в соответствии с уравнением (7)  $p(x) = 4n$ ,  $q(x) = 2\omega^2 x$ . Имеем:

$$\begin{aligned} \int_{x_0}^x p(x) dx &= \int_{x_0}^x 4n dx = 4n(x - x_0); \\ \int_{x_0}^x q(x) e^{\int_{x_0}^x p(x) dx} dx &= \int_{x_0}^x 2\omega^2 x \cdot e^{4n(x-x_0)} dx = 2\omega^2 e^{-4nx_0} \int_{x_0}^x x e^{4nx} dx = \\ &= 2\omega^2 e^{-4nx_0} \left[ \frac{4nx-1}{16n^2} e^{4nx} \right]_{x_0}^x = 2\omega^2 e^{-4nx_0} \left[ \frac{4nx-1}{16n^2} e^{4nx} - \frac{4nx_0-1}{16n^2} e^{4nx_0} \right] = \\ &= \frac{\omega^2}{8n^2} e^{-4nx_0} \left[ 4n(xe^{4nx} - x_0 e^{4nx_0}) - (e^{4nx} - e^{4nx_0}) \right] = \\ &= \frac{\omega^2}{8n^2} \left[ 4n(xe^{4n(x-x_0)} - x_0) - (e^{4n(x-x_0)} - 1) \right]. \end{aligned}$$

$$z = \frac{\omega^2}{8n^2} e^{-4n(x-x_0)} \left[ 4n(xe^{4n(x-x_0)} - x_0) - (e^{4n(x-x_0)} - 1) \right], \quad (9)$$

$$v = \frac{\omega}{2\sqrt{2n}} \sqrt{4n(x - x_0 e^{-4n(x-x_0)}) - (1 - e^{-4n(x-x_0)})}. \quad (10)$$

Исходя из (10) запишем дифференциальную зависимость между координатой и временем. Так как  $v = dx/dt$ , то

$$\frac{dx}{\sqrt{4n(x - x_0 e^{-4n(x-x_0)}) - (1 - e^{-4n(x-x_0)})}} = \frac{\omega}{2\sqrt{2n}} dt.$$



Отсюда

$$t = \frac{2\sqrt{2}n}{\omega} \int_{x_0}^x \frac{dx}{\sqrt{e^{-4n(x-x_0)}(1-4nx_0) - (1-4nx)}}. \quad (11)$$

Так как уравнение (11) трансцендентное, то решим его численным методом. Положим, например,  $L = 1$  м,  $x_0 = 0.2$  м,  $n_1 = 2$ ,  $n = 1$ ,  $t_1 = 0.2$ ,  $t_2 = 0.3$ . Тогда

$$t(x) = 2\sqrt{2} \int_{x_0}^x \frac{dx}{\sqrt{e^{-4(x-x_0)}(1-4x_0) - (1-4x)}}. \quad (12)$$

Время движения частицы в трубке  $t(L) = 2,724$  сек.

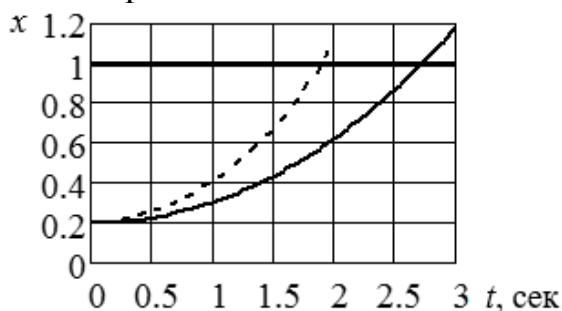


Рис. 3. Зависимости координаты частицы от времени

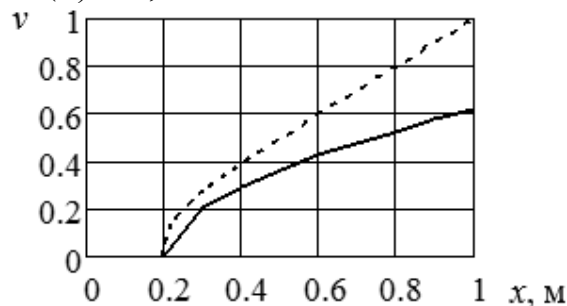


Рис. 4. Зависимости скорости частицы от координаты

На рисунке 3 показаны зависимости координат частицы от времени при линейном трении, построенная по уравнения (4) (пунктирная линия) и квадратичном, построенная по уравнению (12) (сплошная линия).

На рисунке 4 показаны зависимости скорости частицы от координат при линейном трении, построенная по уравнениям (4) и (5) (пунктирная линия) и квадратичном, построенная по уравнению (10) (сплошная линия). Скорость вылета частицы из трубки в этом случае  $v(L) = 0.613$  м/сек.

### Список литературы

1. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. [Текст] / П. М. Василенко // Киев.: Изд. УСХА, 1960. – 283 с.
2. Воднев В. Т. Основные математические формулы. [Текст] / В. Т. Воднев, А. Ф. Наумович, Н. Ф. Наумович. // Минск.: «Высшая школа», 1980. – 326 с.
3. Журавлев А. В. К вопросу очистки рамок от воскового сырья центробежными силами. [Текст] / А. В. Журавлев, С. А. Сутягин, В. И. Курдюмов // Вестник РГАТУ. – 2015. – № 4. – С. 83-85.
4. Мещерский И. В. Задачи по теоретической механике. [Текст] / И. В. Мещерский // СПб.: «Лань», 1998. – 448 с.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБНАРУЖЕНИЯ ОШИБКИ ПРИ ПОСТЕПЕННОЙ ДЕГРАДАЦИИ СПЕЦ ПРОЦЕССОРА ПСКВ

*Макарова А.В.*

аспирант кафедры безопасности автоматизированных систем,  
Институт информационных технологий и телекоммуникаций,  
Северо-Кавказский федеральный университет, Россия, г. Ставрополь

*Калмыков И.А.*

профессор кафедры безопасности автоматизированных систем, д.т.н.,  
профессор, Институт информационных технологий и телекоммуникаций,  
Северо-Кавказский федеральный университет, Россия, г. Ставрополь

В статье рассматриваются корректирующие коды полиномиальной системы классов вычетов. Применение корректирующих кодов ПСКВ позволяет обнаруживать и исправлять ошибки спец процессора ПСКВ с деградирующей структурой.

*Ключевые слова:* полиномиальная система классов вычетов (ПСКВ), корректирующие коды, спец процессор.

Одним из наиболее перспективных направлений повышения отказоустойчивости вычислительных устройств является широкое применение корректирующих кодов, способных обнаруживать и корректировать ошибки [1].

Применение полиномиальной системы классов вычетов позволяет не только повысить скорость обработки данных, но и обеспечить требуемый уровень надежности функционирования спец процессора ПСКВ с деградируемой структурой. Отсутствие взаимосвязи между вычислительными трактами спец процессора ПСКВ не позволяет ошибкам перемещаться по другим основаниям [2, 3].

В работе предлагается алгоритм, позволяющий повысить корректирующие способности этих кодовых конструкций полиномиальной системы классов вычетов (ПСКВ). Благодаря этому алгоритму модулярный полиномиальный код, имеющий два контрольных основания, способен исправлять не только однократные, но и пачки ошибок [4,5].

Исходя из условия, что ошибка изменяет значение остатка  $\alpha_i(z)$  на величину  $\Delta\alpha_i(z)$ , так, что  $\alpha_i^*(z) = \alpha_i(z) + \Delta\alpha_i(z)$ , то в результате получается элемент последовательности  $A_{i\alpha^*}(z)$ , который будет располагаться в интервале  $[A_{i\alpha^*}(z)/p_i(z)]$  относительно от исходного  $[A_{i\alpha_i}(z)/p_i(z)]$ . Следовательно, определение местоположения номинала  $A^*(z)$  относительно нулевого интервала является базой для построения избыточного модулярного кода, способного обнаруживать и исправлять ошибки, возникающие в процессе выполнения ортогональных преобразований сигнала из-за выхода из строя вычислительных трактов СП ПСПВ.

**Рассмотрим пример:** Пусть задано расширенное поле  $GF(2^4)$ , в котором определены минимальные многочлены:  $p_1(z)=z+1$ ;  $p_2(z)=z^2+z+1$ ;  $p_3(z)=z^4+z^3+z^2+z+1$ ;  $p_4(z)=z^4+z^3+1$ ;  $p_5(z)=z^4+z+1$ .

В качестве контрольных оснований используется  $p_4(z)=z^4+z^3+1$  и  $p_5(z)=z^4+z+1$ . При этом рабочий диапазон –

$$P_{раб}(z) = \prod_{i=1}^4 p_i(z) = z^7 + z^6 + z^5 + z^2 + z + 1.$$

При этом полный диапазон составляет  $P_{полн}(z)=z^{15}+1$ ,  $P_{конт45}(z)=z^8+z^7+z^5+z^4+z^3+z+1$ .

Определим интервалы, в которые будут попадать ошибки при постепенной деградации структуры спецпроцессора ПСКВ.

Таблица

**Распределение однократных ошибок по диапазону**

Отказали P1 и P2		Отказало P3		Отказало P2		Отказало P1	
117	744	8B	4BF	273	EAE	1FBA	51D
1BB	757	D1	4D3	2CD	F59	8B	54E
1D1	765	116	51D	339	FDD	D1	5C5
22E	81D	173	54E	4E6	1067	116	5CC
273	842	19D	59A	54B	113F	173	659
2CD	8B8	1A2	5C5	59A	11EB	19D	674
339	9AF	22C	5CC	672	1249	1A2	688
376	9CC	237	659	695	135E	22C	6FF
3A2	9F9	2A7	674	757	1398	237	72a
421	A6E	2CD	688	9AF	13F2	2A7	762
45C	A8F	2E6	6FF	9CC	14A5	2E6	7E9
4E6	A96	33A	72A	9F9	150D	33a	7FB
537	B34	344	757	A96	152C	344	A8F
54B	B81	395	762	B34	1615	395	1084
59A	BBF	3B1	7E9	BBF	1668	421	14A5
672	C73	421	7FB	C63	177E	458	151E
695	CE4	458		CE4	1827	46E	1F91
6EC	CFB	46E		D2A	18C6	4BF	2108
	D2A				19C8	4D3	2529
	DC8				1A0B		318C
	DF3				1A54		35AD
	E88				1AF1		4842
	EAE				1C83		4C63
	ECA				1CC1		5CE7
	F15				1D5C		694A
	F59				1EB2		
	FDD				1F91		

Проведенный исследования показали, что ПСКВ исправляет пачки ошибок внутри одного остатка, можно исправлять ошибки в системах передачи данных, вне остатка не исправляются ошибки.

Таким образом, очевидно, что применение алгоритма вычисления интервала ошибок, позволяет обнаружить в коде все однократные ошибки даже при постепенной деградации структуры спецпроцессора ПСКВ. Кроме того, существенным фактором является возможность определения величины ошибки, которая перевела разрешенную комбинацию  $A(z)$  в запрещенный диапазон.

#### Список литературы

1. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. М.: Мир, 1986. – 536 с.
2. Калмыков И.А. Математическая модель нейронной сети для исправления ошибок непозиционного кода поля Галуа в частотной области/ «Нейрокомпьютеры: разработка и применение» 2004, №5-6. С. 71-78.
3. Калмыков И.А. Разработка метода контроля и коррекции ошибок для непозиционного спецпроцессора с деградируемой структурой/Збірник наукових праць 2004, Київ, Національна Академія Наук України, Випуск № 25. С. 65-78.
4. Кун С. Матричные процессоры на СБИС./Пер с англ. – М.: Мир, 1991. – 671 с.
5. Червяков Н.И. Отказоустойчивые непозиционные процессоры// Управляющие системы и машины. 1988. №3. С. 3-7.

### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА<sup>1</sup>

**Мелентьев В.С.**

заведующий кафедрой информационно-измерительной техники,  
д-р техн. наук, профессор, Самарский государственный технический университет, Россия, г. Самара

**Левина К.Д.**

аспирант кафедры информационно-измерительной техники,  
Самарский государственный технический университет,  
Россия, г. Самара

**Уколов А.В.**

ведущий инженер,  
Самарский государственный технический университет,  
Россия, г. Самара

В статье рассматривается новый метод отдельного определения параметров емкостного датчика. Исследуется дополнительная погрешность измерения емкости датчика, обусловленная конечным значением сопротивления аналого-цифрового преобразователя.

*Ключевые слова:* емкостной датчик, переходный процесс, мгновенные значения сигнала, аналого-цифровой преобразователь, погрешность.

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 16-08-00252 А)

Емкостной датчик (ЕД) имеет сложную схему замещения, которая включает в себя информативный параметр (емкость), а также неинформативные параметры. Учет многоэлементной схемы датчика за счет использования неинформативных параметров может повысить точность определения емкости [1].

Кроме того, на точность измерения существенное влияние оказывают характеристики измерительного преобразователя, осуществляющего преобразование информативного параметра ЕД в код [2].

В настоящее время успешно развивается направление, связанное с раздельным определением параметров ЕД по мгновенным значениям (МЗ) переходных процессов, возникающих в измерительной цепи (ИЦ) при подключении к ней напряжения постоянного тока [3].

В [4] авторами предложен метод, который обеспечивает раздельное определение емкости, сопротивлений соединительного проводника и изоляции.

Метод заключается в том, что на ИЦ, состоящую из последовательно включенных двух образцовых резисторов с сопротивлением  $R_0$ , ЕД, имеющего емкость  $C_X$ , сопротивления соединительного проводника  $R_{X1}$  и изоляции  $R_{X2}$ , подают напряжение постоянного тока  $U_0$ ; через образцовый интервал времени  $\Delta t$  (в момент времени  $t_1$ ) одновременно измеряют МЗ переходных процессов (ПП) на участке цепи, содержащем второй образцовый резистор и емкостной датчик, и ЕД относительно общего вывода ИЦ; через интервал времени  $\Delta t$  (в момент времени  $t_2$ ) повторно измеряют МЗ ПП на том же участке цепи; через такой же интервал времени (в момент времени  $t_3$ ) измеряют МЗ ПП на участке цепи и определяют неизвестные параметры по полученным МЗ.

Мгновенные значения ПП на соответствующих участках ИЦ в моменты времени  $t_1$ ,  $t_2$  и  $t_3$  будут равны:

$$U_{11} = \frac{U_0}{2R_0 + R_{X1}} \left\{ R_0 + R_{X1} + \frac{R_0 R_{X2}}{2R_0 + R_{X1} + R_{X2}} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{\Delta t}{\tau}\right) \right] \right\};$$

$$U_{21} = \frac{U_0}{2R_0 + R_{X1}} \left\{ R_{X1} + \frac{2R_0 R_{X2}}{2R_0 + R_{X1} + R_{X2}} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{\Delta t}{\tau}\right) \right] \right\};$$

$$U_{12} = \frac{U_0}{2R_0 + R_{X1}} \left\{ R_0 + R_{X1} + \frac{R_0 R_{X2}}{2R_0 + R_{X1} + R_{X2}} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{2\Delta t}{\tau}\right) \right] \right\};$$

$$U_{13} = \frac{U_0}{2R_0 + R_{X1}} \left\{ R_0 + R_{X1} + \frac{R_0 R_{X2}}{2R_0 + R_{X1} + R_{X2}} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{3\Delta t}{\tau}\right) \right] \right\},$$

где  $\tau = \frac{C_X(2R_0 + R_{X1})R_{X2}}{2R_0 + R_{X1} + R_{X2}}$  – постоянная времени ИЦ.

Используя данные выражения, можно определить неизвестные сопротивления соединительного проводника и изоляции и емкость ЕД:

$$\begin{aligned}
R_{X1} &= \frac{R_0 \left[ U_{21}(U_{13} - U_{12}) - 2(U_{12} - U_{11})^2 \right]}{(U_{13} - U_{12})(U_{11} - U_{21}) + (U_{12} - U_{11})^2}; \\
R_{X2} &= (2R_0 + R_{X1})^2 (U_{12} - U_{11})^3 / \left[ R_0(2U_{11} - U_{21})(U_{13} - U_{12}) \times \right. \\
&\quad \left. \times (2U_{12} - U_{11} - U_{13}) - (2R_0 + R_{X1})(U_{12} - U_{11})^3 \right]; \\
C_X &= - \frac{(2R_0 + R_{X1} + R_{X2})\Delta t}{(2R_0 + R_{X1})R_{X2} \ln \left( \frac{U_{13} - U_{12}}{U_{12} - U_{11}} \right)}. \tag{1}
\end{aligned}$$

На точность определения параметров ЕД также оказывают влияние характеристики и погрешности блоков, входящих в состав измерительного преобразователя, в частности, конечные значения входных сопротивлений аналого-цифровых преобразователей (АЦП), осуществляющих преобразование МЗ ПП в код. Наличие данного сопротивления приводит к отклонению используемой модели от реального ПП. Если считать, что входное сопротивление АЦП равно  $R_A$ , то постоянная времени реальной ИЦ изменится и примет вид:

$$\tau_p = \frac{C_X R_{X2} \left\{ (R_0^2 + 2R_0 R_A) R_A + R_{X1} \left[ (R_0 + R_A)^2 + R_0 R_A \right] \right\}}{(R_0^2 + 2R_0 R_A) R_A + (R_{X1} + R_{X2}) \left[ (R_0 + R_A)^2 + R_0 R_A \right]}. \tag{2}$$

Оценим погрешности определения емкости ЕД, обусловленную конечным значением  $R_A$ , используя предложенный в [5] подход к оценке погрешности вычисления значения функции, аргументы которой заданы приближенно.

С учетом выражений (1) и (2) предельное значение относительной погрешности определения емкости будет равно

$$\delta_C = \frac{\tau \left[ 1 + \exp\left(-\frac{\Delta t}{\tau}\right) \right] \exp\left[ -\ln\left(\frac{\tau_p}{\tau}\right) \left( \frac{\tau_p}{\tau_p - \tau} \right) \right] - \exp\left[ -\ln\left(\frac{\tau_p}{\tau}\right) \left( \frac{\tau}{\tau_p - \tau} \right) \right]}{\Delta t \exp\left(-\frac{2\Delta t}{\tau}\right) \left[ 1 - \exp\left(-\frac{\Delta t}{\tau}\right) \right]}.$$

На рис. приведены графики зависимости  $\delta_C$  от соотношений между образцовым интервалом времени  $\Delta t$  и постоянной времени  $\tau$  и между сопротивлением изоляции  $R_{X2}$  и сопротивлением образцового резистора  $R_0$  при  $R_{X1}/R_0=0,001$  и  $R_A/R_0 = 500$ .

Анализ показывает, что значение погрешности существенно зависит от соотношения между  $\Delta t/\tau$ , а также  $R_{X2}/R_0$ . Это позволяет выбирать оптимальные значения сопротивления образцового резистора и параметров измерительного процесса ( $\Delta t$ ) для увеличения точности и сокращения времени измерения.

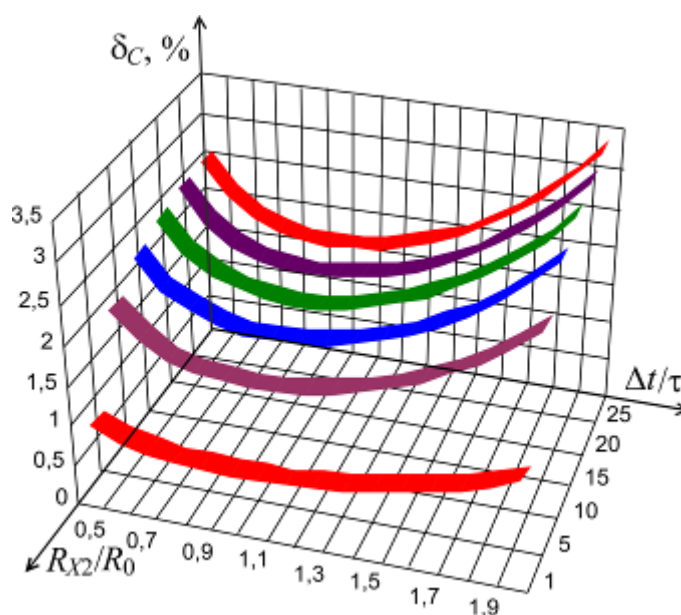


Рис. Графики зависимости  $\delta_C$  от  $\Delta t/\tau$  и  $R_{X2}/R_0$

### Список литературы

1. Мелентьев В.С., Батищев В.И. Аппроксимационные методы и средства измерения и контроля параметров двухполюсных электрических цепей. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. 200 с.
2. Мелентьев В.С., Евстифеева Т.С., Левина К.Д. Оценка погрешности реализации метода раздельного определения параметров емкостных датчиков // Южно-Сибирский научный вестник. 2014. №2(6). С. 29-31.
3. Мелентьев В.С., Смолина А.М., Евстифеева Т.С. Совершенствование метода измерения параметров емкостных датчиков / Проблемы автоматизации и управления в технических системах: сб. статей Междунар. науч.-техн. конф. Пенза: ПГУ, 2013. С. 238-240.
4. Мелентьев В.С. Методы повышения точности измерений параметров емкостных датчиков // Измерительная техника. 2014. №7. С. 45-47.
5. Мелентьев В.С., Левина К.Д., Сусова Е.А. Оценка погрешности определения параметров емкостных датчиков из-за не идеальности измерительной цепи / Современные тенденции развития науки и технологий: науч. сб. по матер. X Междунар. науч.-практ. конф. Белгород, 2016. №1-2. С. 24--27.

## КРИПТОГРАФИЯ В АСУ ТП

*Пантелеев М.С., Авдеев П.И.*

студенты 1 курса магистратуры кафедры «Информационные системы», ПКИТ (ф) ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», Россия, г. Пенза

В статье идет речь о криптографии в автоматизированных системах управления технологическими процессами. Обусловлены случаи применения криптографии, указаны элементы АСУ ТП в которых следует применить криптографию.

*Ключевые слова:* криптография, АСУ ТП.

Нужна ли криптография в автоматизированной системе управления технологическим процессом (АСУ ТП)?

Применение криптографии определяется требованием:

- Корпоративный стандарт;
- Отраслевые требования;
- Приказ регулятора;
- Федеральное законодательство.

И необходимостью:

- Критичность информации для бизнеса;
- Критичность информации для управления АСУ ТП.

Где в АСУ ТП нужна криптография?

В АСУ ТП можно выделить 4 основных элемента [1]:

- Система мониторинга – консолидированная информация о технологических процессах (ТП) и управление ТП;
- RTU/PLC – собирают данные от большого количества полевых устройств и получают команды;
- Коммуникации – различные типы промышленных сетей и соединений с внешним миром;
- «Полевые» устройства – аналоговые и не интеллектуальные устройства.

Криптография обязательна при удаленном доступе. Также на применение криптографии влияет является ли объект защиты доступным для злоумышленника.

Не любая криптография и не каждому процессу.

- Контролирующие процессы – конфиденциальность может быть актуальной, но не с помощью «тяжелой» криптографии, например ГОСТ 28147-89.
- Управляющие процессы – конфиденциальность вторична, на первом месте стоит целостность.
- Криптографическая стойкость для ТП может быть гораздо ниже, чем для долгосрочного хранения данных в офисной сети.
- Передача данных в АСУ ТП оценивается не только и не столько скоростью передачи, которая для средств криптографической защиты информации (СКЗИ) обычно измеряется на больших пакетах (400+ байт).
- В АСУ ТП гораздо большее значение имеет размер защищаемой информации и требование по задержкам.

Зачастую, защитить нужно лишь несколько бит информации. В отдельных стандартах электроэнергетики требуется обеспечивать передачу данных с задержкой не более 0.000001. Размер ключа шифрования для ГОСТ 28147-89 составляет 256 бит, что в десятки раз превосходит размер шифруемого блока [2]. Многие СКЗИ добавляют к каждому шифруемому пакету еще около 80 байт (зависит от СКЗИ).

Существует несколько вариантов реализации криптографии с разной степенью управления.



Повлиять нельзя:

- ZigBee;
- Secure DNP3;
- DNPSec;
- Secure Modbus;
- OPC.

Повлиять можно только при выборе оборудования (встроенная в оборудование):

- Неприменима для «старого» оборудования;
- Не все устройства поддерживают «лишний» функционал;
- Некоторые производители контроллеров стали оснащать свои решения встроенной криптографией.

Максимально управляемая ситуация (наложенная) [3]:

- Подходит для «старых» устройств и зарубежных АСУ ТП;
- Идеальная для удаленного доступа.

#### Список литературы:

1. SecurityLab.ru [Электронный ресурс]. – [http://www.securitylab.ru/blog/personal/Business\\_without\\_danger/140835.php](http://www.securitylab.ru/blog/personal/Business_without_danger/140835.php). – (дата обращения 14.06.2016).
2. ИТ-портал компании «Инфосистемы Джет» [Электронный ресурс]. – <http://www.jetinfo.ru/stati/asu-tp-voprosy-bezopasnosti>. – (дата обращения 14.06.2016).
3. Slideshare.net [Электронный ресурс]. – <http://www.slideshare.net/CiscoRu/ss-48988540>. – (дата обращения 14.06.2016).

## ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ 15

*Подоров В.А., Гизатуллина Л.Р.*

студенты 1 курса магистратуры кафедры транспорта и хранения нефти и газа,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»,  
Россия, г. Санкт-Петербург

Научный руководитель – канд. техн. наук Назарова М.Н.

В статье проведено исследование влияния длительной эксплуатации на механические свойства, особенности разрушения трубной стали при различных видах нагружения. В ходе комплексного изучения образцов были выявлены общие закономерности изменения механических и химических свойств, произошедшие вследствие старения и воздействия длительных нагрузок.

*Ключевые слова:* трубная сталь, состаренная сталь, длительная эксплуатация, вязкость разрушения, охрупчивание.

В настоящее время длительность эксплуатации большинства действующих трубопроводов составляет примерно 35-45 лет. Возникает необходимость оценки их текущего технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса. Современные методы диагностики позволяют получать информацию о наличии макроповреждений, однако нет полной ясности относительно закономерностей влияния времени эксплуатации магистральных трубопроводов на механические свойства стали, величина которых определяет степень опасности как исходных, так и накопленных в процессе эксплуатации дефектов.

Цель работы заключалась в количественной оценке механических свойств стали Сталь 15 после 46 лет эксплуатации и в анализе влияния этих изменений на способность стали сопротивляться хрупкому разрушению в условиях концентрации напряжений.

Объектом исследований служил основной металл (сталь 15) участка подземного газопровода среднего давления, который был принят к эксплуатации в 1968 г. Проведены исследования и испытания: химический анализ материала трубопровода; определение показателей твердости материала трубопровода; определение механических свойств материала трубопровода путем испытания образцов на машине растяжения Zwick/Roell Z100; оценка остаточного ресурса трубопровода.

Согласно полученным данным:

- 1) выбытие химических элементов за время эксплуатации не произошло (табл. 1);
- 2) длительная эксплуатация привела к:
  - увеличению предела текучести (до 33%);
  - увеличению предела прочности (до 35%) стали;
  - уменьшению (до 20%) относительного сужения (табл.2).

Увеличение предела текучести стали является основным фактором обуславливающим снижение вязкости стали после длительной эксплуатации [1].

Таблица 1

**Химический состав стали 15, %**

Сталь	Источник данных	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
I	ГОСТ 1050-2013	0,12-0,19	0,17-0,37	0,35-0,65	≤0,25	≤0,3	≤0,3	≤0,035	≤0,3
II	Микроанализ	0,17	0,20	0,51	0,026	0,03	0,1	0,02	0,01

Примечание: I – согласно стандарту; II – после эксплуатации.

Причина значительного снижения предела усталости была выяснена путем фрактографических исследований сталей, показавших, что его уменьшение связано с развитием множественных расслоений по границам структурных элементов, обнаруживаемых как на боковой поверхности образцов (рис. 1, а), так и на поверхности изломов (рис. 1, б). Образование расслоений,

вероятно, является следствием предварительного деформирования заготовок на стадии их изготовления.

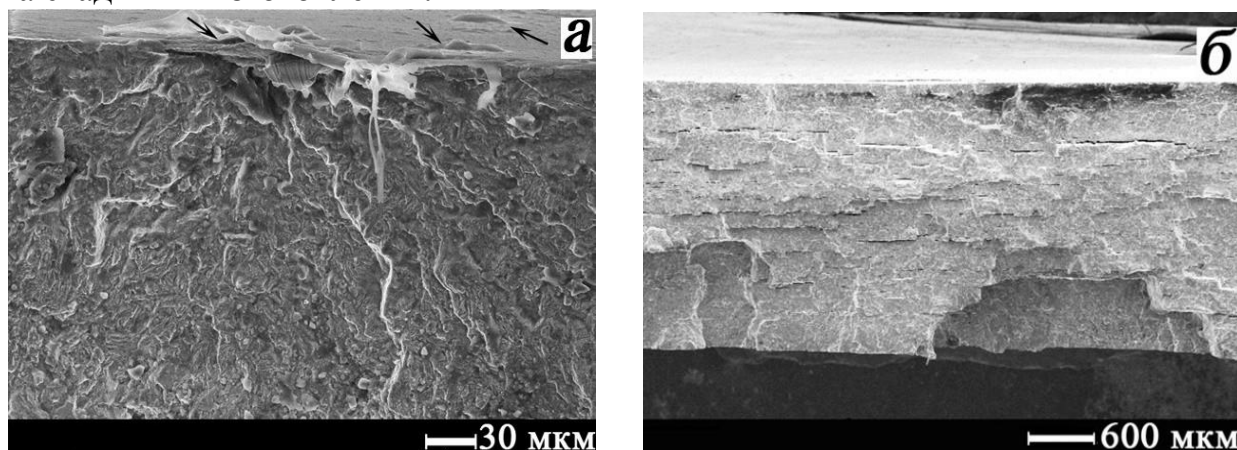


Рис. 1. Микрорельеф усталостных изломов стали 15 после 46 лет эксплуатации при напряжениях  $\sigma$ , равных 96 (а) и 280 (б) МПа

Наличие таких расслоений на боковой поверхности образца из стали 15 (показаны стрелками на рис. 1, а) свидетельствует о взаимосвязи расслоений с ранним зарождением усталостной трещины, происходящим при низких амплитудах напряжения.

Картины множественного усталостного разрушения, полученные методом реплик, снятых с боковой поверхности образцов на различных стадиях нагружения (рис. 2) в области малоциклового усталости свидетельствуют об интенсивном слиянии микротрещин в стали 15 после эксплуатации [2].

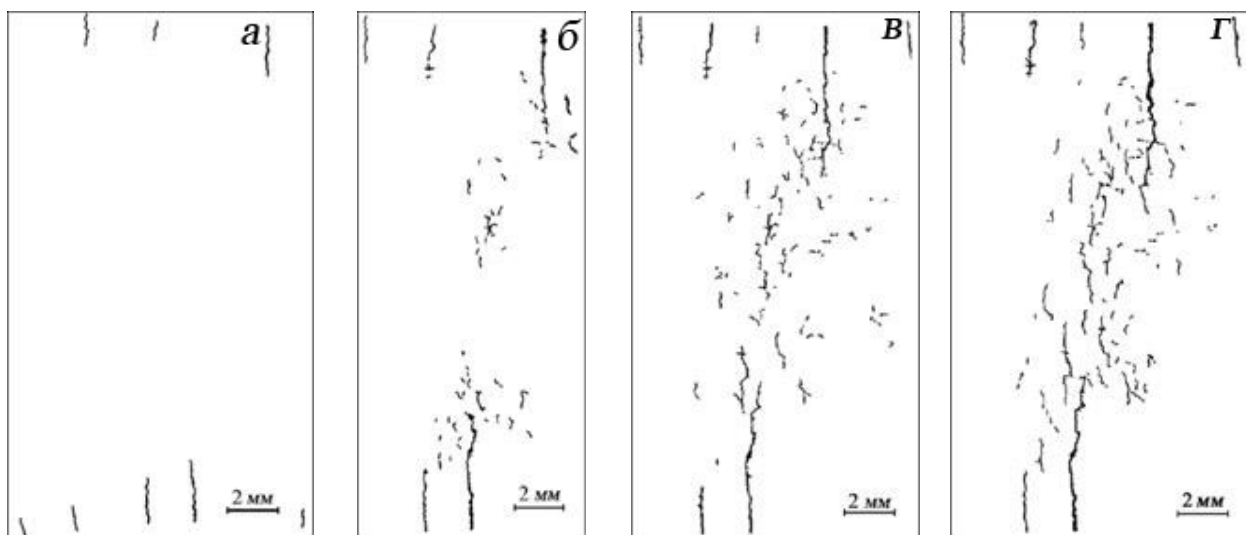


Рис. 2. Картины множественного разрушения в образце из стали 15 после длительной эксплуатации при долговечностях  $N$ , равных 1830 (а), 20660 (б), 21550 (в) и 21650 (г) циклов ( $\sigma = 280$  МПа)

Также, в результате исследования данного участка трубопровода, было установлено, что остаточный ресурс на момент извлечения составлял 10-15 лет.

**Механические свойства стали 15**

Состояние стали	Источник данных	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	НВ, не более	$\sigma_{-1}$ , МПа
I	ГОСТ 16523-97	195-220	330-460	24	149	213
II	Образцы С1, С2	273-290	500-510	4,9-5,1	≈180	128

**Выводы:**

- 1) увеличение предела текучести в результате старения стали является основной причиной снижения ее вязкости после 46 лет эксплуатации;
- 2) в результате длительной эксплуатации прочность при долговечности снижается на 24 %, вследствие развития усталостных микротрещин от эксплуатационных дефектов и расслоений;
- 3) рост предела текучести (до 33%) приводит к существенному охрупчиванию стали;
- 4) для оценки состояния трубопровода информация о механических свойствах стали важна не менее, чем данные о дефектности трубы, поскольку дефекты, которые не опасны для стали в исходном состоянии, могут инициировать хрупкое разрушение состаренной стали.

#### **Список литературы**

1. Krasowsky A. Y., Dolgiy A. A., and Torop V. M. Charpy testing to estimate pipeline steel degradation after 30 years of operation // From Charpy to Present Impact Testing (Proc. of the Charpy Centenary Conference). -Poitiers (France). – 2001. – P. 89-95.
2. Махутов Н.А., Пермяков В.Н., Кравцова Ю.А. (Демина Ю.А.), Ботвина Л.Р. Оценка состояния продуктопровода после его длительной эксплуатации // Заводская лаборатория, 2007. №2, Т. 73. С. 54-60.

## **ПОДЗЕМНОЕ ЗАХОРОНЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

***Попова Е.О.***

Национальный исследовательский Томский государственный университет,  
Россия, г. Томск

В статье описываются способы подземного захоронения радиоактивных отходов, а также их влияние на экологическую обстановку мира.

*Ключевые слова:* радиоактивные отходы, промышленность, захоронение, контроль, экологическая обстановка.

В настоящее время и на протяжении последних десятилетий в связи широким развитием атомной промышленности и использованием атомных технологий становится обсуждаемой проблема захоронения радиоактивных отходов. Проблема состоит в том, чтобы, не навредив экологической обстановке мира, устранить отходы.

Проблеме захоронения промышленных отходов посвящено множество исследований, и во многих из них предложены решения для неё [2, с. 7]. Например, для повышения безопасности захоронения разработан новый способ консервации жидких радиоактивных отходов путем захоронения в песчано-галечные отложения древних палеорусел, погребенных под глинистой толщей не менее 400 м. Палеоруслы – это долины, врезанные на 50-100 м в коренную породу фундамента палеозойской эры. Этим способом захораниваются низкотоксичные, среднетоксичные и высокотоксичные жидкие радиоактивные отходы. Преимуществами данного способа захоронения являются высокая безопасность и дешевизна мероприятий по захоронению [4, с. 6].

За последние 20 лет из земных недр удаленно большое количество отходов, содержащих радионуклиды. Основные полигоны захоронения находятся в Западной Сибири, поэтому для данного региона тема безопасного захоронения наиболее актуальна. Так, на полигоне Сибирского химического комбината, с 1963 года осуществляются подземные захоронения, где находятся более 46 миллионов кубических метров радиоактивных отходов общей активностью около  $0,8 * 10^9$  Ки.

Основная часть радиоактивных отходов происходит при выделении плутония и урана 235, а также других радионуклидов на атомных станциях и радиохимических предприятиях. Для уменьшения радиационной опасности радиоактивные отходы связываются с другими материалами, например, бетон, цемент, битум, затем помещаются в металлические контейнеры и захораниваются. Для подземного захоронения необходимо учитывать такие факторы как: сейсмоактивность, химический состав и глубина до подземных вод, наличие типов горных пород и строительства постоянных сооружений, близость к населенным пунктам, близость к минеральным ресурсам. При захоронении во избежание вторжения на территорию и строительства на ней осуществляется предусмотренная система маркировки и памятников захоронения предупреждающих об радиационной опасности будущие поколения. Указатели размещаются таким образом, чтобы они были видны с земли и с воздуха. А специальные записи о месте захоронения должны быть распространены по всему миру, чтобы снизить вероятность утери записей.

Начиная с 60-х годов прошлого века и до настоящего времени в России действует 3 полигона захоронения радиоактивных отходов, в городах Северск, Железногорск и Дмитровград. Исследования безопасного захоронения на полигонах, которые проводились международными специалистами показали, что способ подземного захоронения на данный момент является высоко безопасным, и не несет угроз окружающей среде [3, с. 4].

В Томской области работают два предприятия, связанные с этой отраслью, и им необходимо безопасное место захоронения. Так в городе Северск на атомной станции используется технология захоронения жидких радиационных отходов в недры земли путем закачки в геологические недры. В России проводятся захоронения на миллиарды лет вблизи функционирования такого объекта как Сибирский химический комбинат, находящийся в

10-12 км от города Томска, в котором проживает более полумиллиона человек. На СХК проводится один из длительных экспериментов по закачке жидких радиоактивных отходов в геологические недры. Пласты закачки находятся на глубине 280-460 м. От вышележащих водоносных горизонтов, которые являются источниками водоснабжения Томска и Томской области, порода и воды в которые происходит закачка отделены горизонтом «Д», который сложен глиной мощностью в 20-40 м. Данный способ захоронения позволил снять острые экологические проблемы, поскольку была вероятность заражения в миллиарды раз превышающая допустимые. По заключению экспертов на данный момент угрозы безопасности и водозабору города нет, и не предвидится в ближайшие 500-1000 лет. Что говорит о том, что условия захоронения благоприятные и выполнены правильно. Однако опасность загрязнения из-за подземного захоронения существует в 30 км от Сибирского химического комбината [5].

В районе Сибирского химического комбината, возможно загрязнение вод, что представляет собой потенциальную опасность при неправильном режиме эксплуатации водозабора и водоснабжения. Данная проблема распространяется на правый берег реки Томь, в том числе осуществляющей водоснабжение города Северска. Данные проблемы возникли из-за неправильного захоронения отходов проведенного более 10 лет назад.

После захоронения отходов необходимо проводить экологический мониторинг, который предусматривает такие мероприятия как: мониторинг нагнетания отходов, мониторинг состояния недр (гидродинамический контроль, гидрогеохимический контроль, гидрофизический контроль), мониторинг технического состояния скважин. Перед захоронением радиоактивных отходов необходимо проверить факторы: совместимости отходов с породами, предупреждения коагуляции, исключения образования слаборастворимых соединений, минимизации коррозионного разрушения конструктивных элементов форм с отходами [1, с. 5].

В результате проведенных исследований можно сказать что на данный момент времени подземное захоронение радиоактивных отходов является самым безопасным способом их утилизации. Однако подземное захоронение является безопасным только тогда, когда оно выполнено правильно и после него ведется постоянный контроль за экологической обстановкой вблизи захоронения.

#### **Список литературы**

1. Вахромеев А.Г., Кузьмин С.Б., Абалаков А.Д., Карпов Ю.А., Рябцев А.Д., Экологически чистые технологии: подземное захоронение отходов производства на месторождениях промышленных рассолов / Экологические технологии. М., 2015. С. 1-9.
2. Кузьмин А.А., Размещение промышленных отходов в подземных хранилищах / Пермь, ПГТУ, 1995. С. 5-12.
3. Литвинов Б.В., Международные исследования, подтвердившие безопасность глубинных хранилищ / сборник Чернобыль: долг и мужество, том 2. М., 2015. С. 1-5.
4. Медведев О.А., Болтыров В.Б., Технология захоронения жидких промышленных отходов. Екатеринбург, 2014. С. 1-8.

5. [Электронный ресурс] Проблема радиоактивных отходов, URL:- <http://portal.tpu.ru/files/personal/rikhvanov/AutoPlay/Docs/index.files/glav.files/oglav.files/glava7.htm> (дата обращения 22.06.16).

## БЕЗОПАСНЫЙ СПОСОБ ОБМЕНА И ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ, ИСПОЛЬЗУЯ ОБЛАЧНЫЕ ХРАНИЛИЩА

*Похиленко О.В.*

магистрант кафедры ИУ8, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Россия, г. Москва

Предлагается новый способ обмена зашифрованными данными используя бесплатные облачные хранилища. Данный способ помогает избежать обязательных регистраций, участия третьих сторон, а также передачи каких-либо дополнительных данных от получателя, за исключением электронной почты. Такой подход призван упростить и облегчить процесс обмена зашифрованными данными, сводя к минимуму требования для обеих сторон обмена, как получателя, так и отправителя. Он подразумевает под собой не только обмен, а изначальное хранение данных в зашифрованном виде на бесплатных облачных хранилищах.

*Ключевые слова:* обмен защищенными данными, криптографические преобразования, генерация ключей, хэширование, шифрование, облачные хранилища.

Вопрос безопасности на сегодняшний день является наиболее актуальным в сфере информационных технологий. С развитием интернета все больше и больше личных данных хранится на серверах операторов и поставщиках услуг, которые могут находиться в любой точке мира.

Мы используем компьютер практически во всех сферах нашей жизни, его используют люди совершенно разных профессий и увлечений: менеджеры, писатели, музыканты, художники, инженеры, программисты и т.д., этот список можно продолжать очень долго. Но сейчас помимо стационарного компьютера, есть еще и мобильные устройства: планшеты, смартфоны и т.д., доля которых за последние годы выросла, а где-то даже обогнала традиционные ПК. Например, цифры поставки ПК по сегментам за 2013 – 2015 года по данным Gartner (американская компания, специализирующаяся на исследованиях рынка информационных технологий) – см. таблицу.

Таблица

**Цифры поставки ПК по сегментам за 2013 – 2015 года**

Тип устройств	2013	2014	2015
Традиционные ПК	296 131	276 221	261 657
Ультрамобильные, премиум	21 517	32 251	55 032
<b>Всего рынок ПК</b>	<b>317 648</b>	<b>308 472</b>	<b>316 689</b>
Планшеты	206 807	256 308	320 964
Мобильные устройства	1 806 964	1 862 766	1 946 456
Другие типы	2 981	5 381	7 645
<b>Всего</b>	<b>2 334 400</b>	<b>2 432 927</b>	<b>2 591 753</b>

Из таблицы можно увидеть, что количество поставленных мобильных устройств в разы превышает количество ПК. Такое количество мобильных устройств повлекло за собой изменение многих сервисов, ведь у мобильного устройства есть большой плюс, его можно взять с собой, но есть и два больших минуса, это время резервной работы и количество свободно места.

«Облачное» хранилище данных – это название модели, в которой данные хранятся на распределённых в сети серверах, которые предоставляются в основном третьей стороной. В отличие от модели, когда данные находятся на собственных серверах, внутренняя структура организации хранения данных скрыта от пользователя. На сегодняшний день для организации такого вида хранилищ используется современный и защищённый протокол WebDAV (Web Distributed Authoring and Versioning).

WebDAV – открытый протокол высокого уровня, основанный на HTTP (HyperText Transfer Protocol) и XML (eXtensible Markup Language). Реализует основные и расширенные файловые операции на удалённом сервере, работает с любыми типами объектов, позволяет осуществлять одновременную работу над объектами. Поддерживается основными операционными системами (Windows, Mac OS X, Linux, Android, iOS).

Основные задачи, которые решают с помощью облачных хранилищ:

- обеспечение доступа к вашим данным из любой точки мира, где есть интернет;
- «увеличение» свободного места на устройстве;
- возможность синхронизировать данные между устройствами (при наличии нескольких устройств);
- совместная работа с документами.

Существует еще много других полезных применений «облачного» хранилища, к примеру, сейчас производители операционных систем очень активно используют данную технологию для хранения резервных копий, настроек и других данных пользователя.

На сегодняшний день операторы «облачных» хранилищ, бесплатно предлагают гигабайты, а в некоторых случаях и терабайты, свободного места. Но многие люди не хотят доверять обработку и хранение своих данных третьей стороне, беспокоясь за их сохранность. Но помимо сохранности, в такой ситуации возникает острый вопрос конфиденциальности данных пользователя, так как данные, которые хранятся у оператора, находятся в открытом виде. В связи с этим, когда речь идет об использовании бесплатных «облачных» хранилищах, потребность в сохранении конфиденциальности личных данных на сегодняшний день является более, чем актуальной.

При построении любой системы безопасности принято оценивать:

- важность информации,
- риски потери информации,
- риски компрометации,
- стоимость защиты информации.



Так как чаще всего обеспечение безопасности данных ведет к усложнению системы, а, следовательно, и усложнению её использования. И конечно большинство производителей программного обеспечения и операторов услуг предоставляя программные решения по шифрованию данных на «облачных» хранилищах, стремятся предложить «100%» безопасность. Это подразумевает под собой:

- хранение ключей шифрования на серверах оператора,
- наличие регистрации на сервисе, который предоставляет услугу шифрования.

В таком случае получается, что в процессе шифрования личных данных, нам необходимо пользоваться услугами третьей стороны, ключи шифрования хранятся на серверах оператора, а для обмена данными с другой стороной, от нее требуется регистрация на стороне оператора, предоставляющего услугу. И где гарантии, что сотрудники сервиса по шифрованию данных не превысят должностные полномочия и не получат доступ к вашей информации.

Рассмотрим существующие способы обмена и хранения зашифрованных данных в облачных хранилищах.

### Способ основанный на криптографическом алгоритме с открытым ключом

Данный способ обмена основан на криптографическом алгоритме с открытым ключом и предоставляется, как оператором облачного хранилища, так и в виде отдельного сервиса. Отличием между ними является лишь отсутствие выбора «облачного» хранилища, что привязывает к одному оператору.

К плюсам, данной системы можно отнести: безопасность, возможность разграничения прав, компрометация одного файла не влияет на безопасность всех данных.



Рис. 1. Процесс обмена данными использующий открытый и закрытый ключ

К минусам, данной системы можно отнести: удобство использования, обязательная регистрация обоих участников обмена, необходим отдельный сервер ключей, который обычно принадлежит третьей стороне.

### **Способ основанный на обмене файлами в виде архивов с паролем**

Здесь в роли безопасного контейнера выступают архивы с установленным паролем. Используя данный способ можно придумать большое количество реализаций обмена и хранения данных, рассмотрим два из них:

1. Все файлы шифруются с помощью одного случайного ключа;
2. Каждый файл шифруется случайным ключом.

В обоих случаях для отправки файла пользователю, будет необходимо вместе с файлом отправлять ключ в открытом виде посредством другого канала связи, например, почты. Только во втором случае еще придется, где-то хранить файл со списком паролей к каждому архиву.

К плюсам, данной системы можно отнести: отсутствие регистрации, отсутствует необходимость в выделенном сервере ключей.

К минусам, данной системы можно отнести: сложная организация процесса, передача ключа в открытом виде.

Существуют способы хранения, основанные на криптографических файловых системах, например EncFS (свободная криптографическая файловая система) или программы для шифрования на «лету», например TrueCrypt, но они не совершенно не предназначены для обмена, поэтому здесь рассматриваться не будут.

### **Новый способ обмена зашифрованными данными**

Система основанная на симметричном алгоритме блочного шифрования AES, использующая алгоритм криптографического хеширования SHA, а также набор расширений и дополнений к протоколу HTTP WebDAV (Web Distributed Authoring and Versioning). Который призван совместить положительные стороны имеющихся методов, а также упростить сам процесс обмена, сведя к минимуму требования от его участников.

Далее предлагается краткое описание процесса шифрования и обмена данными.

Каждый файл шифруется файловым ключом, сгенерированным случайным образом. После этого файловый ключ зашифровывается с помощью уникального ключа пользователя. Каждый зашифрованный файл, помещается в контейнер вместе с файловым ключом, а затем контейнер загружается в облачное хранилище с целью последующей его передачи адресату. Затем специализированное программное обеспечение генерирует сообщение с необходимыми данными для получения зашифрованного контейнера. Далее полученное сообщение отправляется адресату посредством безопасного почтового протокола. С помощью данных полученных из почтового сообщения, программное обеспечение, на стороне адресата, производит скачивание зашифрованного контейнера и его расшифровку.

Для генерации 256-битных ключей используется алгоритм хеширования SHA. А для шифрования данных алгоритм блочного шифрования AES.

Для передачи сообщения с данными необходимыми для получения и расшифровки контейнера используется протокол SMTP поверх SSL/TLS.

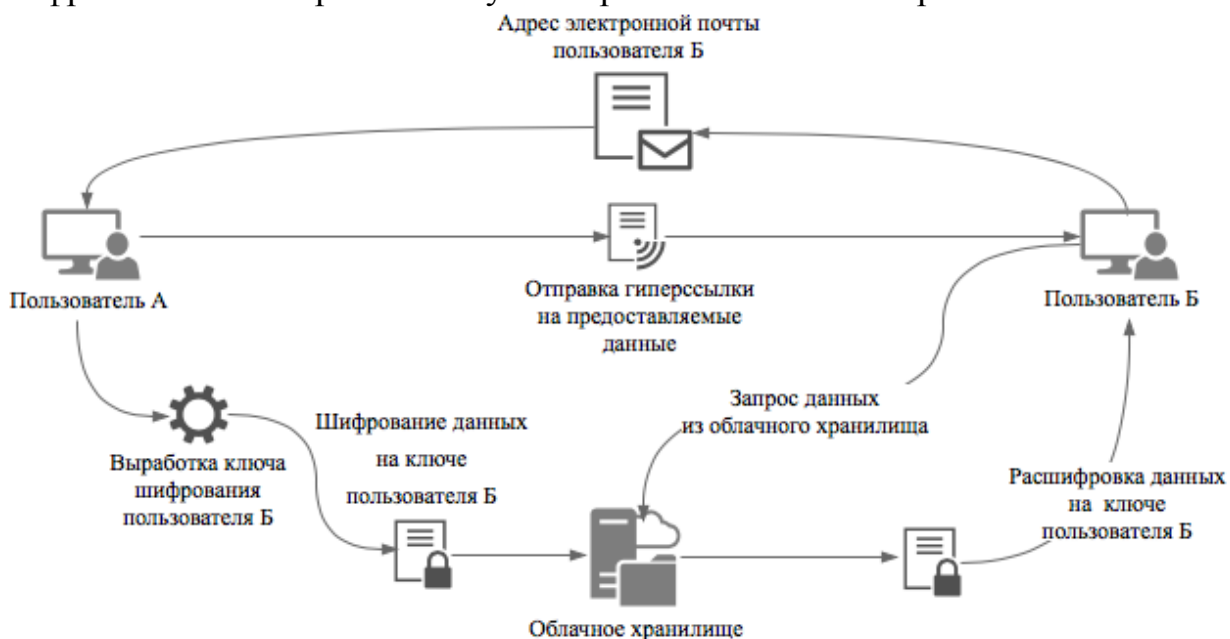


Рис. 2. Процесс обмена данными использующий новый способ

Рассмотрим случай, когда Алиса хочет поделиться зашифрованными данными, которые находятся на бесплатном облачном хранилище, с Бобом.

Отправка:

1) Для начала процесса обмена необходимо получить уникальную ссылку на данные, находящиеся в хранилище, предназначенные для Боба.

2) Из контейнера извлекается файловый ключ зашифрованный ключом Алисы.

3) Затем файловый ключ шифруется уникальным ключом Боба, который представляет из себя хэш конкатенации части полученной ссылки и имени почты Боба. Файловый ключ шифруется еще раз с помощью ключа Алисы.

4) После этого каждый шифр файлового ключа прикрепляется к зашифрованному файлу. Полученный контейнер синхронизируется с облачным хранилищем.

5) Полученная ссылка отправляется Бобу на почту.

Получение:

1) С помощью полученной ссылки скачивается зашифрованный контейнер с данными.

2) Затем с помощью хэш функции на части ссылки и имени почтового ящика получает уникальный ключ.

3) Из контейнера извлекается файловый ключ и дешифруется с помощью уникального ключа боба.

4) Далее из контейнера извлекаются зашифрованные данные и расшифровываются с помощью файлового ключа.

На этом этап дешифрования закончен. Боб и Алиса безопасно произвели обмен данными используя бесплатное облачное хранилище.

Как видно из примера, Бобу не потребовалась регистрация для получения данных, которые ему передала Алиса. Требуется лишь наличие специального программного обеспечения, как и в любом другом способе безопасного обмена описанного выше. Данный способ призван упростить и сделать шифрование данных прозрачным для пользователя. Чтобы у пользователя не возникало необходимости разбираться в ключах и дополнительных действиях при желании поделится личными данными с близкими людьми. Здесь на первый план ставится удобство пользования, а не «100%» безопасность.

#### Список литературы

1. Лебедев А.Н., Электронная подпись: новый этап // Вестник МГАДА, Москва, Зеленоград. Издательство МГАДА. 2013. № 1(20). С. 43-51. ISSN 2077-7353.
2. Лебедев А. Н., Криптографические примитивы. Асимметричные шифры. Математические основы информационной безопасности, под редакцией В. А. Матвеева // Москва Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. С. 214-228. ISBN 978-5-4384-0017-2.
3. Портал выбора технологий и поставщиков [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Компьютеры\\_\(мировой\\_рынок\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Компьютеры_(мировой_рынок))
4. Книга "WebDAV: Next-Generation Collaborative Web Authoring" (автор – Lisa Dusseault, издательство Prentice Hall, 2003, ISBN: 0130652083).

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ МАССОПЕРЕДАЧИ В СПЛОШНЫХ СРЕДАХ ПОСРЕДСТВОМ КОЛЕБАНИЙ ТВЕРДЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

**Семёнов И.А.**

инженер отдела технологического мониторинга, канд. техн. наук, доцент,  
АО «Ангарская нефтехимическая компания», Россия, г. Ангарск

**Ульянов Б.А.**

профессор кафедры химической технологии топлива, д-р техн. наук, профессор,  
Ангарский государственный технический университет, Россия, г. Ангарск

В статье представлены основные результаты исследований по влиянию вибраций твердых поверхностей на интенсивность процесса массоотдачи в жидких средах. На основе теоретических и экспериментальных исследований показано, что интенсификация процессов массообмена прямопропорциональна колебательной скорости вибрирующей поверхности.

*Ключевые слова:* колебания, вибрации, массообменные процессы.

Исследования в области тепло- и массообмена занимают одно из ключевых значений в разных отраслях технических наук и, в частности, в химической технологии. При постановке синтеза продуктов в рамках лаборатории данные процессы носят вспомогательный характер и остаются на заднем плане при исследовании самого химического превращения. Однако при переходе к промышленным масштабам вопросы эффективности тепло- и массообменных процессов выходят на передний план, определяя принципиальную возможность реализации химической технологии на практике, конструктивные особенности и стоимость технологического оборудования, а также

энергопотребление промышленной установки в целом. В этой связи исследования и разработки, направленные на совершенствование технологического оборудования за счет увеличения скорости протекающих процессов переноса тепла и массы, остаются важными и актуальными.

Одним из способов интенсификации процессов тепло- и массообмена в жидкостях и газах является воздействие на среду колебаний различной частоты [1]. Этому направлению в исследованиях посвящено огромное количество научных трудов, причем интерес к рассматриваемой теме остается и по настоящий момент времени.

До сих пор поиску возможностей применения вибрационных и ультразвуковых технологий на промышленном технологическом оборудовании уделяется пристальное внимание. Однако внедрение подобных технических приемов имеет свои проблемы и нюансы, которые решаются путем проведения фундаментальных исследований элементарных актов переноса тепла и массы под воздействием колебаний на передающую среду [2].

Во многих исследованиях экспериментально доказывается существенное увеличение эффективности тепло- и массоотдачи от колеблющейся твердой поверхности [1]. Кроме того отмечается, что скорость процессов зависит от параметров вибраций, свойств передающей среды, способов их наложения и многих других факторов. В этой связи в рамках проделанной нами научно-исследовательской работы изучался элементарный акт переноса вещества от вибрирующей твердой поверхности в объем жидкой среды [3, 4].

На этапе теоретических изысканий при помощи численных методов моделировался процесс затухания гидродинамических волн в сплошной среде, вызванных колебаниями твердой плоской поверхности. Расчеты показали, что изначально синусоидальный профиль колебаний при распространении в толще жидкости в силу нелинейности дифференциальных уравнений гидродинамики принимал «пилообразный» вид. Возникающие при этом вязкостные напряжения гасили колебания среды, приводя к образованию устойчивого потока жидкости, перпендикулярно направленного от колеблющейся поверхности. Скорость образующегося результирующего потока жидкости прямопропорциональна колебательной скорости поверхности. В рамках исследований теоретически было показано, что характер распространяющихся колебаний определяется колебательным числом Рейнольдса ( $Re$ ):

$$Re = fA^2 \rho / \mu, \quad (1)$$

где  $f$  – частота колебаний плоской поверхности, Гц;  $A$  – амплитуда колебаний, м;  $\rho$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости среды, Па·с.

При малых значениях числа  $Re \ll 1$  колебания пластины не образуют результирующего потока среды и, как следствие, не способны интенсифицировать процесс переноса тепла и массы. Устойчивый поток жидкости способен образовываться при умеренных и больших значениях числа  $Re$ . В этой связи можно предположить, что имеется некоторое критическое значение числа  $Re$ , при котором интенсификация процессов тепло- и массообмена становится возможной. Данные критический уровень был определен в ходе эксперимен-

тальных исследований колебаний плоского диска в воде и численно составил  $0,62 \pm 0,04$  [3]. Визуальное наблюдение за процессом показало аналогию гидродинамической картины потока, вызванного колебаниями, с движением среды под воздействием естественной конвекцией от нагретой горизонтально-расположенной плоской поверхности.

На следующем этапе исследований исследовалось влияние колебаний плоской поверхности на процесс массоотдачи в воде [4]. Для этого изготавливалась серия экспериментальных образцов, представлявших собой отшлифованную с одной стороны плоскую поверхность кристалла медного купороса. Именно этой стороной кристалл соприкасался с водой и на него накладывались вибрации с частотой до 100 Гц при помощи электродинамического преобразователя. Принципиальная схема экспериментальной установки представлена на рисунке.

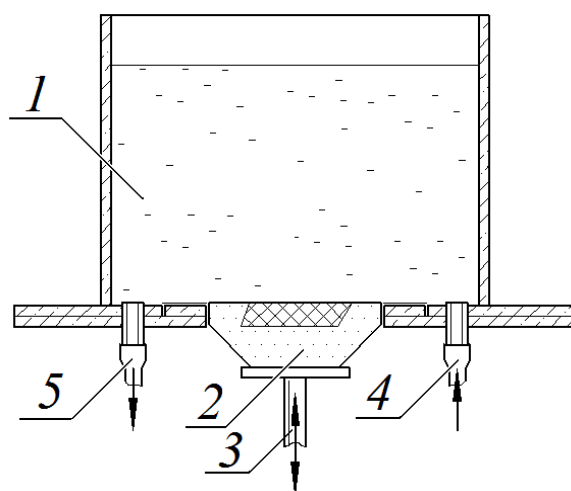


Рис. Экспериментальная установка

В ходе экспериментов в дно кюветы 1 через гибкую резиновую диафрагму устанавливался экспериментальный образец 2 с отшлифованной поверхностью кристалла медного купороса. Нижней частью образец крепился на шток 3, подсоединяемый к источнику вибраций. Кювета через штуцер 4 заполнялась водой, и образец 2 приводился в движение. В ходе экспериментов частот колебаний варьировались от 40 Гц до 100 Гц, а амплитуда – от 0,1 мм до 1,0 мм. Точное измерение параметров колебаний проводилось при помощи акселерометра CQ7-3728. По истечению определенного времени эксперимент прекращался, образованный водный раствор медного купороса сливался через штуцер 5, а его концентрация определялась при помощи фотоколориметра КФО-У4.2. По массе растворенного медного купороса оценивался коэффициент массоотдачи процесса.

Результаты экспериментов позволили определить критериальное уравнение для оценки скорости массообмена. В качественном плане полученные данные подтвердили прямопорциональность коэффициента массоотдачи от колебательной скорости твердой поверхности.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-38-00195).*

### Список литературы

1. Новицкий Б.Г. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах. М.: Химия, 1983.
2. Семёнов И.А., Ульянов Б.А., Кулов Н.Н. Влияние ультразвука на растворение углекислого газа в воде // Теоретические основы химической технологии. 2011. Т. 45. № 1. С. 23-27.
3. Семёнов И.А., Ульянов Б.А., Кулов Н.Н. Исследование течений жидкости, возникающих при вибрациях плоской поверхности // Теоретические основы химической технологии. 2013. Т. 47. № 4. С. 379-385.
4. Семёнов И.А., Ульянов Б.А., Кулов Н.Н. Экспериментальная оценка влияния колебаний на скорость массоотдачи от плоской поверхности // Теоретические основы химической технологии. 2016. Т. 50. № 3. С. 239-244.

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПРЕДПРИЯТИЯ АВТОСЕРВИСА

*Смоляр О.В., Ферганова Д.С.*

бакалавры по направлению прикладная информатика,  
Технологический университет, Россия, г. Королев

Рассмотрены вопросы, связанные с анализом информационной системы современного предприятия автосервиса.

*Ключевые слова:* информационные технологии, информационная система.

За последние годы парк эксплуатируемых в России автомобилей значительно расширился, что в свою очередь привело к значительному увеличению и числа клиентов предприятий автосервиса. Технологическая разница в ремонте автомобилей разных производителей требует расширения штата специалистов по ремонту, накопления различных запасных частей, расходных материалов [1, 2]. На сегодняшний день для всех предприятий автосервиса существует несколько общих проблем, к числу которых относятся: учет клиентов и автомобилей, посещающих автосервис, учет и анализ выполненных работ, движение материальных ценностей, учет кадров и расчет заработной платы, подготовка документов (заказ-нарядов, счетов, накладных, актов выполненных работ и др.) и ведение бухгалтерии. Для решения этих проблем администрация предприятий автосервиса вынуждена содержать значительный штат бухгалтеров, учетчиков, кладовщиков, менеджеров разных уровней и т.д. Но даже при этом ошибки в учете не исключаются.

Эффективное средство для совершенствования работы предприятия – применение информационных технологий. Оперативный учет и контроль на предприятии автосервиса должны соответствовать динамике современного бизнеса. Поэтому, предприятие должно быть оснащено не только современным диагностическим оборудованием, но и современным программным обеспечением, способным реально влиять на результативность его работы [3, 4].

Решать проблемы учета и управления в комплексе способны так называемые «фирменные» программы. Однако, как правило, они специализированы по конкретным маркам автомобилей и из-за своей высокой стоимости недоступны для основной массы автосервисных центров.

Часто предприятия сами пытаются создать свои базы данных клиентов, запасных частей, автоматизировать бухгалтерию, используя для этого Microsoft Access или Excel. Однако, как правило, это является явно недостаточным. Решение проблемы – применение специализированных информационных систем (ИС), целью внедрения которых является совершенствование управления предприятием за счет своевременного получения достоверной и полной информации о фактическом состоянии оперативного и бухгалтерского учетов и принятия обоснованных управленческих решений [5-7].

Как показывает практика, ИС, специализированные для предприятий автосервиса, должны в комплексе автоматизировать такие аспекты их деятельности как: учет выполнения ремонтных работ, трудозатрат по исполнителям, торгово-складскую деятельность, учет взаиморасчетов с клиентами и партнерами, учет кадров, расчет зарплаты. При этом оперативный, бухгалтерский и налоговый учеты должны быть реализованы в одной программе и во взаимосвязи, предполагающей однократное формирование (либо ввод) документов в системе и многократное их использование пользователями в зависимости от их функций и полномочий. Кроме того, ИС должна функционировать как на небольшом предприятии, так и на крупном, имеющем несколько подразделений и разветвленную локальную вычислительную сеть (ЛВС).

ИС должна быть разработана на основе современных информационных технологий, что означает: использование системы управления базами данных, высокую скорость доступа к данным, безопасность их хранения; возможность работы в ЛВС с неограниченным количеством рабочих мест, обеспечивающей формирование базы данных в режиме реального времени; полную интеграцию вводимых в систему данных, позволяющую осуществлять глубокий и всесторонний анализ деятельности предприятия; возможность ведения в системе многофирменного учета и быстрого наращивания функций разработчиком в соответствии с потребностями предприятия.

Современная информационная система может достичь положительных результатов и преимуществ в деятельности предприятия, а также способствует решению важных в условиях конкуренции задач: повышения эффективности выполнения заказов, привлечения постоянных клиентов и рационального использования имеющихся ресурсов. С помощью современной ИС можно:

- отслеживать не только движение и состояние документов (открыт, формируется, закрыт, проведен), но и события (ожидание, получение материалов на складе, отказ клиента и т.п.);
- используя системные справочники работ, нормо-часов, расценок, грамотно и быстро объяснить клиенту, в какую сумму обойдется ремонт;
- за счет контроля наличия необходимых материалов и подготовки документов на компьютерах сократить время и повысить культуру обслуживания клиентов;
- создать базу данных о клиентах и наладить систему их поощрения, учитывать эти поощрения (скидки, подарки и т.п.);



- наладить механизм повторных ремонтов, своевременно уведомить клиента о необходимости такового, создать запас материалов и запчастей;
- контролировать качество ремонта, учитывая повторные обращения клиентов, отследить движение дефектных партий деталей и т.д.;
- проводить анализ колебаний заездов автомобилей по периодам, загрузки исполнителей, а также работы персонала по нормативам – для анализа фактических трудозатрат;
- рационально использовать средства, затрачиваемые на хранение запасных частей, формировать структуру заказа по номенклатуре запасных частей наиболее частого спроса, поддерживать их запасы на оптимальном уровне;
- быстро получать оперативные отчеты о деятельности предприятия в режиме реального времени, исключив случаи противоречия в данных, формируемых различными подразделениями;
- обеспечить многомерную обработку данных с помощью специальных аналитических средств;
- сократить трудоемкость и сроки формирования первичных и отчетных документов, заработной платы сотрудникам и реорганизовать управление предприятием;
- обеспечить надежную систему защиты данных от утечки и сбоев оборудования, упорядочить доступ к ним персонала предприятия;
- снизить совокупные затраты при внедрении и сопровождении системы по сравнению с аналогами.

Практика показывает, что современная информационная система должна быть не требовательна к техническим ресурсам, легко осваиваться пользователями с минимальными навыками работы на компьютере, а для ее поддержки должно быть достаточно уровня пользователя средней квалификации.

#### **Список литературы**

1. Автосервис: станции технического обслуживания автомобилей: Учебник [Текст] / И.Э. Грибут, А.А. Ларионова, В. М. Артюшенко, М.В. Виноградова, Е.В. Поворина и др. / Под ред. В.С. Шуплякова, Ю.П. Свириденко. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, – 2008. – 480 с.
2. Артюшенко, В. М. Информационное обеспечение деятельности предприятий автосервиса [Текст] / В. М. Артюшенко // Промышленный сервис. – 2009. – №4. – С. 3-10.
3. Артюшенко, В. М. Анализ условий работы системы контроля заполнения путей и ее информационного обеспечения [Текст] / В.М. Артюшенко, В.И. Воловач // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. №6. С. 115-119.
4. Артюшенко, В. М. Проектирование сетей подвижной связи с кодовым разделением каналов [Текст] / В.М. Артюшенко: монография – ФГБОУ ВПО ФТА. – М., 2012. – 204 с.
5. Артюшенко, В. М. Алгоритмы адаптации спутниковой связи по скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Естественные и технические науки. – 2014. – № 7 (75). – С. 96-100.
6. Артюшенко, В. М. Моделирование скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Austrian Journal of Technical and Natural sciences. – 2014. – № 7-8. – С. 96-99.
7. Артюшенко, В. М. Оценка экономической эффективности использования автоматизированной системы распределения средств управления космическими аппаратами в

## МЕТОД РАСЧЕТА ТРЕБУЕМОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

*Смоляр О.В., Ферганова Д.С.*

бакалавры по направлению прикладная информатика,  
Технологический университет, Россия, г. Королев

Рассмотрены вопросы, связанные с упрощенными методами расчета производительности локальной вычислительной сети.

*Ключевые слова:* локальная вычислительная сеть, производительность сети.

Часто на практике необходимо рассчитать требуемую производительность локальной вычислительной сети (ЛВС) на основе имеющейся информации о нагрузке или на основе оценки нагрузки в новом окружении [1-4]. Для достижения этой цели могут применяться различные подходы: выполнение простых прогностических расчетов на основе экстраполяции данных, полученных на существующем оборудовании [5, 6]; разработка аналитической модели на основе теории очередей [7, 8]; создание и запуск программной модели [9].

В первом варианте можно сказать, что спрогнозировать будущие требования с какой-либо степенью точности невозможно. Поэтому нет смысла заниматься точным моделированием. Простой прогноз позволит получить приближенную оценку. Недостаток такого подхода состоит в том, что поведение большинства систем при изменении нагрузки оказывается довольно неожиданным. Если имеется окружение, в котором есть коллективно используемый ресурс (например, локальная сеть), тогда производительность такой системы, как правило, отвечает на увеличение нагрузки экспоненциальным увеличением времени отклика. Соответствующие результаты представлены на рис.

Верхняя линия демонстрирует увеличение времени отклика на запрос пользователя к общему ресурсу при увеличении нагрузки на этот ресурс. Нагрузка измеряется в долях от максимальной производительности ресурса.

Таким образом, если мы имеем дело с маршрутизатором, способным обрабатывать и переправлять 1000 пакетов в секунду, то нагрузка 0,5 соответствует средней скорости поступления 500 пакетов в секунду.

Время отклика представляет собой время, требуемое для пересылки любого входящего пакета. Нижняя линия иллюстрирует экстраполяцию многочленом третьего порядка экспериментального участка кривой времени отклика, соответствующего нагрузке от 0 до 0,5 мощности ресурса. Данный способ экстраполяции работает относительно удовлетворительно лишь на участке от 0,5 до 0,7 от мощности ресурса, а когда нагрузка превышает пока-

затель 0,8 или 0,9, наступает крах системы. Таким образом, требуется более точный метод.

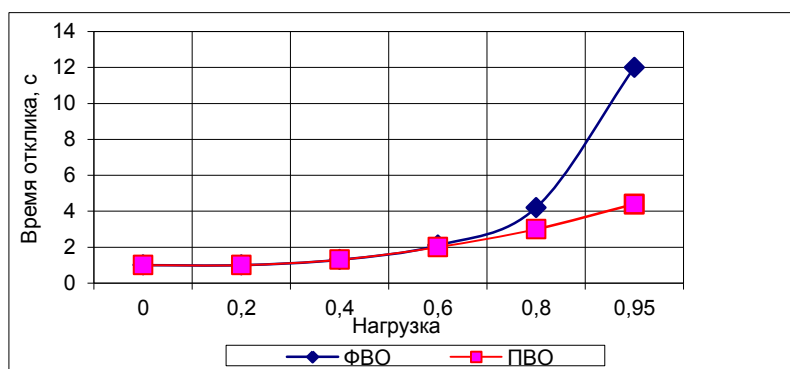


Рис. Нагрузка на систему, где: ФВО – фактическое, а ПВО – проектируемое время отклика

Второй вариант заключается в использовании аналитической модели, представляющей собой набор уравнений, которые могут быть решены для получения требуемых параметров (времени отклика, и т. д.). Аналитические модели, основанные на теории очередей, обеспечивают довольно хорошее соответствие с реальностью в таких областях, как компьютеры, операционные системы и сети. Недостаток – применение ряда упрощающих допущений.

Третий вариант представляет собой численное моделирование. В данном случае при наличии достаточно мощного и гибкого специализированного языка программирования можно очень подробно смоделировать реальную систему, не прибегая к многочисленным допущениям, требуемым в теории очередей. Однако в большинстве случаев численная модель не требуется или, по меньшей мере, не рекомендуется на первом этапе анализа.

Во-первых, и измерения существующей системы, и прогностические оценки будущей нагрузки содержат определенные погрешности. Таким образом, независимо от того, насколько адекватна, выбрана модель, качество результатов ограничено качеством исходных данных.

Во-вторых, несмотря на то, что в теории очередей требуется принять множество допущений, получаемые результаты часто оказываются довольно близкими к тем, которые могут быть получены при более тщательном численном моделировании. Более того, для четко поставленной задачи анализ очередей может быть выполнен буквально за считанные минуты, тогда как создание, отладка и прогон моделирующей программы могут занять и месяцы.

### Список литературы

1. Автосервис: станции технического обслуживания автомобилей: Учебник [Текст] / И.Э. Грибут, А.А. Ларионова, В. М. Артюшенко, М.В. Виноградова, Е.В. Поворина и др. / Под ред. В.С. Шуплякова, Ю.П. Свириденко. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2008. – 480 с.
2. Артюшенко, В. М. Информационное обеспечение деятельности предприятий автосервиса [Текст] / В. М. Артюшенко // Промышленный сервис. – 2009. – №4. – С. 3-10.
3. Артюшенко, В. М. Анализ условий работы системы контроля заполнения путей и ее информационного обеспечения [Текст] / В.М. Артюшенко, В.И. Воловач // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. №6. С. 115-119.

4. Артюшенко, В. М. Проектирование сетей подвижной связи с кодовым разделением каналов [Текст] / В.М. Артюшенко: монография – ФГБОУ ВПО ФТА. – М., 2012. – 204 с.
5. Артюшенко, В. М. Алгоритмы адаптации спутниковой связи по скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Естественные и технические науки. – 2014. – № 7 (75). – С. 96-100.
6. Артюшенко, В. М. Моделирование скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Austrian Journal of Technical and Natural sciences. – 2014. – № 7-8. – С. 96-99.
7. Артюшенко, В. М. Оценка экономической эффективности использования автоматизированной системы распределения средств управления космическими аппаратами в условиях ресурсных ограничений [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Вестник поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. – 2013. – № 5 (31). – С. 131-136.
8. Артюшенко, В. М. Особенности отражения зондирующих сигналов радиотехнических устройств обнаружения от протяженных объектов сложной формы [Текст] / В.М. Артюшенко, В.И. Воловач // Школа университетской науки: парадигма развития. 2012. №2-6. С. 42-46.
9. Артюшенко, В. М. Исследование и разработка радиолокационного измерителя параметров движения протяженных объектов [Текст] / В.М. Артюшенко: монография, ФГБОУ ВПО ФТА. – М., – 2013. – 214 с.

## **АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАТУРАЛЬНОЙ И МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ**

*Стородубцева Т.Н.*

профессор кафедры промышленного транспорта, строительства и геодезии, д-р техн. наук, доцент, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, Россия, г. Воронеж

*Королева К.А.*

студентка 2 курса, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, Россия, г. Воронеж

В статье проведен анализ использования натуральной и модифицированной древесины в России и в странах зарубежья. Привести диаграммы рынка мебели. В процессе работы было выявлено в каких отраслях используется натуральная древесина, как и где применяется, что из нее изготавливают. Так же говорится о модифицированной древесине, о том что это такое, как ее получают и используют, чем она полезна для промышленности. Использование древесины всегда было и будет актуально, так как она является неотъемлемой частью жизни и быта человека.

*Ключевые слова:* древесина, строительство, мебельное производство, топливо, модифицированная древесина, натуральная древесина.

**Использование натуральной древесины в России и за рубежом.** Востребованность ценных пород древесины стабильно и неуклонно возрастает [1, с. 66]. В первую очередь, это связано с модой на экологически чистые и

натуральные материалы, во вторую – с развитием технологий, позволяющих производить функциональные изделия из ценной древесины, способные выдерживать значительные нагрузки и соответствующие самым строгим стандартам современной архитектуры, строительства и, конечно, дизайна.

Самыми распространенными отраслями использования натуральной древесины являются: мебельное производство, строительство, целлюлозно-бумажное производство, сырье, топливо, производство отделочных материалов, судостроение, авиастроение и машиностроение, столярные изделия, производство мелких изделий (тара, игрушки, сувениры и т.д), музыкальные инструменты, спортивный инвентарь.

**Мебельное производство в России.** Российский мебельный рынок – один из самых конкурентных: на нем представлены как крупные фабрики, изготавливающие мебель серийно, так и мелкие предприниматели, работающие по индивидуальным заказам. Потенциал развития отрасли довольно велик, но спрос на мебель у россиян остается на низком уровне (в сравнении с европейскими странами). Объем мирового мебельного рынка превышает 200 млрд. евро в год, а доля РФ в нем меньше 1 %. Несмотря на ежегодное появление десятков новых игроков на мебельном рынке, около 65 % рынка деревянной мебели принадлежит отечественному производителю, в связи с низкой ценой на мебель [2, с. 68].

Деревянная мебель будет всегда пользоваться спросом: она красива, натуральна и предлагает широкий модельный ряд дизайнов под любой интерьерный стиль. Последние три года отмечается не только высокая активность покупателей, а и их готовность к обновлениям мебелировки своих жилищ, даже если гарнитуры сохраняют вполне презентабельный вид. Структура российского рынка мебели для дома представлена на рис. 1.

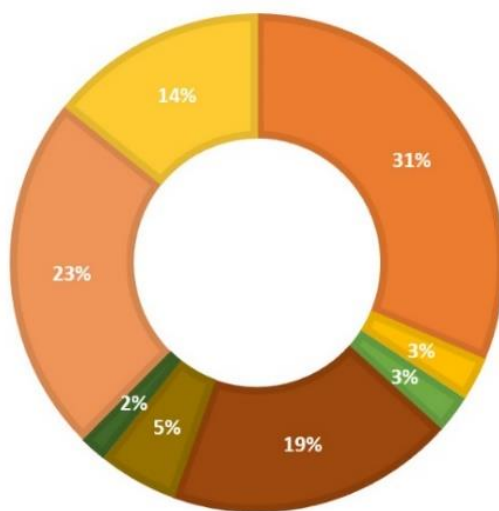


Рис. 1. Структура российского рынка мебели для дома: Корпусная мебель – 31 %; мягкая мебель – 23 %; кухонная мебель – 19 %; мебель для спальни – 14 %; обеденная мебель – 5%; детская мебель – 3 %; встроенная мебель – 3 %; мебель для ванных комнат – 2 %

Первое место по продажам импортной продукции из Европы по итогам 2012 г. принадлежит Италии (впрочем, как и последние несколько лет). Тройку лидеров дополняет Китай и Польша.

Страны, составляющие конкуренцию Российскому рынку мебели представлены на рис. 2.

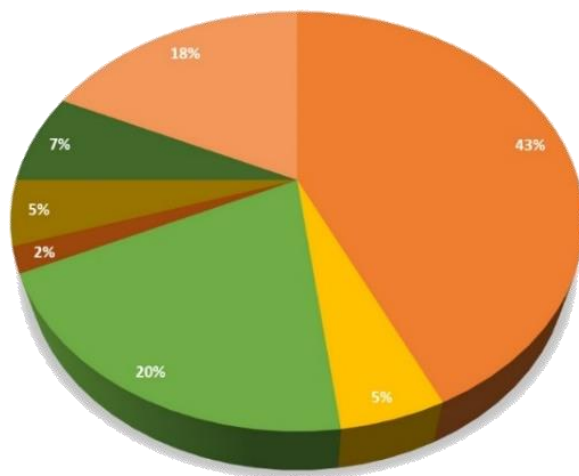


Рис. 2. Мировой рынок мебели: Италия – 43 %; Китай – 18 %; Польша – 7 %; Румыния и Германия – 5 %; Швеция – 2 %

**Использование модифицированной древесины в России и за рубежом.** Модифицированной называют цельную древесину с направленно измененными физическими или химическими методами и свойствами.

Древесину термомеханической модификации называют еще прессованной древесиной (ДП). Модифицированная древесина в некоторых случаях может успешно заменять цветные металлы. Прессованная древесина имеет в несколько раз большую прочность, твердость и ударную вязкость, чем натуральная, обладает достаточно хорошими антифрикционными свойствами и может быть использована для изготовления подшипников вместо бронзы, баббита и других металлов.

Прессованная древесина хорошо гасит вибрации, имеет способность поглощать абразивные частицы, что предохраняет от повреждения валы [3, с. 87]. В воде прессованная древесина разбухает, и задержанные деформации возвращаются. В России и за рубежом прессованная древесина применяется для изготовления втулок опорных катков, шестерен, паркета и других целей. Прессованную древесину можно дополнительно модифицировать, наполняя ее маслами, металлами, полимерами, главным образом с целью улучшения ее свойств как антифрикционного материала [4, с. 32]. Из цельной пластифицированной аммиаком прессованной древесины изготавливают детали мебели, паркет, музыкальные инструменты, отделки домов. Модифицированную мочевиной прессованную древесину используют для покрытия полов.

С 2003 года коммерческое потребление модифицированной древесины возросло настолько, что стимулировало ученых к проведению исследований в этом направлении и способствовало ещё большему расширению области применения древесины. На сегодняшний день компании Kebony, Titan Wood,

Plato Wood и многие другие всерьез занимаются развитием технологий, ассортимента и сбыта модифицированной древесины.

#### Список литературы

1. Стородубцева, Т. Н. Влияние агрессивной среды на прочность и упругость древесины при изгибе [Текст] / Т. Н. Стородубцева, А. И. Томилин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – № 3 (22), ч. 2. – С. 66-68.
2. Стородубцева, Т. Н. Защита древесины от влаги и гниения [Текст] / Т. Н. Стородубцева, А. А. Аксомитный, Т. Н. Донских // Воронежский научно-технический вестник. – 2014. – № 4 (10). – С. 68-72. – Режим доступа: [http://vestnikvglta.ucoz.ru/arhiv\\_nomerov/4\\_10\\_2014/11.pdf](http://vestnikvglta.ucoz.ru/arhiv_nomerov/4_10_2014/11.pdf).
3. Стородубцева, Т. Н. Защита древесины от воды с помощью резиновой крошки и эпоксидной смолы [Текст] / Т. Н. Стородубцева, А. А. Аксомитный // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. – Воронеж, 2015. – № 9, ч. 2 (20-2). – С. 86-90.
4. Матюшенкова, Е. К. Модифицированная древесина [Текст] / Е. К. Матюшенкова // ЛЕСПРОМ информ. – 2013. – № 3. – С. 32-34.

## ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДОВ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ В НАНОМАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

*Тарасова Н.В.*

доцент кафедры нанотехнологий, канд. тех. наук, доцент,  
Липецкий государственный технический университет, Россия, г. Липецк

*Лория А.Р.*

студент 3-его курса направления подготовки «Наноинженерия»,  
Липецкий государственный технический университет, Россия, г. Липецк

В статье рассмотрена возможность применения метода атомно-силовой микроскопии для исследования наноструктуры цементита углеродистых сталей; определены характеристики профиля поверхности пластины цементита, позволяющие идентифицировать ее толщину и ориентировку.

*Ключевые слова:* атомно-силовая микроскопия, наноструктура цементита.

Несмотря на большое количество работ, посвященных исследованию структуры цементитной фазы, в настоящее время отсутствует единое мнение о ее дислокационной структуре, расположении атомов углерода в кристаллической решетке и изменении указанных параметров в процессах термической обработки и пластической деформации стали. На данный момент атомно-силовая микроскопия (АСМ) является распространенным и успешно применяемым методом исследования свойств поверхности [1]. В отличие от других методов микроскопии высокого разрешения, таких как просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия, АСМ позволяет получить трехмерное изображение элементов структуры поверхности материала, оценить количественные параметры фаз и структурных составляющих и дает возмож-

ность изучения тонкого строения углеродистых сталей, структуры цементита, феррита, субграниц и т.д. [2, 3]. Поэтому цель данной работы – проанализировать возможности использования АСМ-метода для идентификации толщины  $\text{Fe}_3\text{C}$  и ориентировки зерна на примере стали У8.

В качестве объекта исследования использовали АСМ-изображения стали У8 после химического травления поверхности образцов в 3% растворе  $\text{HNO}_3$  и электрохимического травления в растворе  $0,0001\text{M H}_2\text{SO}_4 + 0,0099\text{M Na}_2\text{SO}_4$  при  $E \approx 0,001\text{ В (х.с.э)}$  в течение 30 мин. Такие условия травления позволили выявить структуру стали (3%  $\text{HNO}_3$ ) и субструктуру цементита в результате электрохимического растворения.

Измерение толщины пластины цементита после травления в 3% растворе  $\text{HNO}_3$  показало, что размер пластины углеродсодержащей фазы составляет не менее 1 мкм, что превышает истинное значение примерно в 2 раза. Кроме этого на АСМ-изображениях практически отсутствуют следы фазы феррита. Данная проблема связана с геометрией зонда и является эффектом конволюции – уширением горизонтальных размеров исследуемого объекта и сглаживанием ступенек, образующих угол  $90^\circ$ , при переходе от пластины феррита к пластине цементитной фазы.

В ходе анализа профилей поверхности (рис.) установлено, что в качестве рабочих параметров, которые могут быть использованы для последующей идентификации толщины пластины и ориентировки зерна, следует принять ширину первой и второй половины максимума профиля поверхности и, соответственно, углы наклона его правой и левой сторон ( $\Delta l_1, \Delta l_2, \alpha_1, \alpha_2$ ). Также установлено, что при наклоне цементитной пластины  $\Delta l_1 \neq \Delta l_2, \alpha_1 \neq \alpha_2$ : при этом как в случае наклона пластины влево  $\Delta l_1 < \Delta l_2, \alpha_1 > \alpha_2$ , так и в случае наклона вправо  $\Delta l_1 > \Delta l_2, \alpha_1 < \alpha_2$  преобладает одно из анализируемых значений.

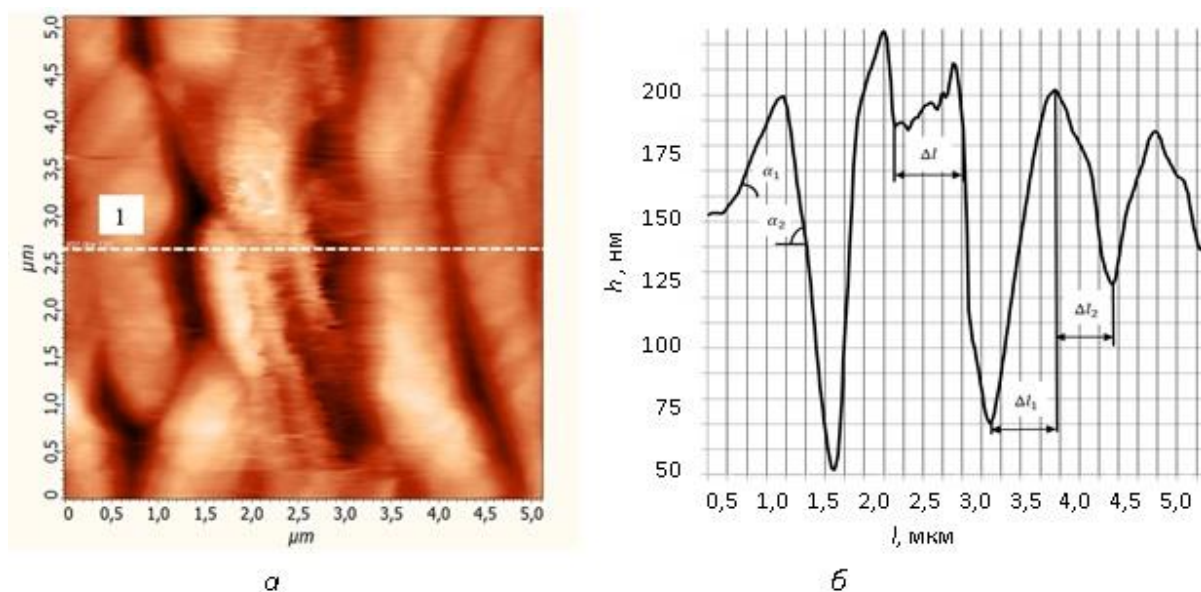


Рис. АСМ-изображение поверхности стали У8 после электрохимического травления в течение 30 мин (а) и профиль вдоль указанной секущей 1 (б)

Дополнительный анализ профиля поверхности цементитных пластин, полученных при разрушении пластины по ее субграницам в условиях элек-



трохимического растворения показал, что расстояние  $\Delta l$  (рис.), соответствующее участку разрушения пластины, составляет 0,6-0,8 нм, что коррелирует с толщиной пластины цементита углеродистой стали.

Таким образом, определение истинной толщины и ориентировки пластины цементита методом АСМ возможно в условиях его растворения по субграницам, располагающихся на расстоянии  $\approx 1-2$  нм. В то время как определение толщины цементитной пластины в условиях травления 3%  $\text{HNO}_3$  осложнено возможным «маскированием» истинной топографии поверхности из-за эффекта конволюции. Устранение данной проблемы возможно путем применения предварительного тестирования зонда на калибровочных решетках. Однако метод математического восстановления истинной геометрии поверхности требует дополнительного исследования геометрии зонда и не всегда точно восстанавливает топографию исследуемой поверхности, поэтому возможным способом устранения эффекта конволюции является дополнительная математическая обработка полученного профиля поверхности совместно с эффективной пробоподготовкой образца.

#### **Список литературы**

1. Зуев Л.Б., Шляхова Г.В. О возможностях атомно-силовой микроскопии в металлографии углеродистых сталей // Материаловедение. 2014. № 7. С. 7-12.
2. Маратканова А.Н., Ломаева С.Ф., Яковлева И.Л. Сравнительный анализ структурного состояния стали методами атомно-силовой и просвечивающей электронной микроскопии // Физика металлов и материаловедение. 2007. Т. 104. № 2. С. 184-188.
3. Нагорнов Ю.С., Ясников И.С., Тюрков М.Н. Способы исследования поверхности методами атомно-силовой и электронной микроскопии // Учебное пособие. Тольятти: ТГУ, 2012. 58 с.

## **АЛГОРИТМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ К АКУСТИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ**

***Теличкань В.С.***

заместитель начальника проектно-конструкторской службы,  
ОАО «МКБ «Компас», Россия, г. Москва

***Увайсов С.У.***

профессор департамента электронной инженерии, д-р технич. наук, профессор,  
МИЭМ НИУ ВШЭ, Россия, г. Москва

В статье описывается алгоритм разработки конструкции оптической системы посадки при воздействии на нее акустического шума. Принимаются обоснованные решения по конструктивным исполнениям при исследовании воздействия на оптическую систему посадки акустического шума. Определяются типы звукового воздействия. Разрабатывается модель конструкции, которая удовлетворяет предъявляемым требованиям и имеет минимальную массу.

*Ключевые слова:* конструкция, алгоритм, акустический шум, дифракция.

Одной из важных и сложных задач при выполнении посадки самолета на палубу корабля является правильное выведение самолета на глиссаду. На заключительном этапе проведения этого маневра пилот в основном ориентируется на оптическую систему посадки (ОСП), которая указывает угол глиссады. Также система показывает отклонения самолета от курса.

Алгоритм разработки конструкции при воздействии акустического шума основывается на принятии обоснованных решений при проектировании конструкции ОСП (рис. 1).

На первом этапе создается математическая модель концептуального варианта конструкции на основе технических характеристик изделия. Далее полученная модель исследуется на воздействие акустического шума. При этом наблюдается два типа воздействия звуковых волн на конструкцию: дифракция и прямое воздействие.

В исходных данных заданы следующие параметры воздействия акустического шума:

Предельное значение акустического шума – 150 дБ;

Диапазон частот акустического шума – 50-10000 Гц.



Рис. 1. Алгоритм создания конструкции при акустическом шуме

Явление дифракции, характеризующееся огибанием волнового препятствия и приводящее в данном случае к эффекту «сжатия», будет наблюдаться при условии

$$\lambda \geq h$$

где  $\lambda$  – длина звуковой волны;

$h$  – характеристический размер конструкции. В данном случае он равен 0,45м.

Проведя расчет в соответствии с выражением

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

где  $v$  – скорость звука,  
 $f$  – частота акустической волны.

Получим значение частоты акустической волны равное 755Гц. Таким образом, определяем, что в диапазоне частот от 50Гц до 755Гц акустическая волна воздействует на все стороны конструкции оптической системы посадки.

Значение акустического шума  $L$  определяется в соответствии с выражением

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0}$$

где  $P$  – значение звукового давления в данной точке звукового поля,  
 $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па – звуковое давление, соответствующее порогу слышимости.

Для определения воздействия звукового давления  $P$  на конструкцию используется следующий вид выражения

$$P = P_0 \cdot 10^{\frac{L}{20}}$$

Звуковое давление составляет 631 Н/м<sup>2</sup>.

Проанализировав полученные данные по изгибам конструкции, оцениваем величину отклонения угла наклона луча. Если луч отклонился на большее значение чем задано техническими характеристиками изделия, то проводится коррекция данной модели конструкции. После этого проводится повторное исследование на воздействие акустического шума и анализируются полученные данные.

Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет получен вариант конструкции, который соответствует допустимым отклонениям луча.

$$[\alpha] < \alpha_i$$

где  $[\alpha]$  – допустимый угол отклонений светового луча;  
 $\alpha_i$  – полученный угол отклонений для  $i$ -го фонаря.

Далее подобным образом проводится исследование конструкции на изгиб под влиянием звуковых волн в диапазоне частот 756-10000Гц.

Результатом выполнения алгоритма принятия проектных решений при исследовании воздействия акустического шума на конструкцию ОСП будет получение математической модели прототипа, удовлетворяющего требованиям по отклонению светового луча.

#### Список литературы

1. А.Г. Мунин, В.Ф. Самохин, Р.А. Шипов и др. Шум на местности дозвуковых пассажирских самолетов и вертолетов. М., 1986.
2. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. – 2-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2001.

# МЕТОД СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА КОНСТРУКЦИИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

*Теличкань В.С.*

заместитель начальника проектно-конструкторской службы,  
ОАО «МКБ «Компас», Россия, г. Москва

*Увайсов С.У.*

профессор департамента электронной инженерии, д-р технич. наук, профессор,  
МИЭМ НИУ ВШЭ, Россия, г. Москва

В статье рассматривается метод проектирования системы спутниковой посадки самолета на палубу авианесущего корабля при воздействии на конструкцию термических факторов. На каждом этапе проектирования конструкции оптической системы посадки принимаются обоснованные решения. Анализируются типы возмущающих факторов термического воздействия. Определяется вариант конструкции с наименьшей массой, который удовлетворяет требованиям по допустимым отклонениям.

*Ключевые слова:* конструкция, метод структурно-параметрического синтеза, термическое воздействие, принятие обоснованных решений.

В морской авиации сложным маневром считается посадка летательного аппарата на палубу авианосца, поскольку на самолет, корабль и их системы действуют внешние возмущающие факторы, которые значительно усложняют процесс посадки. Одной из основных систем, на которые ориентируется пилот при совершении этого маневра, является система оптической посадки (ОСП).

Эксплуатации ОСП показала, что ее необходимо усовершенствовать и улучшить технические характеристики.

С этой целью была разработана методика, позволяющая спроектировать конструкцию с минимальной массой. Отклонения разработанного варианта в процессе эксплуатации будут оставаться в пределах нормы.

Разработка конструкции начинается с блоков 2 и 3, в которых определяется концепция и создается математическая модель соответственно. Исходные данные берутся из технического задания (ТЗ) (блок 1).

В блоке 4 определяется вероятность безотказной работы источников света (светодиодов). Для этого используется выражение:

$$P(t) = \exp(-\kappa\lambda t)$$

где  $\kappa = \frac{T_{\Phi}}{T_{\text{ТУ}}}$  – коэффициент;  $T_{\Phi}$  – фактическая температура светодиода;  $T_{\text{ТУ}}$  – предельная температура светодиода по ТУ;  $\lambda$  – интенсивность отказов;  $t$  – время, за которое определяется вероятность безотказной работы.

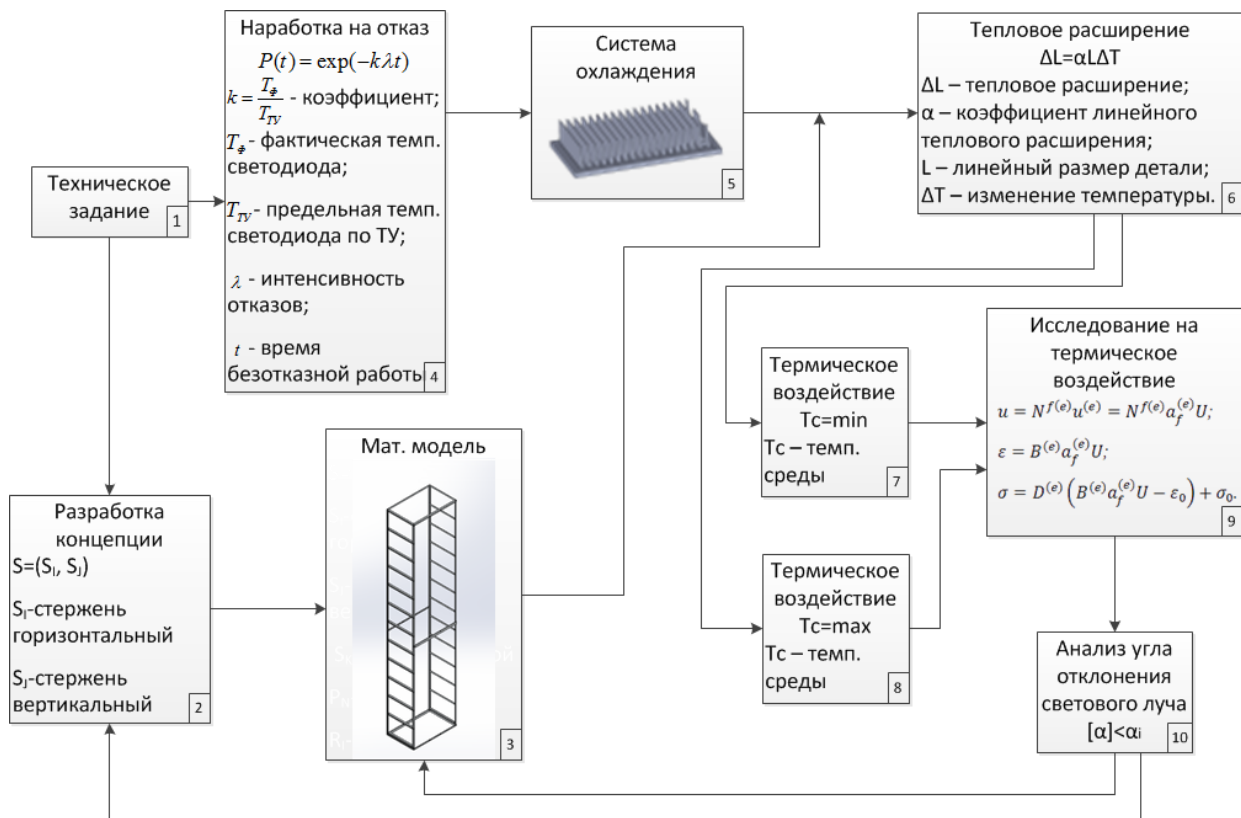


Рис.

Варьируя фактической температурой светодиодов можно подобрать требуемую вероятность безотказной работы.

Получив температуру для безотказной работы, которая должна быть на кристалле светодиода, проводится расчет системы охлаждения (блок 5). В качестве такой системы используются радиаторы. Этот выбор обоснован сложными климатическими условиями эксплуатации, относительно низкой стоимостью изготовления, а также энергоэффективностью.

После расчета радиатора в блоке 6 оценивается термическое воздействие всех факторов, которые влияют на конструкцию ОСП. К ним относится температура окружающей среды и отводимое тепло от радиаторов. Под воздействием этих факторов линейные размеры деталей конструкции будут изменяться из-за свойств температурного расширения используемых материалов.

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

где  $\Delta L$  – величина теплового расширения;  $\alpha$  – коэффициент линейного теплового расширения;  $L$  – линейный размер детали;  $\Delta T$  – изменение температуры.

Линейные размеры деталей, оказавшихся в зоне отводимого от радиатора тепла, будут увеличиваться. При изменении температуры окружающей среды в большую сторону размеры деталей также увеличатся, а при уменьшении температуры окружающей среды – уменьшатся.

Из-за одновременного воздействия различного рода термических воздействий на конструкцию появятся перекосы в ее структуре, которые могут негативно сказаться на отклонениях световых лучей.

В блоке 7 рассматривается воздействие на конструкцию окружающей среды при температуре  $-40^{\circ}\text{C}$  и теплового потока от радиаторов.

После задания граничных условий в блоке 9 проводятся исследования на изменение геометрии конструкции под действием линейного расширения входящих в ее состав деталей.

Полученные данные анализируются в блоке 10. Оценивается величина отклонений световых лучей ОСП. Если отклонения находятся в поле допуска, то модель конструкции исследуется на следующие воздействия. При больших отклонениях конструкция подвергается изменениям в блоке 3 или 2, в зависимости от получаемых результатов.

Аналогичным образом в блоке 8 исследуется влияние теплового потока радиаторов и температуры окружающей среды при значении  $70^{\circ}\text{C}$ . Как в предыдущем случае далее проводятся похожие операции в блоках 9-10.

Результатом проводимых исследований по описанному методу станет вариант конструкции ОСП с минимальной массой, который соответствует ТЗ.

#### **Список литературы**

1. ОСТ5.8794-88. Радиаторы охлаждения полупроводниковых приборов. Конструкция, размеры и тепловые характеристики.
2. ОСТ4.012.001. Радиаторы охлаждения полупроводниковых приборов. Методы расчёта.

## **ИНТЕРФЕЙС АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ МОДЕЛИ УЧЕТА РИСКОВ УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕМ**

*Томашевский С.В.*

аспирант кафедры корпоративных информационных систем,  
Московский государственный технический университет радиотехники,  
электроники и автоматики, Россия, г. Москва

В статье приводится описание созданной ситуационной вероятностной модели для стохастической оценки необходимых учебному подразделению ресурсов. Описывается актуальность и востребованность такой модели для решения управленческих задачи. Разработанная программная модель является абстрактным представлением деятельности учебного подразделения в виде набора блоков, связанных между собой математическими и логическими закономерностями. В работе также приводится описание разработанного пользовательского интерфейса для облегчения взаимодействия с моделью. Введен графический выбор базисных элементов для проведения дальнейшего расчета на основании многоуровневой линейной модели.

*Ключевые слова:* прогноз развития, стохастическое моделирование, программная динамическая модель, риски, ресурсоиспользование, автоматизация управления, учебная кафедра технического университета.

Структурной и функциональной единицей университета является учебная кафедра, ее деятельность, с одной стороны, так же многогранна, как дея-

тельность университета в целом, с другой стороны, по количественным показателям вполне обозрима. На сегодняшний день сложилась практика постановки целей и задач перед учебными кафедрами без учета наличия реальных ресурсов для их реализации. Особенно затруднительно сделать выбор между очередностью выполнения поставленных перед кафедрой задач и их влиянием друг на друга и на конечные цели деятельности кафедры, а именно, на подготовку востребованных квалифицированных специалистов. Рассмотрение деятельности учебной кафедры как производственного процесса, для выполнения которого необходимы различного вида ресурсы и целесообразен предварительный учет возможных рисков, позволяет прийти к выводу, что для эффективного функционирования кафедра нуждается в современной и достаточно сложной автоматизированной системе управления. Задача прогнозирования распределения ресурсов кафедры является сложноситуационной задачей, так как необходимо учитывать дополнительные вероятные факторы. В работе [1] приводится обоснование необходимости введения для учебной кафедры технического университета (УКТУ) автоматизированной системы поддержки управления и приводится описание создания самой расчетной базы.

Описываемая модель является динамической, то есть она делает прогнозы о будущем состоянии кафедры не на основании статического среза финансовых и прочих показателей кафедры (финансовая отчетность), а на основании стохастического моделирования развития ситуации в будущем. Реализованная в работе [1] модель основывалась непосредственно на работе через SQL-запросы и обработку получаемых результатов в расчетном модуле Igloo Extreme.

Но такой моделью может пользоваться лишь ограниченный круг лиц, т.к. сама модель является достаточно громоздкой и тяжелой в управлении неподготовленному человеку. Для упрощения использования модели было разработано программное обеспечение и внешний интерфейс пользователя. В данной работе приводится описание создания интерфейса для данной модели и показана простота его использования по сравнению с изначальным методом написания запросов на отчетный сервер.

Реализованная в работе модель основывалась непосредственно на работе через SQL-запросы и обработку получаемых результатов в расчетном модуле Igloo Extreme (или в несколько итераций через VBA Excel). Но такой моделью может пользоваться лишь ограниченный круг лиц, т.к. сама модель является достаточно громоздкой и тяжелой в управлении неподготовленному человеку [2]. Для упрощения использования модели было разработано программное обеспечение и внешний интерфейс пользователя. Разработанное программное обеспечение условно разделено на четыре этапа:

- получение данных и их актуализация;
- выставление приоритетов в расчете;
- введение экспертной оценки в наиболее значимые модули;
- получение результатов.

При начале работы с данной моделью необходимо загрузить имеющиеся статистические данные, которые уже накоплены в базе данных. Если же нет возможности выбрать статистические данные, будет предложено ввести данные вручную на основании внешних данных и экспертных оценок (но этот вариант крайне нежелателен, так как он очень трудоемкий и кропотливый, а от точности и объема входной информации во многом зависит получаемый на выходе результат).

После подгрузки данных из базы выводится на экран результат финансовой деятельности за последний период. Предоставлена возможность отображения детализации этих показателей и просмотра статистики предыдущих лет.

Если пользователю предоставлены соответствующие права, тогда при появлении окна со статистикой предоставляется возможность вносить корректировки в эту статистику в двух режимах – специально для этого расчета, без изменения результата в базе данных, и возможность внесения изменений непосредственно в саму базу.

Так как создаваемая модель является ситуационной, то она способна производить расчеты для различных выбранных сценариев развития кафедры. В изначальной версии модели сценарии можно было выбирать исключительно при помощи написания дополнительных SQL-запросов на отчетный сервер с указаниями приоритетности тех или иных направлений развития кафедры. Безусловно, это было неудобно и неочевидно. Учитывая, что модель предназначается в первую очередь для использования руководителями УКТУ, то подобная важная и значимая функция рисковала быть неучтенной из-за необходимой значительной траты времени на ее реализацию. В работе [5] было отмечено удобство графической интерпретации принципов работы модели, поэтому на данном этапе при выборе базиса значимых составляющих была реализована лепестковая диаграмма с подвижными маркерами, позволяющими упростить и наглядно представить выбор базиса для расчета (рис.). Выбранный базис влияет как на значимость самого фактора в расчете, как и на общую структуру модели через взаимодействие этого фактора с другими компонентами через встроенные корреляционные матрицы. Модель на итоговом выходе будет показывать, как результат по общей группе факторов, так и результат по каждому направлению в отдельности, очищенный от влияния остальных факторов путем введения в модель расчета путем специализированного обобщенного линейного моделирования с мультипликативной функцией связи (GLM) [6]. Использование этого расчета вместе с многоуровневой линейной моделью (MLF) позволяет оценить совместное влияние многих факторов на исследуемые величины, и, следовательно, также дает возможность очистить расчет от такого влияния.



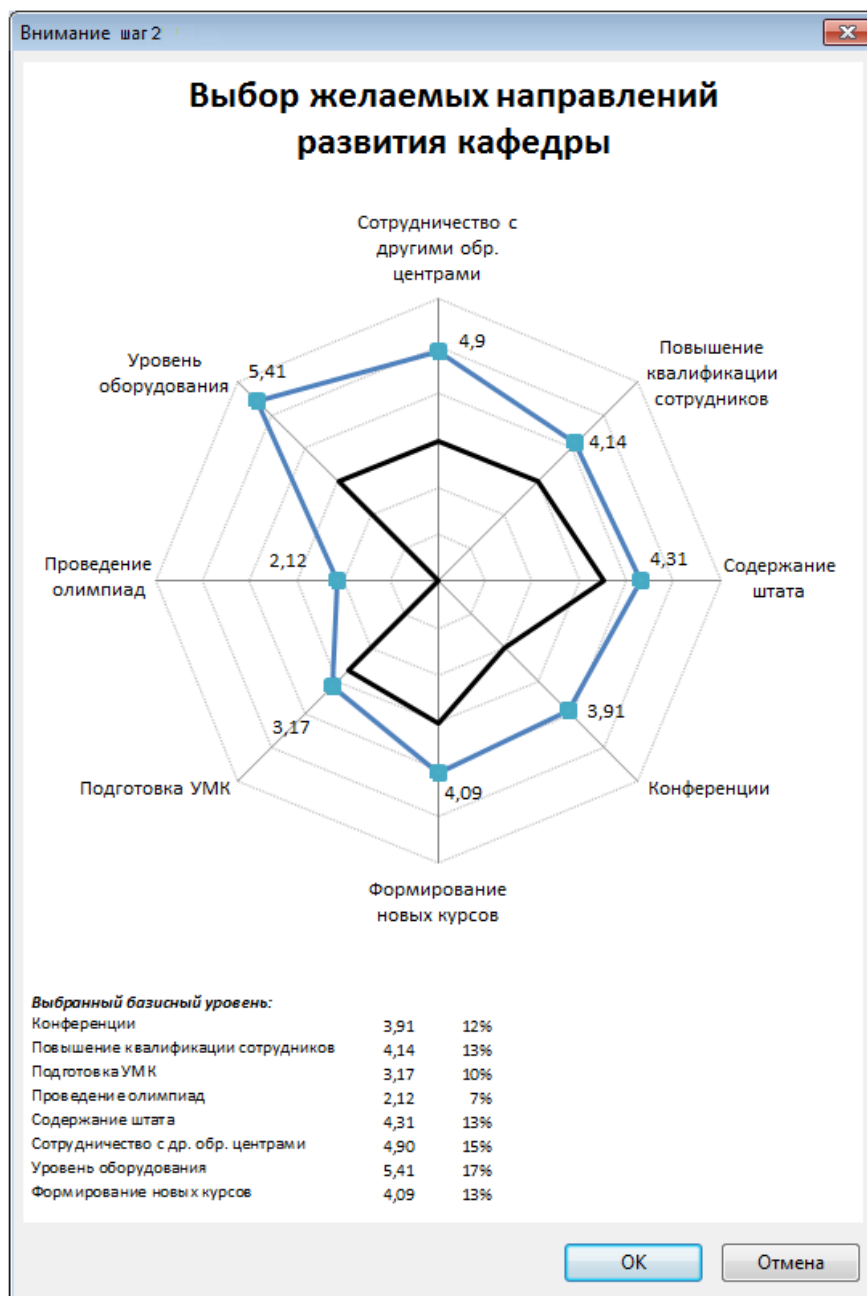


Рис. Выставление приоритетов в расчете

Как указывается в книге [4], повторная проверка входных параметров очень критична для повышения корректности расчета. Поэтому в модель введено напоминание о дополнительной проверке входных параметров, причем с указанием значимости наиболее влиятельных компонентов.

На основании предыдущих двух этапов производится предварительный расчет, который призван выявить наиболее значимые факторы для выбранного расчетного сценария. Список таких наиболее значимых факторов выводится на экран с приведением для напоминания загруженных параметров из базы данных. Как правило, в числе таких факторов встречаются элементы из модуля чрезвычайных рисков. На данном этапе есть возможность изменить вводимые параметры и уменьшить значимость данных факторов. Это вполне согласуется с идеей того, что пользоваться этим интерфейсом будет в основ-

ном руководящий состав, который может дать более жизненные экспертные оценки по входящим в модель параметрам.

На этом же этапе предлагается для ввода новая задача на выполнение. Если такая задача имеется, то в открывающемся окне требуется задать предположительные ее параметры и требуемый уровень подготовки работника, который будет этой задачей заниматься. В случае, если для выполнения понадобится группа лиц, то необходимо указать общее число требуемых сотрудников и набор навыков, которыми они будут совместно владеть.

По завершению проверки входных параметров и вероятного добавления дополнительной задачи запускается процедура расчета результатов. Расчет производится при помощи стохастического моделирования. Для реализации стохастического моделирования использовался метод Монте-Карло [3]. При таком подходе порождается большое количество индивидуальных «сценариев», причем «сценарий» – это воспроизведение показателей кафедры в будущем (до горизонта моделирования) с учетом заложенной в модель «логики» и зависимостей. А затем на основании набора сценариев исследуются вероятностные характеристики результатов учебного подразделения и, соответственно, вычисляется необходимый рискованный капитал с учетом GLM и MLF направлений расчета. Выводится рекомендация по принятию или непринятию на выполнения новой задачи и выводится наиболее подходящая группа лиц для выполнения этой задачи. Так же выводятся дополнительные рекомендации по предоставлению курсов повышения квалификации нуждающимся в этом сотрудникам, если таковые будут выявлены.

Описанный интерфейс призван облегчить работу с основной расчетной моделью. Сам производимый расчет и получаемые результаты не могут давать четких указаний к действиям, но они будут очень полезны для сравнительного анализа выбираемых программ развития. Расчет же по данной модели проводится в достаточно короткие сроки и в значительной степени уже доводится до автоматической реализации. Модель предсказывает развитие ситуации в будущем с учетом рискованных надбавок по изменению ситуации с заранее выбранным доверительным интервалом, что позволяет иметь представление о ситуации в будущем и более четко структурировать дальнейшую деятельность кафедры.

В связи с этим нужно отметить желательность проведения такого анализа в дальнейшем для лучшего представления возможных вариантов развития учебного подразделения. При возникновении любых изменений или появлении нововведений модель достаточно легко под них подстраивается.

В дальнейшем предполагается ввести в модель в качестве второй главной переменной временной показатель, чтобы иметь возможность оценивать вероятное время на достижение целей и оценивать временную эффективность по выбираемым программам развития кафедры. После этого будет возможно расширить горизонты прогнозирования модели для рассмотрения среднесрочных и долгосрочных задач кафедры.

### Список литературы

1. Адрианова Е.Г., Головин С.А. Развитие инновационного потенциала образовательного учреждения путем создания единой стратегии совершенствования профессионального образования и методов проектирования образовательных ресурсов всех уровней обучения на примере подготовки специалистов в области информационных систем и технологий // Информатизация и связь. – 2013. – Ч. 6. – С. 70-76.
2. Андрианова Е.Г., Томашевский С.В. Инновационный подход в планировании управления учебной кафедрой технического университета // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2.
3. Баскаков В., Баскакова А. Оценка резервов произошедших, но незаявленных убытков по многомерным цензурированным данным страховой компании. EURACS. Международная актуарная компания. 2015.
4. Мак Т. Математика рискового страхования. «Олимп-бизнес», Москва, 2005.
5. Томашевский С.В. Оценка постоянных рисков при управлении учебной кафедрой // II Международная научно-практическая телеконференция «Российская наука в современном мире», НИЦ «Актуальность.РФ», Пенза, 2015, С. 84-90.
6. URL: [www.science-education.ru/129-22215](http://www.science-education.ru/129-22215) (дата обращения: 29.10.2015).

## СРАВНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ТОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ ПОКРЫТИЯ МНОЖЕСТВ, ПОЛУЧЕННЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИМ И ТОЧНЫМ АЛГОРИТМАМИ

**Фатхи В.А.**

зав. кафедрой, д-р техн. наук,  
Донской государственный технический университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

**Кобак В.Г.**

профессор кафедры, д-р техн. наук,  
Донской государственный технический университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

**Коновалов И.С.**

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

Рассматривается взвешенная и невзвешенная задачи минимального покрытия множеств. Одной из эвристик для ее решения является генетический алгоритм на основе модели Голдберга. Он был модифицирован для поиска максимально возможного количества точных решений задачи покрытия. В статье анализируется зависимость между числом особей, количеством лучших решений и временем работы алгоритмов. Показатели эффективности генетического алгоритма сравниваются с точным подсчетом числа решений, найденных алгоритмом полного перебора.

*Ключевые слова:* генетический алгоритм, задача покрытия множеств, модель Голдберга, полный перебор, брутфорс.

### 1. Введение

Одной из фундаментальных задач дискретной оптимизации является задача покрытия множеств. Эта задача является NP-полной и ее эффективное

решение является актуальной проблемой, так с задачей покрытия связаны многих практические задачи: построение расписаний, создание интегральных схем, расположение вышек связи. Рассмотрим один из примеров, который показывает суть задачи. Предположим, что организации нужно нанять переводчиков французского, немецкого, греческого, итальянского, испанского, русского и китайского языков на английский и что имеется пять кандидатур А, В, С, D и Е. Каждая кандидатура владеет только некоторый собственным подмножеством из указанного выше множества языков и требует вполне определенную зарплату. Необходимо решить, каких переводчиков с указанных выше языков на английский надо нанять, чтобы затраты на зарплату были наименьшими.

## 2. Постановка задачи.

Приведем формальное описание задачи с помощью теории множеств.

Дано множество  $U$  из  $n$  элементов, и набор подмножеств  $U$ ,  $S = \{S_1, \dots, S_k\}$ . Каждому подмножеству  $S_i$  сопоставлена некоторая неотрицательная стоимость  $c: S \rightarrow Q^+$ .  $S' \subseteq S$  является покрытием, если любой элемент из  $U$  принадлежит хотя бы одному элементу из  $S'$

Задача о покрытии множествами заключается в нахождении набора подмножеств, покрывающего все множество  $U$  и имеющего минимальный возможный вес.

Можно представить задачу в матричном виде [1,2,3]. Пусть  $A = (a_{ij})$  – произвольная матрица размера  $m \times n$  с элементами  $a_{ij} \in \{0,1\}$  без нулевых строк и столбцов. Будем говорить, что в  $A$  строка  $i$  покрывается столбцом  $j$ , если  $a_{ij}=1$ . Подмножество столбцов называется покрытием, если в совокупности они покрывают все строки матрицы  $A$ . Пусть каждому столбцу поставлено в соответствие положительное число  $c_j$ , называемое весом столбца. Требуется найти покрытие минимального суммарного веса. Вводя переменные  $x_j$ , равные 1, если столбец  $j$  входит в искомое покрытие, и равные 0 в противном случае, приходим к следующей формулировке задачи о покрытии: минимизировать сумму

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq 1, i = 1, \dots, m, x_j \in \{0,1\}, j = 1, \dots, n$$

## 3. Обзор алгоритмов решения

Все известные алгоритмы решения задачи покрытия можно разделить на три группы:

Приближенные алгоритмы с априорной оценкой, приближенные алгоритмы с апостериорной оценкой и точные алгоритмы.

### **3.1 Приближенные алгоритмы с априорной оценкой**

Самый известный приближенный алгоритм, сложность которого можно заранее посчитать, является жадный алгоритм. В 1979 году Хватал предложил жадный алгоритм для задачи о покрытии множествами [4].

На каждой итерации выбирается самое эффективное множество, удаляются покрытые элементы. Алгоритм работает до тех пор, пока не будут покрыты все элементы. Пусть  $C$  – это множество элементов, уже покрытых на предыдущих итерациях. Для каждого множества  $S_i$  определим его эффективность как  $\alpha_i = c(S_i) / |S_i - C|$ . Эффективность множества равна средней стоимости, с которой покрываются элементы этого множества, еще не покрытые на предыдущих итерациях.

### **3.2 Приближенные алгоритмы с апостериорной оценкой**

Данные эвристики носят вероятностный характер и поэтому их сложность невозможно оценить априорно. К ним можно отнести методы лагранжевой релаксации, генетические алгоритмы, поиск с запретами, алгоритмы муравьиной колонии, нейронные сети.

В данной работе мы рассмотрим модель Голдберга генетического алгоритма и ее применение для нахождения множества лучших решений задачи покрытия.

### **3.3 Точные алгоритмы**

Самый простой, но медленный алгоритм – полный перебор (брутфорс). Любая задача из класса NP может быть решена полным перебором. При этом, даже если вычисление целевой функции от каждого конкретного возможного решения задачи может быть осуществлено за полиномиальное время, в зависимости от количества всех возможных решений полный перебор может потребовать экспоненциального времени работы. На данном алгоритме основан метод ветвей и границ.

Метод ветвей и границ – общий алгоритмический метод для нахождения оптимальных решений различных задач оптимизации, особенно дискретной и комбинаторной оптимизации. По существу, метод является вариацией полного перебора с отсевом подмножеств допустимых решений, заведомо не содержащих оптимальных решений.

Метод ветвей и границ впервые предложили в 1960 году Ленд и Дойг [3] для решения задач целочисленного программирования.

#### **Модификация генетического алгоритма.**

Генетические алгоритмы (ГА) основаны на принципах естественного отбора и наследования и относятся к стохастическим методам. Генетические алгоритмы успешно применяются в различных областях деятельности, их используют для решения задач теории расписаний. Базовая схема ГА изображена на рисунке.



Рис. Базовая схема ГА

В данном случае, для решения задачи поиска минимального покрытия множеств, оптимизационной функцией будет являться минимизация веса покрытия, а условием останова будет неизменность лучшего решения в течение заданного числа поколений [3].

Рассмотрим механизм кодирования особи. Каждый индивид  $k$  представлен хромосомой, являющейся  $n$ -мерным вектором  $x^k$ , у которого  $j$ -й элемент  $x_j^k$  принимает значение 1, если подмножество  $S_j$  входит в покрытие, и принимает значение 0, если иначе. С таким представлением степень приспособленности  $f_k$  индивида  $x^k$  может быть рассчитана следующим образом:

$$f_k = \sum_{j=1}^n c_j x_j^k,$$

где  $c_j$ -стоимость подмножества  $S_j$ .

Таким образом, оптимизационная функция выглядит как  $f_k \rightarrow \min$ .

В алгоритме используется тип мутации, основанный на изменении случайного гена на противоположное значение. Оператор скрещивания точечный. Выбираются пары хромосом из родительской популяции. Далее для каждой пары отобранных таким образом родителей разыгрывается позиция гена (локус) в хромосоме, формируется 1 потомок из частей хромосом родителей, разделенных локусом.

Начальное поколение формируется из особей, соответствующим найденным случайным образом покрытиям.

Существуют случаи, когда генетический алгоритм находит наборы подмножеств, не являющиеся покрытиями. Предусмотрена возможность избавления от таких “неправильных” решений.

#### 4. Поиск множества лучших решений задачи покрытия.

Цель данной статьи – показать, как зависит количество найденных генетическим алгоритмом решений от заданного количества особей и какую часть от точно найденного максимального количества лучших решений оно составляет. Для нахождения точного количества лучших решений был ис-

пользован полный перебор, что объясняет небольшую размерность задачи – 20x20 и 25x25.

Для этих задач было разработано программное средство на языке C#, среда разработки Microsoft Visual Studio community 2015. Эксперименты проводились на ПК следующей конфигурации: ОС Майкрософт Windows 10 Pro x64, процессор Intel(R) Core(TM) i5-2500K CPU 3.30GHz, оперативная память 6 Гб.

С помощью разработанного ПО было проведено по 100 экспериментов с различными матрицами размером 20 x 20 и 25 x 25. Матрицы заполняются случайным образом "0" и "1".

Использованы следующие параметры:

- Коэффициент заполненности матрицы подмножеств единицами  $p=0.5$ .
- Интервал распределения весов подмножеств 1..200 (целые числа), формируются случайным образом.
- Вероятность скрещивания = 1,
- Вероятность мутации = 1,
- Условие останова =100 поколений,
- Тип оператора скрещивания – одноточечное,
- Тип мутации – одноточечная

Результаты сравнения алгоритмов по количеству точных решений невзвешенной и взвешенной задачи представлены в таблице 1 и 3, по времени работы – в таблице 2 и 3 соответственно.

Таблица 1

**Количество точных решений невзвешенной задачи**

n \ m		20X20	25X25
		Алгоритм	ГА250
	ГА500	39,06	43,77
	ГА750	41,43	47,29
	ГА1000	42,29	49,54
	ГА1250	42,62	50,75
	Брутфорс	43,8	52,97

Таблица 2

**Временные затраты работы алгоритмов решения невзвешенной задачи (в мс)**

n \ m		Алгоритм	20X20	25X25
		Алгоритм	ГА250	482,22
	ГА500	1099,91	1274,26	
	ГА750	1747,34	2074,62	
	ГА1000	2510,68	2908,56	
	ГА1250	2901,08	3877,64	
	Брутфорс	2738,72	135971,10	

Таблица 3

n \ m		20X20	25X25
		Алгоритм	ГА250
	ГА500	1,04	1,01
	ГА750	1,04	1,02
	ГА1000	1,04	1,02
	ГА1250	1,04	1,02
	Брутфорс	1,05	1,03

Таблица 4

n \ m	Алгоритм	20X20	25X25
		Алгоритм	ГА250
	ГА500	1031,226	1468,824
	ГА750	1629,638	2317,281
	ГА1000	2362,233	3243,266
	ГА1250	3164,305	4362,401
	Брутфорс	2964,902	130118,9

## 5. Заключение

Исходя из данных экспериментов, можно сделать следующие выводы:

- Время работы генетического алгоритма прямо пропорционально количеству особей.
- При росте числа особей растет и количество лучших решений, найденных генетическим алгоритмом, от 32,37 при 250 особей до 50,75 при 1250 в невзвешенной задаче.
- Генетический алгоритм с большим числом особей показывает результаты, приближенные к точным, при этом тратя намного меньше времени на работу по сравнению с алгоритмом брутфорса.
- Разницу в большей скачкообразности результатов невзвешенной задачи по сравнению со взвешенной можно объяснить большой дифференцируемостью весов подмножеств (1..200), что способствовало нахождению меньшего числа лучших покрытий.

## Список литературы

1. Еремеев, А.В. Генетический алгоритм для задачи о покрытии, Дискретн. анализ и исслед. опер., 2000, том 7, номер 1, 47-60.
2. Еремеев, А.В. Задача о покрытии множества: сложность, алгоритмы, экспериментальные исследования. Дискретн. анализ и исслед. опер. // А.В. Еремеев, Л. А. Заозерская, А. А. Колоколов, 2000, том 7, номер 2, 22-46.
3. Коновалов, И.С. Сравнительный анализ работы жадного алгоритма Хватала и модифицированной модели Голдберга при решении взвешенной задачи нахождения минимального покрытия множеств / И.С. Коновалов, В.А. Фатхи, В.Г. Кобак // Труды СКФ МТУСИ, часть I. – Ростов-на-Дону: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2015.



4. Кононов, А. В. Приближенные алгоритмы для NP-трудных задач : учеб.-метод. пособие / А. В. Кононов, П. А. Коконова ; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2014. – 117 с.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ АВТОСЕРВИСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Ферганова Д.С., Смоляр О.В.*

бакалавры по направлению прикладная информатика,  
Технологический университет, Россия, г. Королев

Рассмотрены вопросы, связанные с анализом информационных технологий управления предприятий автосервиса.

*Ключевые слова:* информационные технологии, информационная система.

В настоящее время организацию работы предприятий автосервиса уже невозможно себе представить без использования современного программно-информационного обеспечения, применяемого в любом автосервисе (от гаража до крупного дилерского центра) [1, 2]. Рассмотрим и проанализируем основное программно-информационное обеспечение необходимое для успешной работы любого современного автосервиса.

**1. Управленческо-учетное программное обеспечение (ПО)** – к этому классу относятся бухгалтерское ПО, ПО автоматизации бизнес-процессов, ПО ведения складского учета, ПО учета рабочего времени, ПО подготовки и учета заказ-нарядов и пр. Многие из программных продуктов обеспечивают интеграцию с каталогами запасных частей (для автоматической загрузки цен и моделей деталей в бухгалтерско-учетные документы), информационными базами нормо-часов (для автоматизации загрузки номенклатур работ и расчета их стоимости).

**2. ПО специализированного оборудования** – к нему относится программное обеспечение сканеров, мотор-тестеров, ПО для работы с газоанализаторами и дымомерами, ПО для чип-тюнинга, ПО для измерительных систем кузовного ремонта и т.п. Как правило, такое ПО поставляется вместе с самим оборудованием. Зачастую программное обеспечение этого класса выполняет не только свои основные, но и справочные, обучающие функции [3-6].

**3. Основное справочное ПО** – к нему можно отнести информационно-справочные базы данных по диагностике и ремонту, электронные каталоги запчастей, справочники нормо-часов, справочники по геометрическим размерам автомобилей и т.п. Такие базы, как и оборудование, делятся на два больших класса – дилерские (авторизованные, оригинальные, первичные) и неавторизованные (вторичные, неоригинальные, как правило, мультимарочные).

Дилерские базы данных включают в себя информацию по одной или нескольким родственным маркам автомобилей (например, VW-Audi) и подготовлены самим автопроизводителем. Информация в них по отдельной мар-

ке наиболее полная и достоверная. Мультимарочные базы включают информацию сразу по многим маркам автомобилей (разработчики баз стараются охватить «все что ездит»).

Мультимарочные базы могут быть неспециализированными (включают информацию практически обо всем – например, база Autodata содержит и регулировочные параметры, и нормо-часы и информацию по диагностике электронных систем управления, и электросхемы и многое-многое другое) и специализированными (касаются информации по отдельным системам автомобиля – например в базе CAPS рассматриваются электронные системы управления, а в базах ATSG и Mitchell for Transmissions – коробки передач). Естественно, каждая база содержит разное количество информационных разделов – как правило, мультимарочные базы содержат следующую информацию:

**Technical data** – различные регулировочные данные по автомобилям. В базах имеются сотни и тысячи различных параметров, нормативов и прочего. Помнить эти цифры невозможно, но также невозможно и заниматься ремонтом и/или диагностикой не имея их под рукой;

**Repair times** – основные нормы времени на ремонтные и регулировочные операции. Этот раздел может быть «встроен» в базу (Autodata), поставляться как дополнительный модуль, поставляться в виде отдельной базы;

**Maintenance и Service schedules** – сервисные интервалы и описания сервисных операций;

**TSB (Technical Service Bulletins)** – технические сервисные бюллетени – руководства и рекомендации от автопроизводителей по устранению конкретных типичных неисправностей и по другим вопросам. Эти руководства содержатся практически во всех дилерских базах (Ford TIS, Opel TIS, BMW TIS), а также в некоторых мультимарочных базах (например, в Mitchell on Demand и Alldata). Также в мультимарочных базах, например в базе AutoData, встречается аналогичный по назначению раздел Trouble shooter (разрешение конкретных неполадок). Зачастую руководства по устранению неисправностей представляются в виде алгоритмов или блок-схем.

**WorkShop или Repair** – описания устройства, ремонта и диагностики отдельных систем автомобиля – двигателя, КПП, АБС, системы кондиционирования и пр.;

**Component locations** – расположение электронных и механических компонентов в автомобиле;

**Wiring diagrams или Current flow diagrams** – электросхемы.

Также встречаются и другие «форматы» документации – OFM (Official Factory Manuals), SSP (Service Self Study Programm) и пр.

Отдельно следует выделить каталоги запасных частей (EPC – Electronic Parts Catalog). В них содержится информация о запасных частях, их применимости, взаимозаменяемости, цене, зачастую встречаются и изображения. Каталоги запчастей делятся на каталоги оригинальных (произведенных или рекомендованных автопроизводителем) и неоригинальных (произведенных сторонними производителями) запчастей.

**4. Дополнительное (вспомогательное) справочное ПО** – к нему можно отнести уже упоминавшиеся словари, программы для расшифровки VIN-кодов и пр. Заметим, что некоторые из этих программ можно найти в Интернет в бесплатном доступе.

**5. Обучающее ПО.** Некоторые производители включают обучающие подсистемы в поставляемое со специальными стендами ПО.

Необходимо отметить, что информация предлагается на отечественном рынке не только в электронном виде на CD и DVD, но и в виде профессиональной литературы. Преимуществами книг по сравнению с электронными базами являются доступность персоналу, не владеющему или слабо владеющему персональным компьютером, меньшая цена лицензионных версий, наличие изданий на русском языке. Недостатками являются – неудобность поиска и работы с информацией, необходимость иметь большое количество литературы, чтобы заменить информацию по объему соответствующую 1 компакт-диску, изнашиваемость [7-9].

#### Список литературы

1. Автосервис: станции технического обслуживания автомобилей: Учебник [Текст] / И.Э. Грибут, А.А. Ларионова, В. М. Артюшенко, М.В. Виноградова, Е.В. Поторина и др. / Под ред. В.С. Шуплякова, Ю.П. Свириденко. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, – 2008. – 480 с.

2. Артюшенко, В. М. Информационное обеспечение деятельности предприятий автосервиса [Текст] / В. М. Артюшенко // Промышленный сервис. – 2009. – №4. – С. 3-10.

3. Артюшенко, В. М. Анализ условий работы системы контроля заполнения путей и ее информационного обеспечения [Текст] / В.М. Артюшенко, В.И. Воловач // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. №6. С. 115-119.

4. Артюшенко, В. М. Проектирование сетей подвижной связи с кодовым разделением каналов [Текст] / В.М. Артюшенко: монография – ФГБОУ ВПО ФТА. – М., 2012. – 204 с.

5. Артюшенко, В. М. Алгоритмы адаптации спутниковой связи по скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Естественные и технические науки. – 2014. – № 7 (75). – С. 96-100.

6. Артюшенко, В. М. Моделирование скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Austrian Journal of Technical and Natural sciences. – 2014. – № 7-8. – С. 96-99.

7. Артюшенко, В. М. Оценка экономической эффективности использования автоматизированной системы распределения средств управления космическими аппаратами в условиях ресурсных ограничений [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Вестник поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. – 2013. – № 5 (31). – С. 131-136.

8. Артюшенко, В. М. Особенности отражения зондирующих сигналов радиотехнических устройств обнаружения от протяженных объектов сложной формы [Текст] / В.М. Артюшенко, В.И. Воловач // Школа университетской науки: парадигма развития. 2012. №2-6. С.42-46.

9. Артюшенко, В. М. Исследование и разработка радиолокационного измерителя параметров движения протяженных объектов [Текст] / В.М. Артюшенко: монография, ФГБОУ ВПО ФТА. – М., 2013. – 214 с.

## МОДЕЛИ ОЧЕРЕДЕЙ К ОДНОМУ СЕРВЕРУ

*Ферганова Д.С., Смоляр О.В.*

бакалавр по направлению прикладная информатика,  
Технологический университет, Россия, г. Королев

Рассмотрены вопросы, связанные с анализом модели очереди к одному серверу.

*Ключевые слова:* сервер, очередь, число ожиданий.

Очень часто на практике необходимо рассчитать производительность вычислительной сети на основе имеющейся информации о нагрузке [1-4]. Рассмотрим и проанализируем подход, связанный с аналитической моделью на основе теории очередей [5-8]. Рассмотрим и проанализируем модель очереди к одному серверу (рис.) [9].



Рис. Структура и параметры системы очередей для очереди с одним сервером где:  
 $\lambda$  – скорость поступления;  $w$  – число ожидающих запросов;  $T_w$  – время ожидания;  
 $n$  – число запросов в системе с очередью;  $T_r$  – время пребывания в системе;  
 $m_a$  – время обслуживания;  $\rho$  – коэффициент использования

Центральный элемент системы представляет собой сервер, предоставляющий другим элементам системы некоторые услуги. На сервер поступают запросы на обслуживание. Если сервер ничем не занят, запрос обрабатывается незамедлительно. В противном случае поступивший запрос помещается в очередь. Когда сервер завершает обработку запроса, пакет с обработанным запросом покидает сервер. Если на этот момент в очереди имеются необработанные запросы, один из них немедленно выбирается сервером.

Запросы прибывают на обрабатывающее устройство с некоей средней скоростью  $\lambda$  (заказов в секунду). Среди примеров поступающих заказов можно назвать пакеты, прибывающие на маршрутизатор, или звонки, поступающие на телефонный коммутатор. В любой заданный момент времени определенное количество заказов (ноль или больше) будет ожидать в очереди. Среднее количество ожидающих заказов равно  $w$ , а среднее время ожидания в очереди –  $T_w$ . Время  $T_w$  усредняется по всем поступающим заказам, включая те, которые обрабатываются без ожидания. Сервер обрабатывает поступающие заказы за среднее время обслуживания  $T_s$ . Это интервал времени от начала обработки заказа сервером до того момента, когда обработанный пакет покидает сервер. Коэффициент использования сервера  $\rho$  означает долю времени, которую сервер занят работой. Наконец, два параметра применяются ко всей системе в целом. Это  $r$  – среднее количество заказов в системе, включая обслуживаемый в данный момент заказ, плюс заказы, ждущие своей оче-

реди, а также  $T_r$  – среднее время, которое заказ проводит в системе, включая ожидание в очереди и обработку, называемое средним временем пребывания в системе (mean residence time). Обозначения основных параметров, связанных с моделью очереди, и их среднеквадратичные отклонения (табл.).

Таблица

**Параметры**

$\lambda$	скорость поступления, то есть среднее количество поступающих в секунду запросов
$T_s$	ср. время обслуживания каждого запроса; в это время не входит время ожидания в очереди
$\sigma_{T_s}$	среднеквадратичное отклонение времени обслуживания
$\sigma$	коэффициент использования; доля времени, которую сервер (серверы) занят
$u$	интенсивность трафика
$r$	среднее количество запросов в системе, ожидающих и обслуживаемых
$R$	количество запросов в системе, ожидающих и обслуживаемых
$T_r$	среднее время, которое запрос проводит в системе
$T_R$	время, которое запрос проводит в системе
$\sigma_r$	среднеквадратичное отклонение $r$
$\sigma_{T_r}$	среднеквадратичное отклонение $T_r$
$w$	среднее количество запросов, ожидающих обслуживания
$\sigma_w$	среднеквадратичное отклонение $w$
$T_w$	среднее время ожидания (включая запросы с нулевым временем ожидания)
$T_d$	среднее время ожидания (исключая запросы с нулевым временем ожидания)
$N$	количество серверов
$\rho$	коэффициент использования сервера
$m_x(y)$	$y$ -й перцентиль – это значение, ниже которого величина $x$ встречается с частотой $y$

Если предположить, что емкость очереди бесконечна, тогда система никогда не теряет заказов. Их обслуживание просто откладывается на более позднее время. При увеличении скорости поступления заказов увеличивается коэффициент загрузки, а вместе с ним вероятность перегрузки. Очередь становится длиннее, время ожидания в очереди возрастает.

При  $\rho = 1$  наступает насыщение, то есть сервер работает 100 % времени. Пока коэффициент загрузки меньше 100 %, сервер справляется с обработкой поступающих заказов, таким образом, средняя скорость на выходе сервера равняется средней скорости на входе. Как только сервер насыщается, скорость на выходе сервера остается постоянной независимо от того, насколько большей является скорость на входе. Таким образом, теоретический максимум входной скорости, при которой система будет успевать обрабатывать все запросы, равен:  $\lambda_{\max} = T_s^{-1}$

Однако при приближении к точке насыщения очереди становятся очень длинными и при  $\rho = 1$  неограниченно растут. Из практических соображений, таких как требования, ко времени отклика или ограничения на размеры буферов, входная скорость, как правило, ограничивается уровнем 70...90 % от теоретического максимума. К основным характеристикам рассматриваемой модели относятся: совокупность запросов, размер очереди и дисциплина диспетчеризации.

**Совокупность запросов** (item population). Предполагается, что запросы поступают от источника, совокупность запросов которого настолько большая, что она может считаться бесконечной. Результат этого допущения заключается в том, что скорость поступления запросов в систему не изменяется. Если совокупность конечна, тогда ее размер уменьшается по мере того, как запросы поступают в систему. При этом, как правило, скорость поступления запросов пропорционально уменьшается. Обычно сетевые и серверные проблемы могут решаться при допущении о бесконечной совокупности.

**Размер очереди** (queue size). Предполагается бесконечный размер очереди, то есть очередь может расти неограниченно. Если очередь конечна, некоторые запросы могут теряться системой – когда очередь заполнена и поступает дополнительный запрос, система вынуждена отбросить один из запросов. На практике всякая очередь конечна, но во многих случаях это не оказывает существенного влияния на анализ.

**Дисциплина диспетчеризации** (dispatching discipline). Когда сервер завершает обработку очередного запроса, а в очереди содержится больше одного запроса, должно быть принято решение о механизме выбора из очереди следующего запроса. Простейший метод диспетчеризации представляет собой метод FIFO (First in First Out).

#### Список литературы

1. Артюшенко, В. М. Информационное обеспечение деятельности предприятий автосервиса [Текст] / В. М. Артюшенко // *Промышленный сервис*. – 2009. – №4. – С. 3-10.
2. Автосервис: станции технического обслуживания автомобилей: Учебник [Текст] / И.Э. Грибут, А.А. Ларионова, В. М. Артюшенко, М.В. Виноградова, Е.В. Поворина и др. / Под ред. В.С. Шуплякова, Ю.П. Свириденко. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2008. – 480 с.
3. Артюшенко, В. М. Анализ условий работы системы контроля заполнения путей и ее информационного обеспечения [Текст] / В.М. Артюшенко, В.И. Воловач // *Научно-технический вестник Поволжья*. – 2012. №6. – С. 115-119.
4. Артюшенко, В. М. Исследование и разработка радиолокационного измерителя параметров движения протяженных объектов [Текст] / В.М. Артюшенко: монография, ФГБОУ ВПО ФТА. – М., 2013. – 214 с.
5. Артюшенко, В. М. Алгоритмы адаптации спутниковой связи по скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // *Естественные и технические науки*. – 2014. – № 7 (75). – С. 96-100.
6. Артюшенко, В. М. Моделирование скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // *Austrian Journal of Technical and Natural sciences*. – 2014. – № 7-8. – С. 96-99.
7. Артюшенко, В. М. Оценка экономической эффективности использования автоматизированной системы распределения средств управления космическими аппаратами в условиях ресурсных ограничений [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // *Вестник поволжского государственного университета сервиса*. Серия: Экономика. – 2013. – № 5 (31). – С. 131-136.
8. Артюшенко, В. М. Особенности отражения зондирующих сигналов радиотехнических устройств обнаружения от протяженных объектов сложной формы [Текст] / В.М. Артюшенко, В.И. Воловач // *Школа университетской науки: парадигма развития*. 2012. №2-6. С. 42-46.

9. Артюшенко, В. М. Проектирование сетей подвижной связи с кодовым разделением каналов [Текст] / В.М. Артюшенко: монография – ФГБОУ ВПО ФТА. – М., 2012. – 204 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ**

*Ципилев А.А.*

ассистент кафедры СМ9 «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Россия, г. Москва

В статье изложены вопросы исследования тепловой нагруженности ПГУ с помощью имитационного математического моделирования в среде Simulink / Simscape. Методика оценки тепловой нагруженности основана на использовании метода конечных разностей Шмидта. Приведены результаты исследования динамики работы ПГУ. Приведены результаты имитационного моделирования и сравнение их с результатами стендовых испытаний ПГР БМД-1,2. Приведены рекомендации по расчету системы охлаждения.

*Ключевые слова:* транспортные машины, пневмогидравлические рессоры, система подпрессоривания, эксперимент, плавность хода, теплонагруженность, метод конечных разностей Шмидта, Simulink, Simscape, SimHydraulics.

### **Введение**

При разработке пневмогидравлических устройств (ПГУ), как правило, встает вопрос наиболее точного и наименее трудоемкого способа их расчета. Одним из таких способов, показывающим хорошую сходимость с экспериментальными исследованиями, является математическое моделирование физических процессов.

Математическое моделирование подразумевает создание так называемой математической модели – формульного и численного аналога физической системы, то есть описание поведения физической системы с помощью систем линейных и дифференциальных уравнений. Математическая модель, при условии ее адекватности экспериментальным исследованиям, позволяет спрогнозировать поведение физической системы в реальных условиях, а также позволяет прорабатывать различные варианты конструктивного исполнения, оптимизировать конструкцию, определять преимущества и недостатки той или иной схемы исполнения, находить возможные проблемы, имеющие риск возникновения при реальной эксплуатации.

Наиболее распространенным способом математического моделирования в инженерной сфере является имитационное математическое моделирование в среде MATLAB/Simulink. Расширение Simulink – это графическая среда имитационного моделирования, позволяющая при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов строить динамические модели, включая дискретные, непрерывные и гибридные, нелинейные и разрывные системы [1]. Удобство использования Simulink заключается в отсутствии необходимости выбирать самому алгоритмы решения задачи, вместо этого из име-

ющихся блоков исследователь формирует аналог математической модели в форме направленных графов. Такой подход позволяет снизить требуемую квалификацию пользователя, поскольку отпадает нужда в умении самостоятельно решать дифференциальные и линейные уравнения большой сложности.

Графическая среда Simulink включает в себя, однако, еще и расширение Simscape, позволяющее, в свою очередь, моделировать поведение физических систем «как есть», то есть собирать математическую модель из готовых блоков, имитирующих реальные механические, электрические, гидравлические, пневматические, тепловые и иные узлы и механизмы. Подобный подход не только позволяет визуализировать математическую модель, но и, снижая трудоемкость формирования имитационной модели, дает возможность сравнительно легкого исследования физических систем практически любой сложности.

### **Описание имитационной математической модели.**

#### **Исследование теплонагруженности**

В качестве объекта исследования была выбрана опытная модернизированная пневмогидравлическая рессора (ПГР) БМД-1,2. При моделировании динамики ее работы были приняты следующие допущения:

1. Газовые процессы в ПГР проходят по адиабатическому процессу.
2. В жидкости отсутствует нерастворенная газовая составляющая.
3. Смена режима течения с ламинарного на турбулентный происходит одновременно по достижении критического числа Рейнольдса.
4. Падение давления жидкости в системе ниже абсолютного нуля приводит к остановке моделирования.
5. Нагрев жидкости единовременный и равномерный по объему, тепловая инерция жидкости не учитывается.
6. Процессы сжатия-расширения газа за один цикл имеют нулевое изменение тепловой энергии.
7. Нагрев всех металлических деталей равномерный, корпус и цилиндры условно приведены к деталям одинаковой и равномерной по периметру толщине.
8. Физические свойства металлических деталей неизменны во времени.
9. Температура газа в газовой полости равна усредненной температуре наружной поверхности рессоры.

Вид математической модели ПГР представлен на рисунке 1. Расчет теплонагруженности проводился в соответствии с методом конечных разностей Шмидта. Подробно описание метода в рамках работы математической модели учета теплонагруженности представлено в [4]. Результаты моделирования сравнивались с результатами стендовых испытаний, проводимых в рамках НИОКР «ГПП МГТУ» [3].

На рисунке 2 представлена статическая упругая характеристика ПГР, полученная по результатам моделирования. На рисунке 3 представлены сов-



мещенные демпфирующие характеристики, полученные путем имитационного математического моделирования и путем стендовых испытаний. На рисунке 4 представлена совмещенная с экспериментом динамическая характеристика нагружения ПГР возмущением с амплитудой колебаний 50 мм и частотой 1 Гц.

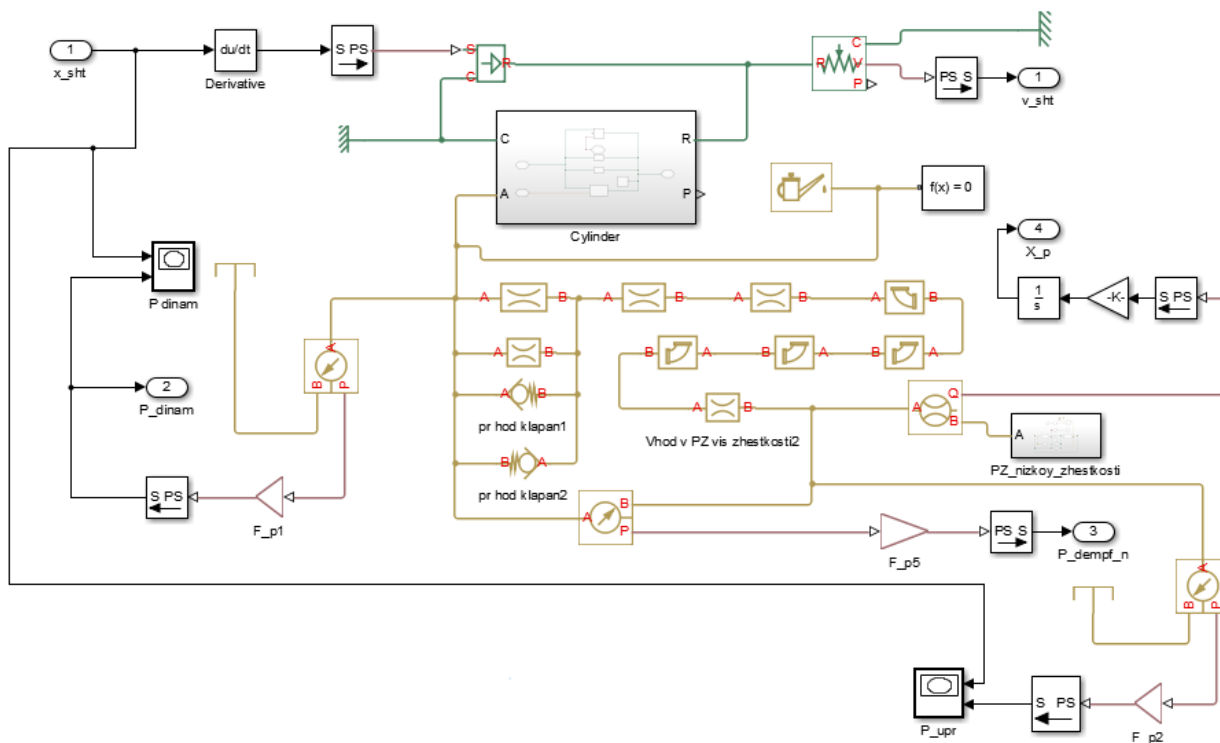


Рис. 1. Модель ПГР БМД-1,2

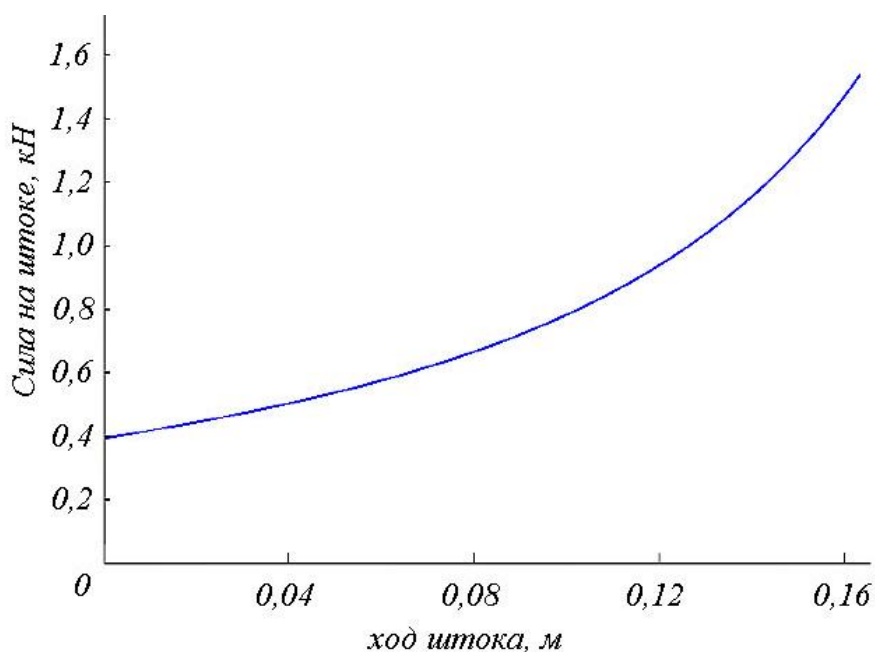


Рис. 2. Статическая упругая характеристика ПГР

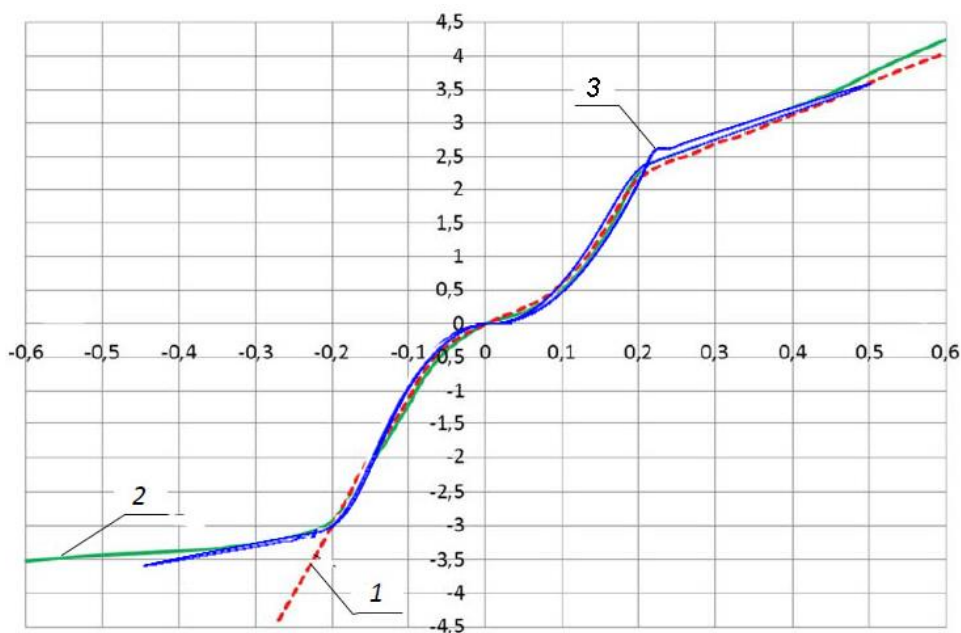


Рис. 3. Демпфирующие характеристики ПГР. 1 – серийная рессора, эксперимент; 2 – опытная рессора, эксперимент; 3 – опытная рессора, результаты моделирования. По оси абсцисс – скорость перемещения штока, м/с; по оси ординат – сила неупругого сопротивления на штоке, кН

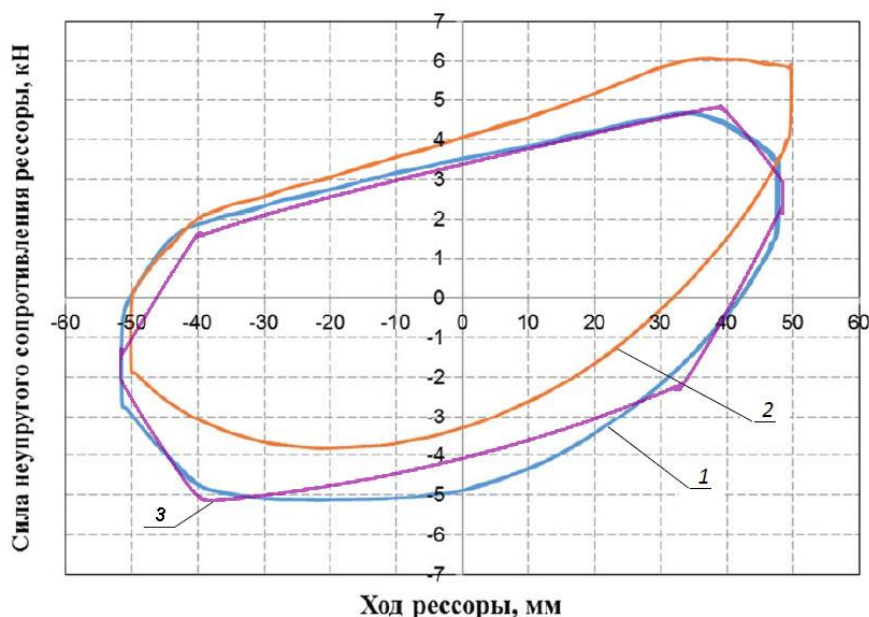


Рис. 4. Динамическая характеристика ПГР. 1 – при температуре 21,3 °С, эксперимент; 2 – при температуре 92,9 °С, эксперимент; 3 – при температуре 21,3 °С, результаты моделирования

При исследовании на теплонагруженность рессора возмущалась указанным выше нагружением, мощность тепловыделения по результатам моделирования составляла 520 Вт, а по результатам эксперимента – 550 Вт. Погрешность определения мощности тепловыделения составляет 5,5%.

Полученные по результатам моделирования и стендовых испытаний кривые теплонагруженности представлены на рисунке 5.

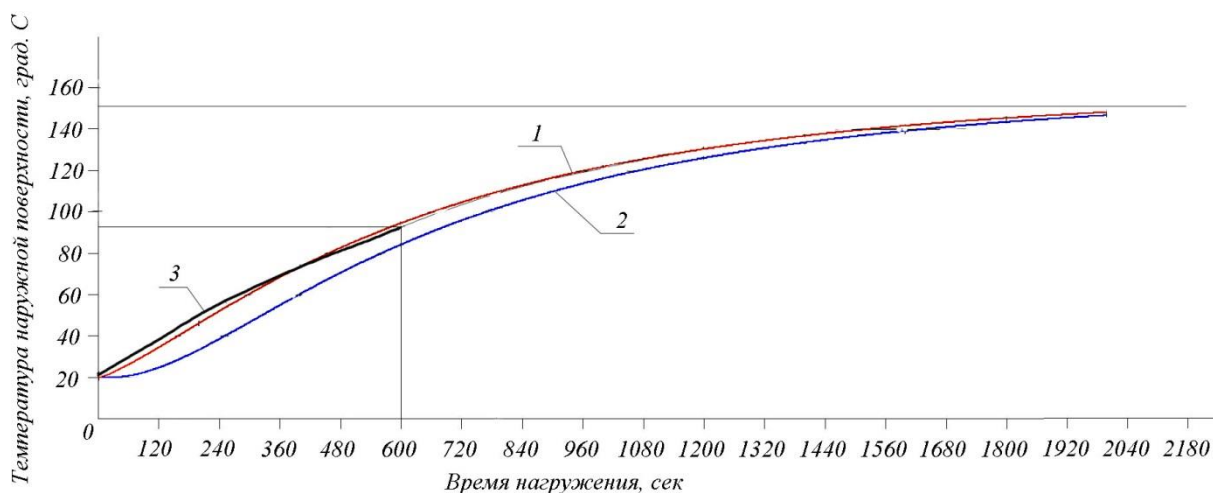


Рис. 5. Кривые нагрева ПГР. 1 – средняя температура жидкости, моделирование; 2 – средняя температура наружной поверхности ПГР, моделирование; 3 – пиковая температура наружной поверхности ПГР, эксперимент

Если проанализировать рисунок 5, можно отметить высокую корреляцию кривых нагрева жидкости при моделировании и изменения температуры корпуса при проведении эксперимента. Можно резюмировать, что с высокой вероятностью температура жидкости, полученная при моделировании, соответствует пиковой температуре корпуса для реального процесса нагружения. Погрешность определения температуры через 10 минут после начала эксперимента составляет для этих параметров 2,3%, а погрешность определения прогнозируемой температуры установившегося теплового режима – не более 7,14% при тренде выхода на 140 °C.

### Оценка снижения теплонагруженности при установке системы принудительного охлаждения

В таблице 1 представлены варианты исполнения системы принудительного охлаждения, для которых проводилось исследование изменения теплонагруженности ПГР БМД-1,2 в сравнении с вариантом без принудительного охлаждения. Режим нагружения соответствует режиму, для которого получена динамическая характеристика (рисунок 4).

При моделировании принималось допущение об отсутствии тепловой инерции жидкости и тепловой инерции радиатора теплообменника системы охлаждения, поэтому темпы нагрева близки к темпу нагрева рессоры без системы принудительного охлаждения.

Результаты имитационного моделирования приведены на рисунках 6 и 7. Числовые значения снижения теплонагруженности приведены в таблице 2.

### Варианты исполнения систем охлаждения

№ п/п	Удельная площадь теплообменника, приходящаяся на одну ПГР, м <sup>2</sup> (в скобках – отношение приведенной к ПГР площади теплообмена к площади поверхности ПГР)	Температура воздуха, °С / скорость потока воздуха, проходящего через теплообменник, м/с
1	0,33 (2)	20 / 0
2	0,33 (2)	40 / 0
3	0,33 (2)	40 / 5,5
4	0,66 (4)	20 / 0
5	0,66 (4)	40 / 0
6	0,66 (4)	40 / 5,5

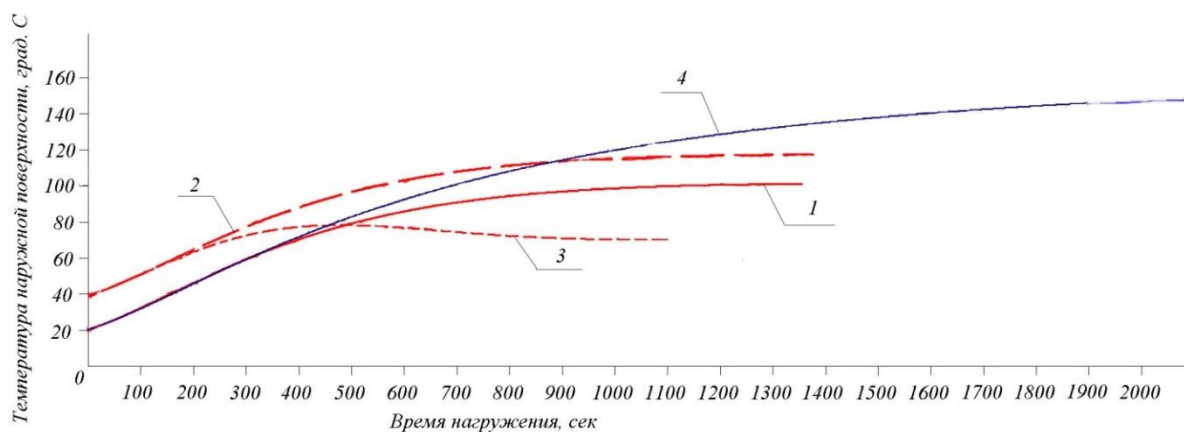


Рис. 6. Тренды выхода на стационарный тепловой режим.

1 – вариант; 2 – вариант 2; 3 – вариант 3; 4 – без принудительного охлаждения

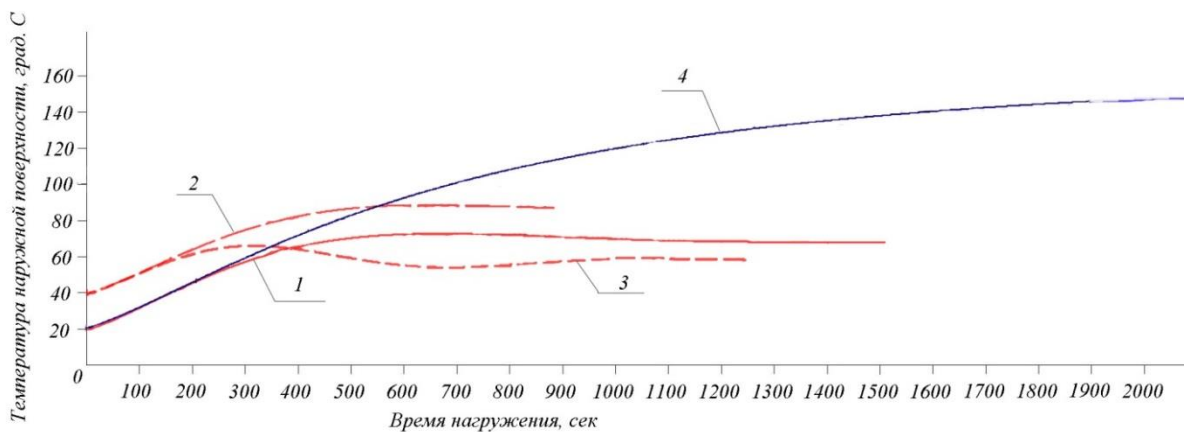


Рис. 7. Тренды выхода на стационарный тепловой режим.

1 – вариант 4; 2 – вариант 5; 3 – вариант 6; 4 – без принудительного охлаждения

### Результаты вычислительного эксперимента

№ п/п	Температура установившегося режима, °С	Снижение температуры в сравнении с вариантом без принудительного охлаждения, %
1	100	33,33
2	117	22,22
3	71	52,67
4	68	54,67
5	98	34,67
6	59	60,67

Результаты моделирования стендовых испытаний, как правило, дают более высокие значения теплонагруженности, чем результаты работы ПГР в составе машины. Это можно объяснить отсутствием набегающего потока воздуха, который возникает при движении машины по трассе, а также более низкими величинами теплоотдачи в корпус машины. Тем не менее, именно стендовые испытания позволяют оценить наиболее опасные и наименее благоприятные режимы нагружения узлов системы подрессоривания, при которых теплонагруженность будет максимальной.

По результатам моделирования видно, что даже незначительное увеличение площади поверхности теплообмена позволяет существенно снизить теплонагруженность рессоры, если дополнительно обдувать теплообменник воздухом. При температуре воздуха 40 °С и площади поверхности радиатора теплообменника, равной удвоенной суммарной площади поверхностей рессор, температура установившегося теплового режима составляет 71 °С. Изменение упругой силы ПГР в этом случае в сравнении с заправочной температурой составляет 17%. Такой рост незначителен и является допустимым.

Интенсификация мощности теплоотдачи при наличии принудительного обдува теплообменника воздухом пропорциональна изменению числа Нуссельта, которое, в свою очередь, пропорционально числу Рейнольдса, взятому в степени 0,65 [2]. Так как мощность теплоотдачи пропорциональна первой степени площади теплообмена [2], можно оценить интенсификацию теплоотдачи путем введения принудительного обдува через эквивалентное увеличение площади теплообмена:

$$\frac{F'}{F} \approx v^{0,65}, \quad (1)$$

где  $F'$  – эквивалентная площадь теплообмена, м<sup>2</sup>;

$F$  – исходная площадь теплообмена, м<sup>2</sup>;

$v$  – скорость набегающего потока воздуха, м/с.

Так, для получения эффекта, эквивалентного четырехкратному увеличению площади, необходимо обеспечить течение воздуха через радиатор системы охлаждения со скоростью порядка 8 м/с.

### Выводы

Результаты проведенного математического моделирования показывают, что применение системы принудительного охлаждения позволяет значительно снизить теплонагруженность ПГР, при этом увеличение площади поверхности теплообмена хотя и является более эффективным, чем увеличение скорости прохождения воздуха через теплообменник, но не представляется обязательным требованием. Возможна установка радиатора теплообменника с площадью поверхности, сопоставимой с суммарной площадью поверхности ПГР, но с принудительным обдувом со скоростью порядка 6–8 м/с для получения температуры установившегося теплового режима рессор 60–80 °С.

Кроме этого, принудительная система охлаждения выравнивает теплонагруженность рессор, частично разгружая наиболее напряженные узлы подвески за счет увеличения температуры менее нагруженных ПГР.

### Список литературы

1. <http://matlab.ru/products/simulink>
2. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1977.
3. Теоретическое и экспериментальное исследование рабочих процессов и научно-техническое сопровождение разработки материалов и компонентов модельного ряда колесной и гусеничной техники с гидропневматической подвеской нового поколения: отчет о выполнении составной части НИОКТР по теме «Создание модельного ряда гидропневматических подвесок колесных и гусеничных транспортных средств с возможностью регулирования положения кузова относительно горизонта и демпфирующих характеристик подвески в ручном и автоматическом режимах, диагностирования состояния системы и ее компонентов». Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 303 с.
4. Ципилев А.А. Исследование теплонагруженности пневмогидравлических устройств систем поддрессоривания быстроходных транспортных машин. М.: Труды НАМИ, выпуск № 261, 2015.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В СЭД ОРГАНИЗАЦИИ

**Чечиков Ю.Б.**

доцент кафедры «Бизнес-информатика», к.ф.-м.н., доцент,  
Финансовый университет при правительстве Российской Федерации,  
Россия, г. Москва

Описывается современное состояние и тенденции развития систем электронного документооборота (СЭД) и результаты внедрения мобильного приложения для СЭД на крупном предприятии.

*Ключевые слова:* система электронного документооборота, мобильное приложение, разработка.

В настоящее время к первоначальным пользователям систем электронного документооборота (СЭД) – делопроизводителям и секретарям – присоединились большое количество других пользователей. Это высшее руководство компании, непосредственные исполнители задач, связанных с документами в рамках бизнес-процессов, аналитики, пользователи из рабочих групп документов. Из всех групп пользователей только секретари и делопроизводители работают стационарно на своих местах, остальные категории сотрудников могут работать удаленно, находясь за пределами офиса.

Рассмотрение, согласование, утверждение или принятие решений по документам может происходить не обязательно на рабочем месте сотрудника, а во время поездки, в командировке, на территории клиента или как сейчас это называют «в полях». Чтобы исключить прерывание процесса работы над документами в случае отсутствия сотрудника на рабочем месте необходимо использовать мобильные приложения.

Развитие мобильных устройств и «облачные» вычисления сильно повлияли на корпоративный мир и расширили область применения мобильных гаджетов в бизнес-процессах: бизнес-процессы, которые ранее были завязаны

только на ПК, все в большем объеме мигрируют на карманные устройства, современные технологии стремятся захватить мобильную нишу. Корпоративный мобильный бум последовал вслед за массовым производством смартфонов и планшетов на мировом рынке потребительской электроники. По мере увеличения преобладания мобильных устройств над стационарными компьютерами доступ к корпоративным ресурсам все больше осуществляется с личных планшетов и смартфонов.

Корпоративная мобильность – совокупность интегрированных процессов и технологий, позволяющих использовать мобильные устройства в корпоративной среде [1].

Концепция BYOD является принципом корпоративной мобильности. BYOD (bring your own device, принеси свое устройство) – это термин, описывающий ситуацию, когда сотрудник организации вместо корпоративного компьютера использует для работы собственное устройство, будь то его личный ноутбук, планшет или, в предельных случаях, даже смартфон [2].

В организации приходят молодые сотрудники, привыкшие решать задачи через свои мобильные устройства, и они хотят использовать их в качестве рабочего места для корпоративных целей, а не заводить новый гаджет. С появлением нового поколения сотрудников и мобильных пользователей в системах электронного документооборота возникает острая потребность в мобильных приложениях.

Объектом автоматизации стала управляющая компания (УК) одного из крупнейших промышленных холдингов России в горнодобывающей и металлургической областях. В 2014 году в холдинге была создана единая система электронного документооборота на базе программного продукта «1С:Документооборот». В результате внедрения СЭД были смоделированы и автоматизированы процессы согласования договорных, общераспорядительных и исходящих документов во всех подразделениях УК, что позволило добиться сокращения времени на согласование документов.

Однако, эксплуатация СЭД выявила дополнительную потребность – организовать для топ-менеджеров, находящихся в частых командировках, удаленную работу через мобильные устройства.

«1С:Документооборот» имеет собственное мобильное приложение. Но при разработке СЭД с учетом специфики деятельности холдинга, было модифицировано и добавлено множество объектов конфигурации, в результате чего типовое мобильное приложение не смогло работать с разработанной СЭД.

Были разработаны основные требования к доработке типового мобильного приложения для СЭД УК:

- мобильное приложение должно работать на смартфонах и планшетах под управлением операционных систем iOS и Android;
- мобильный контент должен уметь работать с задачами типовых и специфических бизнес-процессов, разработанных под нужды УК;

- доработанное мобильное приложение должно уметь открывать на просмотр Лист и Историю согласования, Историю замечаний документов, а также доработанные регистрационные формы документов;
- в рамках доработки придерживаться интерфейса типового мобильного приложения «1С:Документооборот»;
- исправить выявленные ошибки типового функционала.

В результате появилось доработанное мобильное приложение для СЭД УК, работающее на смартфонах и планшетах под управлением iOS и Android. Теперь благодаря мобильному приложению сотрудники УК получили возможность:

- выполнять свои задачи как типовые, так и доработанные;
- ставить задачи сотрудникам;
- работать с электронной почтой;
- просматривать приложенные к письмам и задачам файлы;
- работать с записями рабочего календаря;
- проверять список контроля.

Но главным в новом функционале мобильного приложения является работа с задачами, так как главная категория пользователей, для которых предназначалась разработка – это топ-менеджеры, принимающие решения по документам.

Важным вопросом в рабочем процессе использования мобильного приложения является защита корпоративной информации. Эта проблема решалась следующим образом:

- доработанное мобильное приложение для СЭД УК устанавливается на мобильные устройства сотрудников напрямую силами ИТ-службы. То есть потенциальный злоумышленник, обладая типовым мобильным приложением 1С и зная параметры подключения к корпоративной системе, не сможет к ней подключиться – приложение просто не будет работать;
- доступ пользователя к СЭД с мобильного устройства настраивается администратором системы согласно утвержденному списку разрешенных мобильных пользователей;
- в случае утери сотрудником мобильного устройства возможно удаленно запретить его синхронизацию с данными СЭД;
- в системе ведется протоколирование всех действий пользователей, работающих через мобильные устройства.

В результате разработки сотрудники получили мобильное приложение, удовлетворяющее их потребности в удаленной работе; процессы обработки документов больше не прерываются из-за отсутствия исполнителей задач на рабочем месте и не «зависают» до их возвращения.

Посредством использования мобильных приложений стало просто и удобно обращаться к корпоративному контенту за пару кликов, сотрудники получили больше гибкости в своей работе.

В заключение можно сказать, что внедрение мобильного приложения в СЭД УК подтвердило утверждение, что наличие мобильного приложения в



СЭД становится обязательным требованием и важным дополнением к системе, а мобильные приложения становятся наиболее востребованной стратегией развития СЭД.

#### Список литературы

1. Корпоративная мобильность. Вызовы и подходы на современном этапе Часть 1. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.it.ru/press\\_center/publications/1391/](http://www.it.ru/press_center/publications/1391/) (дата обращения: 10.06.2016).
2. BYOD (bring your own device) [Электронный ресурс]. URL: <http://services.softline.ru/mobility/byod> (дата обращения: 10.06.2016).

## К ВОПРОСУ О КРИВИЗНЕ СТАЛЬНОГО ЛИСТА ПРИ ПРАВКЕ НА ДЕВЯТИРОЛИКОВОЙ МАШИНЕ

*Шинкин В.Н.*

профессор кафедры физики, доктор физико-математических наук,  
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,  
Россия, г. Москва

Предложен математический метод определения технологических параметров холодной правки толстого стального листа на девятироликовой листопрямительной машине.

*Ключевые слова:* стальной лист, листопрямительная машина, знакопеременный изгиб, упругопластическая среда.

**Девятироликовая машина SMS Siemag для холодной правки стальных листов.** Полностью гидравлическая 9-ти роликовая правильная машина SMS Siemag предназначена для холодной правки листа шириной 1500÷4850 мм, толщиной 7÷50 мм, длиной до 40 м, с пределом текучести металла до 1000 МПа при температуре листа до 150°. Максимальное усилие правки 4000 т. позволяет править высокопрочные стальные листы. Система управления и настройки машины обеспечивают возможность правки листа в реверсивном режиме. Правка стального листа осуществляется девятью приводными правильными роликами – 4-мя верхними правильными роликами и 5-тью нижними правильными роликами. Нижние входные и выходные правильные ролики снабжены отдельными системами настройки их вертикального положения с помощью клиновых пар и гидроцилиндров с позиционным управлением [1–6].

**Правка листа на девятироликовой листопрямительной машине SMS Siemag.** Пусть  $t$  – шаг между нижними правильными роликами;  $H_i$  – величина обжатия срединной поверхности стального листа на  $i$ -ом правильном ролике (для нижних роликов положительным направлением обжатия считается направление вверх, для верхних роликов – вниз),  $h$  – толщина стального листа,  $R$  – радиус рабочих роликов,  $R_0 = R + h/2$ ;  $\sigma_t$ ,  $E$ ,  $P_p$  и  $P_c$  – предел текучести, модуль Юнга и модули упрочнения стали при растяжении и сжатии;  $\rho_i$  и  $\varepsilon_i = 1/\rho_i$  – радиусы кривизны и кривизна срединной линии листа в точках касания листа с роликами,  $\varphi_i$  – углы точек касания

листа и роликов ( $i = 1 \dots 9$ ) (рис. 1). Не ограничивая общности, далее будем считать, что  $H_1 = H_3 = H_5 = H_7 = H_9 = 0$  м.

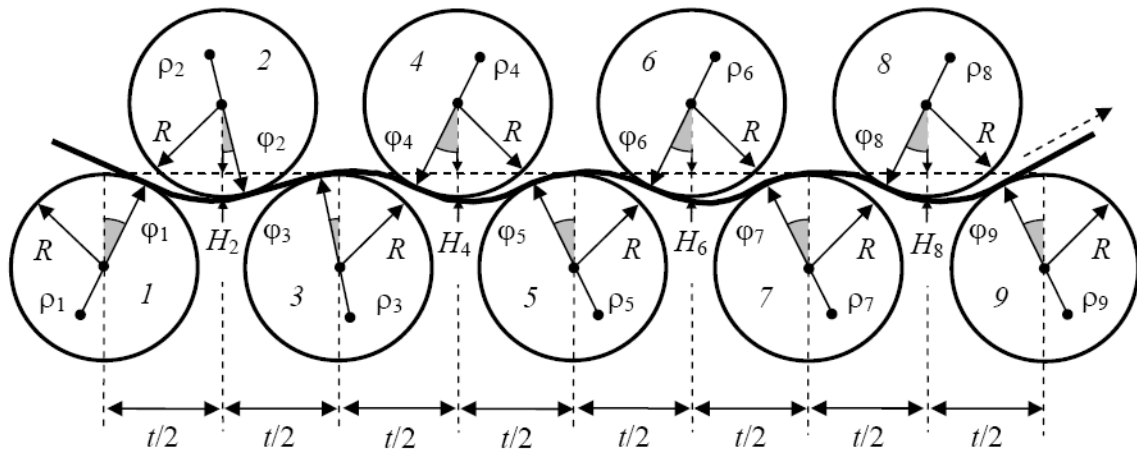


Рис. 1. Правка стального листа между девятью роликами листопрямительной машины

Введем девять локальных прямоугольных декартовых систем координат  $y-z$  в точках касания листа с рабочими роликами листопрямительной машины. Оси  $z$  направим по касательной к поверхности роликов слева направо, а оси  $y$  – перпендикулярно к оси  $z$  в сторону центров соответствующих роликов. Будем аппроксимировать в этих системах координат нейтральную линию листа (между соседними точками касания листа и роликов) с помощью кубических полиномов вида  $y(z) = a z^2 - b z^3$ . Отметим, что первые два коэффициента этих полиномов равны нулю, так как лист касается роликов в начале систем координат. Обозначим  $a_i$  и  $b_i$  – коэффициенты кубических полиномов в  $i$ -ой системе координат. Составим уравнения для коэффициентов кубических полиномов, кривизны и радиусов кривизны нейтральной линии листа в точках касания листа с роликами.

*Первый и второй ролики*

$$z_2 = \left( \frac{t}{2} - R_0 \sin \varphi_1 + R_0 \cos \varphi_2 \right) \cos \varphi_1 + [H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_1) - R_0(1 - \cos \varphi_2)] \sin \varphi_1,$$

$$y_2 = - \left( \frac{t}{2} - R_0 \sin \varphi_1 + R_0 \cos \varphi_2 \right) \sin \varphi_1 + [H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_1) - R_0(1 - \cos \varphi_2)] \cos \varphi_1,$$

$$a_1 = \frac{3y_2 + \operatorname{tg}(\varphi_1 + \varphi_2)z_2}{z_2^2}, \quad b_1 = \frac{2y_2 + \operatorname{tg}(\varphi_1 + \varphi_2)z_2}{z_2^3},$$

$$\varepsilon_{12} = 2a_1, \quad \rho_{12} = \frac{1}{2a_1}, \quad \varepsilon_{21} = \frac{2a_1 - 6b_1z_2}{\left[ 1 + (2a_1z_2 - 3b_1z_2^2)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_{21} = \frac{1}{\varepsilon_{21}}.$$

*Второй и третий ролики*

$$z_3 = \left( \frac{t}{2} - R_0 \sin \varphi_2 - R_0 \cos \varphi_3 \right) \cos \varphi_2 + [H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_2) - R_0(1 - \cos \varphi_3)] \sin \varphi_2,$$

$$y_3 = -\left(\frac{t}{2} - R_0 \sin \varphi_2 - R_0 \cos \varphi_3\right) \sin \varphi_2 + [H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_2) - R_0(1 - \cos \varphi_3)] \cos \varphi_2,$$

$$a_2 = \frac{3y_3 + \operatorname{tg}(\varphi_2 - \varphi_3)z_3}{z_3^2}, \quad b_2 = \frac{2y_3 + \operatorname{tg}(\varphi_2 - \varphi_3)z_3}{z_3^3},$$

$$\varepsilon_{23} = 2a_2, \quad \rho_2 = \rho_{23} = \frac{1}{2a_2}, \quad \varepsilon_{32} = \frac{2a_2 - 6b_2z_3}{\left[1 + (2a_2z_3 - 3b_2z_3^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_3 = \rho_{32} = \frac{1}{\varepsilon_{32}}.$$

*Третий и четвертый ролики*

$$z_4 = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_3 - R_0 \cos \varphi_4\right) \cos \varphi_3 - [H_4 - R_0(1 - \cos \varphi_3) - R_0(1 - \cos \varphi_4)] \sin \varphi_3,$$

$$y_4 = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_3 - R_0 \cos \varphi_4\right) \sin \varphi_3 + [H_4 - R_0(1 - \cos \varphi_3) - R_0(1 - \cos \varphi_4)] \cos \varphi_3,$$

$$a_3 = \frac{3y_4 - \operatorname{tg}(\varphi_3 + \varphi_4)z_4}{z_4^2}, \quad b_3 = \frac{2y_4 - \operatorname{tg}(\varphi_3 + \varphi_4)z_4}{z_4^3},$$

$$\varepsilon_{34} = 2a_3, \quad \rho_{34} = \frac{1}{2a_3}, \quad \varepsilon_{43} = \frac{2a_3 - 6b_3z_4}{\left[1 + (2a_3z_4 - 3b_3z_4^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_{43} = \frac{1}{\varepsilon_{43}}.$$

*Четвертый и пятый ролики*

$$z_5 = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_4 - R_0 \cos \varphi_5\right) \cos \varphi_4 - [H_4 - R_0(1 - \cos \varphi_4) - R_0(1 - \cos \varphi_5)] \sin \varphi_4,$$

$$y_5 = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_4 - R_0 \cos \varphi_5\right) \sin \varphi_4 + [H_4 - R_0(1 - \cos \varphi_4) - R_0(1 - \cos \varphi_5)] \cos \varphi_4,$$

$$a_4 = \frac{3y_5 - \operatorname{tg}(\varphi_4 + \varphi_5)z_5}{z_5^2}, \quad b_4 = \frac{2y_5 - \operatorname{tg}(\varphi_4 + \varphi_5)z_5}{z_5^3},$$

$$\varepsilon_{45} = 2a_4, \quad \rho_4 = \rho_{45} = \frac{1}{2a_4}, \quad \varepsilon_{54} = \frac{2a_4 - 6b_4z_5}{\left[1 + (2a_4z_5 - 3b_4z_5^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_5 = \rho_{54} = \frac{1}{\varepsilon_{54}}.$$

*Пятый и шестой ролики*

$$z_6 = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_5 - R_0 \cos \varphi_6\right) \cos \varphi_5 - [H_6 - R_0(1 - \cos \varphi_5) - R_0(1 - \cos \varphi_6)] \sin \varphi_5,$$

$$y_6 = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_5 - R_0 \cos \varphi_6\right) \sin \varphi_5 + [H_6 - R_0(1 - \cos \varphi_5) - R_0(1 - \cos \varphi_6)] \cos \varphi_5,$$

$$a_5 = \frac{3y_6 - \operatorname{tg}(\varphi_5 + \varphi_6)z_6}{z_6^2}, \quad b_5 = \frac{2y_6 - \operatorname{tg}(\varphi_5 + \varphi_6)z_6}{z_6^3},$$

$$\varepsilon_{56} = 2a_5, \quad \rho_{56} = \frac{1}{2a_5}, \quad \varepsilon_{65} = \frac{2a_5 - 6b_5z_6}{\left[1 + (2a_5z_6 - 3b_5z_6^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_{65} = \frac{1}{\varepsilon_{65}}.$$

*Шестой и седьмой ролики*

$$z_7 = \left( \frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_6 - R_0 \cos \varphi_7 \right) \cos \varphi_6 - [H_6 - R_0(1 - \cos \varphi_6) - R_0(1 - \cos \varphi_7)] \sin \varphi_6,$$

$$y_7 = \left( \frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_6 - R_0 \cos \varphi_7 \right) \sin \varphi_6 + [H_6 - R_0(1 - \cos \varphi_6) - R_0(1 - \cos \varphi_7)] \cos \varphi_6,$$

$$a_6 = \frac{3y_7 - \operatorname{tg}(\varphi_6 + \varphi_7)z_7}{z_7^2}, \quad b_6 = \frac{2y_7 - \operatorname{tg}(\varphi_6 + \varphi_7)z_7}{z_7^3},$$

$$\varepsilon_{67} = 2a_6, \quad \rho_6 = \rho_{67} = \frac{1}{2a_6}, \quad \varepsilon_{76} = \frac{2a_6 - 6b_6z_7}{\left[ 1 + (2a_6z_7 - 3b_6z_7^2)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_7 = \rho_{76} = \frac{1}{\varepsilon_{76}}.$$

*Седьмой и восьмой ролики*

$$z_8 = \left( \frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_7 - R_0 \cos \varphi_8 \right) \cos \varphi_7 - [H_8 - R_0(1 - \cos \varphi_7) - R_0(1 - \cos \varphi_8)] \sin \varphi_7,$$

$$y_8 = \left( \frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_7 - R_0 \cos \varphi_8 \right) \sin \varphi_7 + [H_8 - R_0(1 - \cos \varphi_7) - R_0(1 - \cos \varphi_8)] \cos \varphi_7,$$

$$a_7 = \frac{3y_8 - \operatorname{tg}(\varphi_7 + \varphi_8)z_8}{z_8^2}, \quad b_7 = \frac{2y_8 - \operatorname{tg}(\varphi_7 + \varphi_8)z_8}{z_8^3},$$

$$\varepsilon_{78} = 2a_7, \quad \rho_{78} = \frac{1}{2a_7}, \quad \varepsilon_{87} = \frac{2a_7 - 6b_7z_8}{\left[ 1 + (2a_7z_8 - 3b_7z_8^2)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_{87} = \frac{1}{\varepsilon_{87}}.$$

*Восьмой и девятый ролики*

$$z_9 = \left( \frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_8 - R_0 \cos \varphi_9 \right) \cos \varphi_8 - [H_8 - R_0(1 - \cos \varphi_8) - R_0(1 - \cos \varphi_9)] \sin \varphi_8,$$

$$y_9 = \left( \frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_8 - R_0 \cos \varphi_9 \right) \sin \varphi_8 + [H_8 - R_0(1 - \cos \varphi_8) - R_0(1 - \cos \varphi_9)] \cos \varphi_8,$$

$$a_8 = \frac{3y_9 - \operatorname{tg}(\varphi_8 + \varphi_9)z_9}{z_9^2}, \quad b_8 = \frac{2y_9 - \operatorname{tg}(\varphi_8 + \varphi_9)z_9}{z_9^3},$$

$$\varepsilon_{89} = 2a_8, \quad \rho_8 = \rho_{89} = \frac{1}{2a_8}, \quad \varepsilon_{98} = \frac{2a_8 - 6b_8z_9}{\left[ 1 + (2a_8z_9 - 3b_8z_9^2)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_9 = \rho_{98} = \frac{1}{\varepsilon_{98}}.$$

Коэффициент пружинения нейтральной линии листа при радиусе кривизны  $\rho$  равен [3, 5, 6]

$$\beta(\rho) = \frac{1}{1 - \left[ 3 \left( \frac{\rho \sigma_T}{hE} \right) - 4 \left( \frac{\rho \sigma_T}{hE} \right)^3 + \frac{(\Pi_p + \Pi_c)}{2E} \left( 1 - 3 \left( \frac{\rho \sigma_T}{hE} \right) + 4 \left( \frac{\rho \sigma_T}{hE} \right)^3 \right) \right]}.$$

Граничные условия задачи имеют вид

$$\rho_{12} = \rho_1, \quad \rho_{21} = -\rho_{23}, \quad \rho_{32} = -\rho_{34}, \quad \rho_{43} = -\rho_{45}, \quad \rho_{54} = -\rho_{56},$$

$$\rho_{65} = -\rho_{67}, \quad \rho_{76} = -\rho_{78}, \quad \rho_{87} = -\rho_{89}, \quad \rho_{98} = \beta(\rho_{89})\rho_{89}.$$

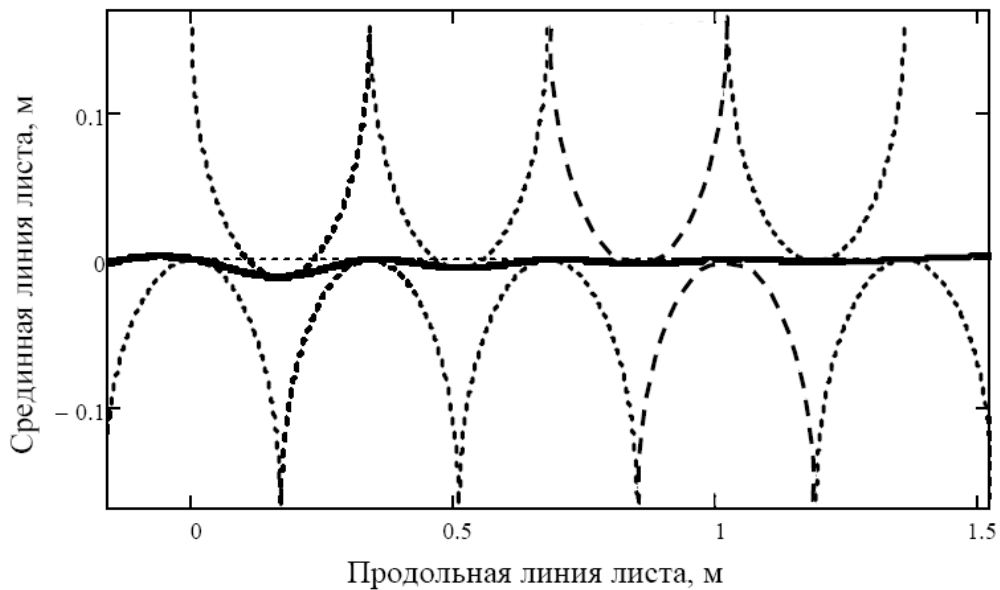


Рис. 2. Срединная линия листа при правке на девятироlikовой листопрavильной машине

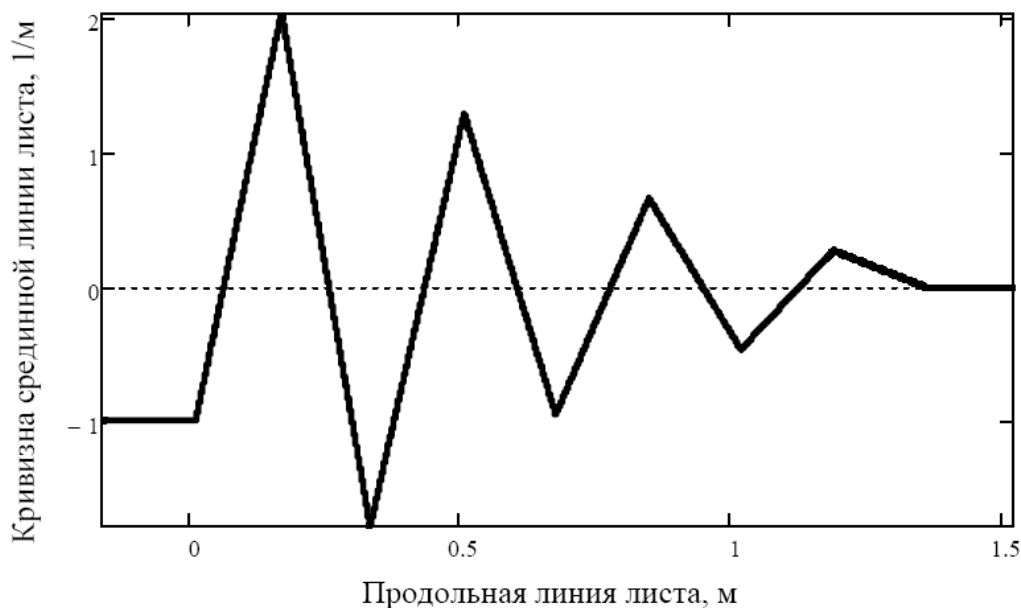


Рис. 3. Кривизна листа в девятироlikовой листопрavильной машине (максимальное обжатие на первых роliках)

**Результаты расчетов.** Решая систему уравнений при  $t = 0,34$  м,  $R = 0,160$  м,  $h = 0,019$  м,  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па,  $\sigma_T = 500 \cdot 10^6$  Па,  $H_1 = H_3 = H_5 = H_7 = H_9 = 0$  м,  $H_2 = 0,012$  м,  $H_4 = 0,006$  м,  $H_6 = 0,003$  м,  $H_8 = 0,0015$  м и  $\rho_1 = -1$  м, получаем  $\rho_2 = 0,490$  м,  $\rho_3 = -0,560$  м,  $\rho_4 = 0,772$  м,  $\rho_5 = -1,052$  м,  $\rho_6 = 1,512$  м,  $\rho_7 = -2,148$  м,  $\rho_8 = 3,680$  м,  $\rho_9 = 2503$  м,  $\varphi_1 = 4,23^\circ$ ,  $\varphi_2 = 0,62^\circ$ ,  $\varphi_3 = 1,80^\circ$ ,  $\varphi_4 = 0,61^\circ$ ,  $\varphi_5 = 1,04^\circ$ ,  $\varphi_6 = 0,38^\circ$ ,  $\varphi_7 = 0,57^\circ$ ,  $\varphi_8 = 0,37^\circ$ ,  $\varphi_9 = 0,94^\circ$ ,  $\varepsilon_1 = -1$ ,  $\varepsilon_2 = 2,040$ ,  $\varepsilon_3 = -1,785$ ,  $\varepsilon_4 = 1,295$ ,  $\varepsilon_5 = -0,951$ ,  $\varepsilon_6 = 0,662$ ,  $\varepsilon_7 = -0,466$ ,  $\varepsilon_8 = 0,272$ ,  $\varepsilon_9 = 0,0004$  (рис. 2, 3).

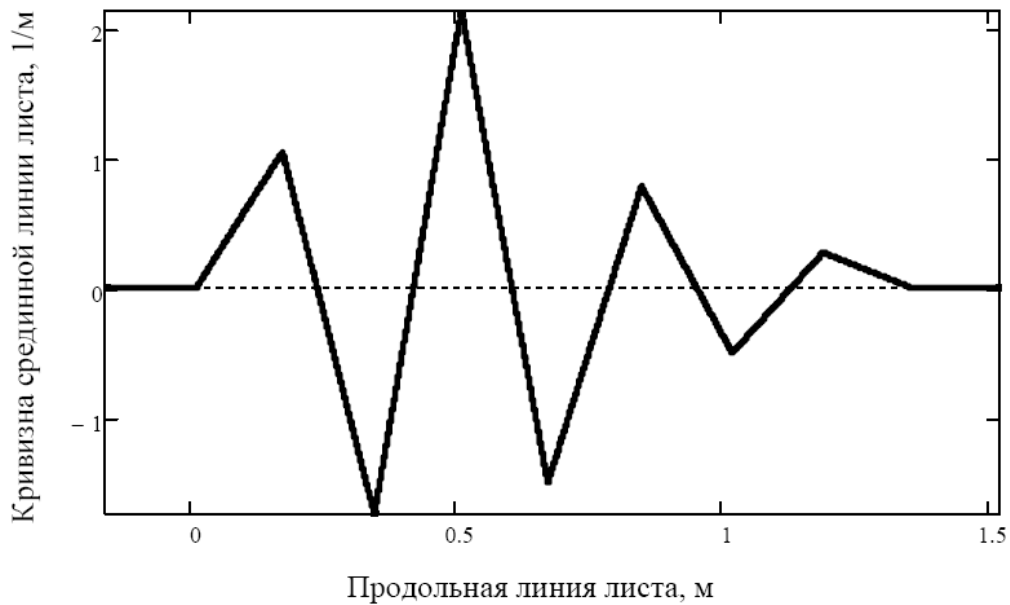


Рис. 4. Кривизна листа в девятироликовой листопрямительной машине (максимальное обжатие листа на центральных роликах)

Решая систему уравнений при  $t = 0,34$  м,  $R = 0,160$  м,  $h = 0,019$  м,  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па,  $\sigma_T = 500 \cdot 10^6$  Па,  $H_1 = H_3 = H_5 = H_7 = H_9 = 0$  м,  $H_2 = 0,006$  м,  $H_4 = 0,012$  м,  $H_6 = 0,003$  м,  $H_8 = 0,0015$  м и  $\rho_1 = \infty$  м, получаем  $\rho_2 = 0,947$  м,  $\rho_3 = -0,574$  м,  $\rho_4 = 0,465$  м,  $\rho_5 = -0,663$  м,  $\rho_6 = 1,263$  м,  $\rho_7 = -2,011$  м,  $\rho_8 = 3,583$  м,  $\rho_9 = 750$  м,  $\varphi_1 = 3,63^\circ$ ,  $\varphi_2 = 1,35^\circ$ ,  $\varphi_3 = -2,08^\circ$ ,  $\varphi_4 = 0,15^\circ$ ,  $\varphi_5 = 2,81^\circ$ ,  $\varphi_6 = 0,76^\circ$ ,  $\varphi_7 = 0,67^\circ$ ,  $\varphi_8 = 0,40^\circ$ ,  $\varphi_9 = 0,95^\circ$ ,  $\varepsilon_1 = 0$ ,  $\varepsilon_2 = 1,056$ ,  $\varepsilon_3 = -1,743$ ,  $\varepsilon_4 = 2,152$ ,  $\varepsilon_5 = -1,507$ ,  $\varepsilon_6 = 0,791$ ,  $\varepsilon_7 = -0,497$ ,  $\varepsilon_8 = 0,279$ ,  $\varepsilon_9 = 0,00133$  (рис. 4).

**Заключение.** Предложен математический метод расчета параметров холодной правки стального листа из горячекатаного рулона на девятироликовой листопрямительной машине фирмы SMS Siemag. Расчеты позволяют определить вид и кривизну нейтральной линии стального листа при правке, а также остаточную кривизну листа после правки. Результаты исследований могут быть использованы на металлургических заводах при производстве толстого листа, а также при производстве труб большого и среднего диаметров из стального листа [1–84].

#### Список литературы

1. Мошнин Е.Н. Гибка и правка на ротационных машинах. Технология и оборудование. – М.: Машиностроение, 1967. – 272 с.
2. Буланов Э.А., Шинкин В.Н. Механика. Вводный курс. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 172 с.
3. Шинкин В.Н. Сопротивление материалов. Простые и сложные виды деформаций в металлургии. – М: Изд. Дом МИСиС, 2008. – 307 с.
4. Шинкин В.Н. Теоретическая механика для металлургов. – М: Изд. Дом МИСиС, 2012. – 679 с.
5. Шинкин В.Н. Сопротивление материалов для металлургов. – М: Изд. Дом МИСиС, 2013. – 655 с.

6. Шинкин В.Н. Механика сплошных сред для металлургов. – М: Изд. Дом МИСиС, 2014. – 628 с.
7. Шинкин В.Н. Математическая модель правки стальной полосы на пятироlikовой листопрáвильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). С. 344–349.
8. Шинкин В.Н. Правка толстой стальной полосы на одиннадцатироlikовой листопрáвильной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). С. 359–365.
9. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров правки тонкой стальной полосы на пятнадцатироlikовой листопрáвильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). С. 361–366.
10. Шинкин В.Н. Холодная правка толстого стального листа на девятироlikовой машине фирмы SMS Siemag на металлургическом комплексе стан 5000 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). С. 467–472.
11. Шинкин В.Н. Четырехроlikовый режим холодной правки толстого стального листа на пятироlikовой листопрáвильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). С. 356–361.
12. Шинкин В.Н. Упругопластическая деформация металлического листа на трехвалковых вальцах // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). С. 225–229.
13. Шинкин В.Н. Шестироlikовый режим предварительной правки стальной полосы на листопрáвильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 14 (94). С. 205–211.
14. Шинкин В.Н. Определение критических давлений магистральных газонефтепроводов при частичном несплавлении продольного сварного шва стальных толстостенных труб // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). С. 222–227.
15. Шинкин В.Н. Критерий разрушения труб при дефекте раскатной пригар // Молодой ученый. 2015. № 16 (96). С. 261–265.
16. Шинкин В.Н. Дефект перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе // Молодой ученый. 2015. № 17 (97). С. 318–323.
17. Шинкин В.Н. Подгибка кромок стального листа по эвольвенте // Молодой ученый. 2015. № 18 (98). С. 231–237.
18. Шинкин В.Н. Критерий образования гофра при формовке стального листа на кромкогибочном прессе SMS Meer // Молодой ученый. 2015. № 19 (99). С. 238–243.
19. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения при экспандировании стальной трубы // Молодой ученый. 2015. № 20 (100). С. 88–93.
20. Шинкин В.Н. Разрушение стальных труб при дефекте «раскатанный пригар с риской» // Молодой ученый. 2015. № 22 (102). С. 213–225.
21. Шинкин В.Н. Гидроиспытания стальных труб на прочность на заводе. Труба с «донышками» // Молодой ученый. 2015. № 23 (103). С. 268–276.
22. Шинкин В.Н. Холодная правка металлической полосы на семироlikовой листопрáвильной машине // Молодой ученый. 2016. № 3 (107). С. 228–237.
23. Шинкин В.Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 6. С. 171–174.
24. Шинкин В.Н., Уандыкова С.К. Гибка стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе при производстве труб большого диаметра // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2009. № 16. С. 110–112.
25. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Моделирование процесса формовки заготовки для труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 1. С. 54–58.
26. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Формовка листовой заготовки в кромкогибочном прессе и условие возникновения гофра при производстве труб магистральных трубопро-

водов // Производство проката. 2011. № 4. С. 14–22.

27. Шинкин В.Н. Математическое моделирование процессов производства труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. Т. 4. № 4 (62). С. 69–74.

28. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Уругопластическое формоизменение металла на кромкогибочном прессе при формовке труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 6. С. 53–56.

29. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Модель пластического формоизменения кромок листовой заготовки при производстве труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Известия вузов. Черная металлургия. 2011. № 9. С. 45–49.

30. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Моделирование процессов экспандирования и гидроиспытания труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 10. С. 12–19.

31. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Технологические расчеты процессов производства труб большого диаметра по технологии SMS Meer // Металлург. 2011. № 11. С. 77–81.

32. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 1. P. 61–66.

33. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Elastoplastic shaping of metal in an edge-ending press in the manufacture of large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 6. P. 528–531.

34. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Критерий разрушения труб большого диаметра при несплавлении сварного соединения и внутреннем давлении // Производство проката. 2012. № 2. С. 14–16.

35. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Расчет максимальных напряжений в стенке трубы при экспандировании с учетом остаточных напряжений заготовки после трубоформовочного пресса SMS Meer // Производство проката. 2012. № 7. С. 25–29.

36. Шинкин В.Н. Критерий перегиба в обратную сторону свободной части листовой заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer при производстве труб большого диаметра // Производство проката. 2012. № 9. С. 21–26.

37. Шинкин В.Н., Мокроусов В.И. Критерий разрыва труб газонефтепроводов при дефекте «раскатной пригар с рисккой» // Производство проката. 2012. № 12. С. 19–24.

38. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Engineering calculations for processes involved in the production of large-diameter pipes by the SMS Meer technology // Metallurgist. 2012. Vol. 55. Nos. 11–12. P. 833–840.

39. Шинкин В.Н. Производство труб большого диаметра по схеме JCOE фирмы SMS Meer для магистральных трубопроводов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 3–1. С. 64–67.

40. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров кромкогибочного пресса фирмы SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 4–1. С. 114–119.

41. Шинкин В.Н. Математический критерий возникновения гофра при формовке стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. С. 96–99.

42. Шинкин В.Н. Расчет усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе плоской толстой стальной заготовки при производстве труб большого диаметра // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 6–1. С. 115–118.

43. Шинкин В.Н. Оценка усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе стальной цилиндрической заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 7–1. С. 74–78.

44. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Сила давления пуансона трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе частично изогнутой толстой стальной заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 8–1. С. 78–83.

45. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Математический критерий перегиба стальной за-



готовки на трубоформовочном прессе SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 9–1. С. 73–77.

46. Шинкин В.Н. Влияние остаточных напряжений на прочность металла при экспандировании стальной заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 10–1. С. 153–157.

47. Шинкин В.Н. Гибка стального листа на вальцах трехвалковых // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11–1. С. 252–257.

48. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Правка толстой стальной полосы на пятироlikовой листопрямительной машине // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11–1. С. 257–262.

49. Шинкин В.Н. Расчет кривизны стального листа при холодной правке на одиннадцатироlikовой машине // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–2. С. 246–251.

50. Шинкин В.Н. Прочностные гидроиспытания стальных труб с заглушками на заводе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–2. С. 251–258.

51. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров семирроlikовой листопрямительной машины // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 2–2. С. 134–141.

52. Шинкин В.Н. Коэффициент пружинения круглого бруса при изгибе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 3–1. С. 139–145.

53. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения в поперечном сечении круглого бруса при изгибе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 3–1. С. 145–151.

54. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения в поперечном сечении круглого бруса при кручении // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 4–1. С. 159–165.

55. Шинкин В.Н. Коэффициент пружинения круглого бруса при кручении // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 4–1. С. 165–171.

56. Шинкин В.Н. Правка листа на восьмирроlikовой машине. Часть 1. Кривизна листа // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 5–1. С. 134–141.

57. Шинкин В.Н. Правка листа на восьмирроlikовой машине. Часть 2. Расчет силовых параметров // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 5–1. С. 141–149.

58. Шинкин В.Н., Федотов О.В. Расчет технологических параметров правки стальной горячекатаной рулонной полосы на пятироlikовой машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2013. № 9. С. 43–48.

59. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет технологических параметров холодной правки стального листа на девятироlikовой машине SMS Siemag металлургического комплекса стан 5000 // Производство проката. 2014. № 5. С. 7–15.

60. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Математическая модель расчета формы трубной заготовки после кромкогибочного пресса SMS Meer // Евразийский союз ученых. 2014. № 5. Часть 3. С. 112–115.

61. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров правки стального листа на одиннадцатирроlikовой листопрямительной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2014. № 8. С. 26–34.

62. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет формы трубной заготовки при гибке на кромкогибочном и трубоформовочном прессах фирмы SMS Meer при производстве труб большого диаметра по схеме JCOE // Производство проката. 2014. № 12. С. 13–20.

63. Шинкин В.Н., Борисевич В.Г., Федотов О.В. Холодная правка стального листа в четырехроlikовой листопрямительной машине // В сборнике: Глобализация науки: пробле-

мы и перспективы. Т. 2. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2014. – С. 119–121.

64. Шинкин В.Н. Математическая модель правки тонкого стального листа на пятнадцатироликовой листопрямительной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Agrasate // Производство проката. 2015. № 1. С. 42–48.

65. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Гибка стального листа на трубоформовочном прессе при производстве труб большого диаметра // Сталь. 2015. № 4. С. 38–42.

66. Шинкин В.Н. Оценка критических давлений при разрушении стальных труб магистральных газонефтепроводов при несплавлении сварного соединения // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 5–6. С. 7–11.

67. Шинкин В.Н. Математический критерий разрушения стальных толстостенных труб при дефекте раскатной пригар // Мир науки и инноваций. 2015. Т. 5. № 2 (2). С. 57–64.

68. Шинкин В.Н. Прочность стальных труб при внутреннем давлении // Научные труды SWorld. 2015. Т. 5. № 4 (41). С. 50–58.

69. Шинкин В.Н. К вопросу о пружинении круглого бруса при изгибе // Научные труды SWorld. 2016. Т. 4. № 1 (42). С. 91–100.

70. Шинкин В.Н. Геометрия листа при правке на семироликовой машине // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 1–1. С. 131–139.

71. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения при пластическом изгибе круглого бруса // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 2–3. С. 133–141.

72. Шинкин В.Н. Пружинение круглого бруса при пластическом изгибе // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 2–3. С. 141–149.

73. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения при пластическом кручении круглого бруса // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 3–3. С. 127–134.

74. Шинкин В.Н. Пружинение круглого бруса при пластическом кручении // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 3–3. С. 135–143.

75. Шинкин В.Н. Вычисление силовых параметров восьмироликовой машины при правке стального листа // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 4–4. С. 118–127.

76. Шинкин В.Н. Кривизна листа при правке на восьмироликовой машине // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 4–4. С. 127–136.

77. Шинкин В.Н. Коэффициент пружинения при упругопластическом изгибе круглого бруса // В сборнике: Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. 2016. С. 49–56.

78. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения круглого бруса при упругопластическом изгибе // В сборнике: Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. 2016. С. 56–63.

79. Шинкин В.Н. Коэффициент пружинения при упругопластическом кручении круглого бруса // В сборнике: Актуальные вопросы науки и техники. Сборник научных трудов по итогам III международной научно-практической конференции. 2016. С. 72–79.

80. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения круглого бруса при упругопластическом кручении // В сборнике: Актуальные вопросы науки и техники. Сборник научных трудов по итогам III международной научно-практической конференции. 2016. С. 85–92.

81. Шинкин В.Н. Сила давления роликов на лист при правке на восьмироликовой машине // В сборнике: Проблемы и достижения в науке и технике. Сборник научных трудов по итогам III международной научно-практической конференции. 2016. С. 86–95.

82. Шинкин В.Н. Упругопластический знакопеременный изгиб листа при правке на

восьмироликовой машине // В сборнике: Проблемы и достижения в науке и технике. Сборник научных трудов по итогам III международной научно-практической конференции. 2016. С. 95–102.

83. Shinkin V.N. The mathematical criterion of the origin of the inflection defect under the steel sheet blank's bend on the step-by-step O-forming press by SMS Meer under the manufacturing technique of the thick single-weld tubes for the main pipelines // Nauka i studia. 2015. Т. 4. С. 60–76.

84. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. – Л.: Машиностроение, 1971. – 782 с.

## **К ВОПРОСУ О СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРАХ ДЕВЯТИРОЛИКОВОЙ ЛИСТОПРАВИЛЬНОЙ МАШИНЫ ПРИ ПРАВКЕ СТАЛЬНОГО ЛИСТА**

***Шинкин В.Н.***

профессор кафедры физики, доктор физико-математических наук,  
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,  
Россия, г. Москва

Предложен математический метод определения силовых параметров холодной правки толстого стального листа на девятироликовой листопрямительной машине.

*Ключевые слова:* стальной лист, листопрямительная машина, знакопеременный изгиб, упругопластическая среда.

**Введение.** В первой части работы была предложена методика определения формы и кривизны  $\varepsilon$  (радиуса кривизны  $\rho$ ) стального листа при правке на девятироликовой листопрямительной машине SMS Siemag.

Поэтому далее будем считать, что при правке листа кривизна листа, радиус кривизны листа, углы и координаты точек касания листа с роликами уже известны. Во второй части работы рассмотрим методику определения силовых факторов, действующих на стальной лист при правке в девятироликовой листопрямительной машине.

Правка стального листа осуществляется девятью приводными правильными роликами – 4-мя верхними правильными роликами и 5-тью нижними правильными роликами. Нижние входные и выходные правильные ролики снабжены отдельными системами настройки их вертикального положения с помощью клиновых пар и гидроцилиндров с позиционным управлением [1–6].

**Изгибающий момент при правке листа.** Пусть  $t$  – шаг между нижними правильными роликами;  $H_i$  – величина обжатия срединной поверхности стального листа на  $i$ -ом правильном ролике (для нижних роликов положительным направлением обжатия считается направление вверх, для верхних роликов – вниз),  $h$  – толщина стального листа,  $R$  – радиус рабочих роликов,  $R_0 = R + h/2$ ;  $\sigma_T$ ,  $\nu$ ,  $E$ ,  $\Pi_p$  и  $\Pi_c$  – предел текучести, коэффициент Пуассона, модуль Юнга и модули упрочнения стали листа при растяжении и сжатии;  $\rho_i$  и  $\varepsilon_i = 1/\rho_i$  – радиусы кривизны и кривизна срединной

линии листа в точках касания листа с роликами,  $\varphi_i$  – углы точек касания листа и роликов ( $i = 1 \dots 9$ ) (рис. 1).

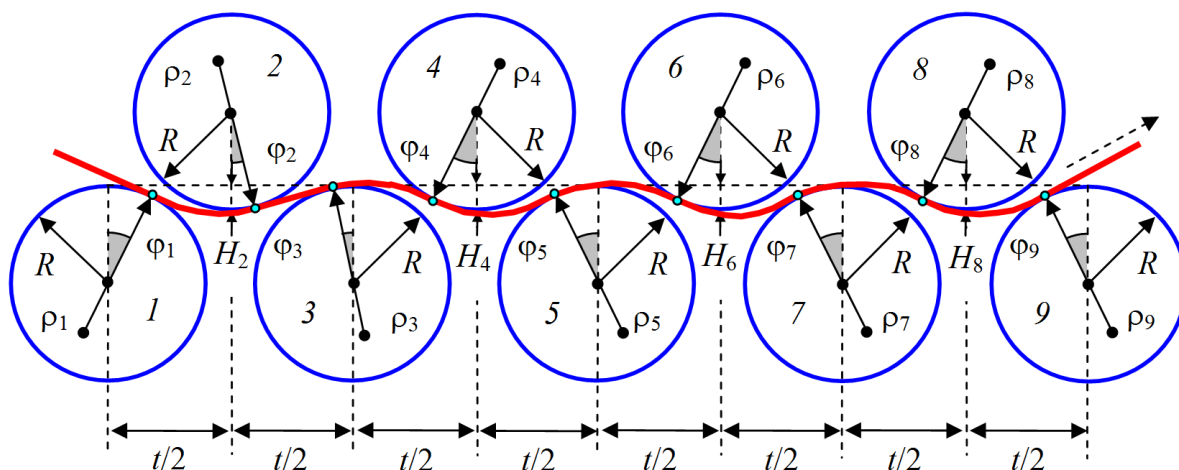


Рис. 1. Форма листа между девятью рабочими роликами

Не ограничивая общности будем считать, что нижние правильные ролики лежат на одном уровне ( $H_1 = H_3 = H_5 = H_7 = H_9 = 0$  м).

При пластическом изгибе стального листа ( $\rho < \rho_T = hE/(2\sigma_T)$ ) изгибающий момент в поперечном сечении листа равен [3, 5, 6]

$$M(\rho) = \frac{bh^2\sigma_T}{12} \left( 3 - 4 \left( \frac{\sigma_T\rho}{Eh} \right)^2 \right) + \frac{bh^3(\Pi_p + \Pi_c)}{24\rho} \left( 1 - 2 \frac{\sigma_T\rho}{Eh} \right)^2 \left( 1 + \frac{\sigma_T\rho}{Eh} \right).$$

где  $b$  – ширина листа.

При упругом изгибе стального листа изгибающий ( $\rho \geq \rho_T = hE/(2\sigma_T)$ ) момент в поперечном сечении листа равен [3, 5, 6]

$$M(\rho) = \frac{bh^3E}{12\rho}.$$

Зависимость изгибающего момента от радиуса кривизны нейтральной линии листа показана на рис. 2.

Пусть  $M_i$  – изгибающий момент стального листа в точках его касания с рабочими роликами листопрямительной машины:

$$M_1 = 0, \quad M_2 = M(\rho_2), \quad M_3 = -M(\rho_3), \quad M_4 = M(\rho_4), \quad M_5 = -M(\rho_5), \\ M_6 = M(\rho_6), \quad M_7 = -M(\rho_7), \quad M_8 = M(\rho_8), \quad M_9 = 0.$$

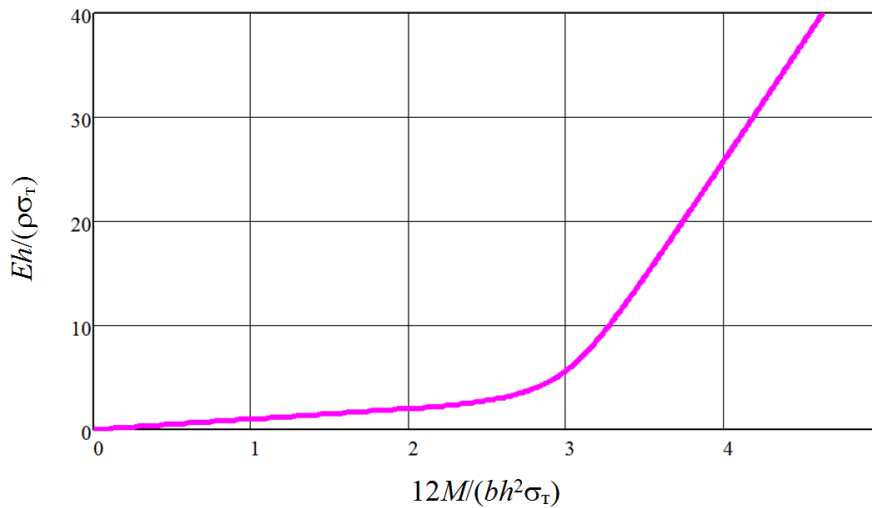


Рис. 2. Зависимость изгибающего момента от радиуса кривизны листа

**Расчет силовых параметров девятироликовой листопрямительной машины.** Пусть  $N_i$ ,  $M_{pi}$  и  $F_{pi}$  ( $F_{pi} = M_{pi}/R$ ) – соответственно реакция опоры, вращательный момент (передаваемый от редуктора) и подающее усилие (сила подачи)  $i$ -го ролика ( $i = 1 \dots 9$ ) (рис. 3).

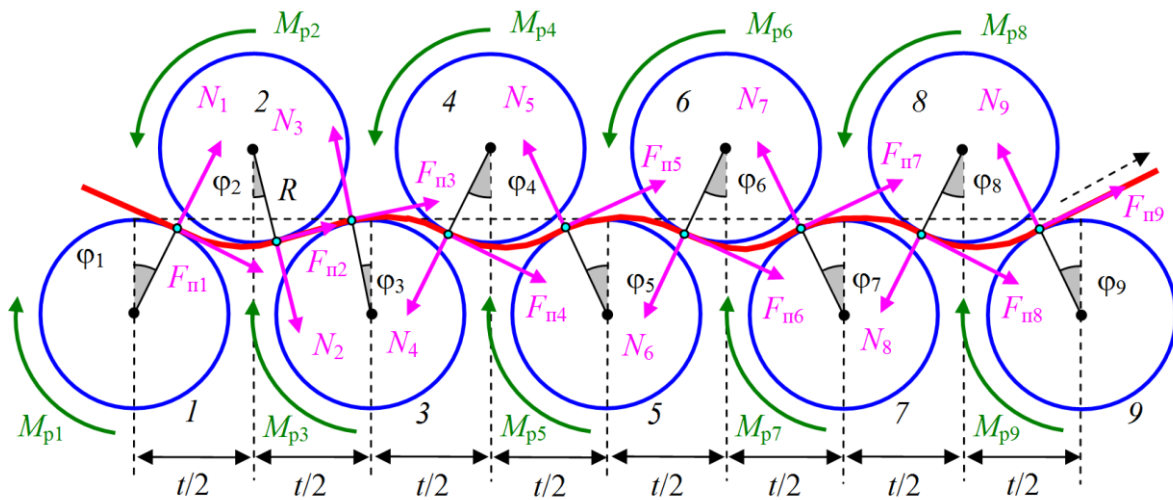


Рис. 3. Силовые факторы, действующие на лист

Введем девять локальных декартовых прямоугольных систем координат  $y-z$  в точках касания листа с рабочими роликами. Оси  $z$  направим по касательной к поверхности роликов слева направо, а оси  $y$  – перпендикулярно к оси  $z$  в сторону центров соответствующих роликов. Пусть  $y_{ji}$  и  $z_{ji}$  – координаты точек касания листа с  $j$ -ым роликом в  $i$ -ой системе координат.

$$\begin{aligned} \Delta z_{21} &= \frac{t}{2} - R_0 \sin \varphi_1 + R_0 \sin \varphi_2, & \Delta y_{21} &= H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_1) - R_0(1 - \cos \varphi_2), \\ z_{21} &= \Delta z_{21} \cos \varphi_1 + \Delta y_{21} \sin \varphi_1, & y_{21} &= -\Delta z_{21} \sin \varphi_1 + \Delta y_{21} \cos \varphi_1, \\ \Delta z_{32} &= \frac{t}{2} - R_0 \sin \varphi_2 - R_0 \sin \varphi_3, & \Delta y_{32} &= H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_2) - R_0(1 - \cos \varphi_3), \\ z_{32} &= \Delta z_{32} \cos \varphi_2 + \Delta y_{32} \sin \varphi_2, & y_{32} &= -\Delta z_{32} \sin \varphi_2 + \Delta y_{32} \cos \varphi_2, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta z_{43} &= \frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_3 - R_0 \sin \varphi_4, & \Delta y_{43} &= H_4 - R_0(1 - \cos \varphi_3) - R_0(1 - \cos \varphi_4), \\
z_{43} &= \Delta z_{43} \cos \varphi_3 - \Delta y_{43} \sin \varphi_3, & y_{43} &= \Delta z_{43} \sin \varphi_3 + \Delta y_{43} \cos \varphi_3, \\
\Delta z_{54} &= \frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_4 - R_0 \sin \varphi_5, & \Delta y_{54} &= H_4 - R_0(1 - \cos \varphi_4) - R_0(1 - \cos \varphi_5), \\
z_{54} &= \Delta z_{54} \cos \varphi_4 - \Delta y_{54} \sin \varphi_4, & y_{54} &= \Delta z_{54} \sin \varphi_4 + \Delta y_{54} \cos \varphi_4, \\
\Delta z_{65} &= \frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_5 - R_0 \sin \varphi_6, & \Delta y_{65} &= H_6 - R_0(1 - \cos \varphi_5) - R_0(1 - \cos \varphi_6), \\
z_{65} &= \Delta z_{65} \cos \varphi_5 - \Delta y_{65} \sin \varphi_5, & y_{65} &= \Delta z_{65} \sin \varphi_5 + \Delta y_{65} \cos \varphi_5, \\
\Delta z_{76} &= \frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_6 - R_0 \sin \varphi_7, & \Delta y_{76} &= H_6 - R_0(1 - \cos \varphi_6) - R_0(1 - \cos \varphi_7), \\
z_{76} &= \Delta z_{76} \cos \varphi_6 - \Delta y_{76} \sin \varphi_6, & y_{76} &= \Delta z_{76} \sin \varphi_6 + \Delta y_{76} \cos \varphi_6, \\
\Delta z_{87} &= \frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_7 - R_0 \sin \varphi_8, & \Delta y_{87} &= H_8 - R_0(1 - \cos \varphi_7) - R_0(1 - \cos \varphi_8), \\
z_{87} &= \Delta z_{87} \cos \varphi_7 - \Delta y_{87} \sin \varphi_7, & y_{87} &= \Delta z_{87} \sin \varphi_7 + \Delta y_{87} \cos \varphi_7, \\
\Delta z_{98} &= \frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_8 - R_0 \sin \varphi_9, & \Delta y_{98} &= H_8 - R_0(1 - \cos \varphi_8) - R_0(1 - \cos \varphi_9), \\
z_{98} &= \Delta z_{98} \cos \varphi_8 - \Delta y_{98} \sin \varphi_8, & y_{98} &= \Delta z_{98} \sin \varphi_8 + \Delta y_{98} \cos \varphi_8.
\end{aligned}$$

Компоненты главных векторов сил в точках касания стального листа с роликами равны

$$\begin{aligned}
F_{01y} &= N_1 \cos \varphi_1 - F_{n1} \sin \varphi_1, & F_{01z} &= N_1 \sin \varphi_1 + F_{n1} \cos \varphi_1, \\
F_{02y} &= F_{01y} - N_2 \cos \varphi_2 + F_{n2} \sin \varphi_2, & F_{02z} &= F_{01z} + N_2 \sin \varphi_2 + F_{n2} \cos \varphi_2, \\
F_{03y} &= F_{02y} + N_3 \cos \varphi_3 + F_{n3} \sin \varphi_3, & F_{03z} &= F_{02z} - N_3 \sin \varphi_3 + F_{n3} \cos \varphi_3, \\
F_{04y} &= F_{03y} - N_4 \cos \varphi_4 - F_{n4} \sin \varphi_4, & F_{04z} &= F_{03z} - N_4 \sin \varphi_4 + F_{n4} \cos \varphi_4, \\
F_{05y} &= F_{04y} + N_5 \cos \varphi_5 + F_{n5} \sin \varphi_5, & F_{05z} &= F_{04z} - N_5 \sin \varphi_5 + F_{n5} \cos \varphi_5, \\
F_{06y} &= F_{05y} - N_6 \cos \varphi_6 - F_{n6} \sin \varphi_6, & F_{06z} &= F_{05z} - N_6 \sin \varphi_6 + F_{n6} \cos \varphi_6, \\
F_{07y} &= F_{06y} + N_7 \cos \varphi_7 + F_{n7} \sin \varphi_7, & F_{07z} &= F_{06z} - N_7 \sin \varphi_7 + F_{n7} \cos \varphi_7.
\end{aligned}$$

Добавки к реакциям сил в точках касания стального листа с роликами равны

$$\begin{aligned}
\Delta N_2 &= -F_{01y} \cos \varphi_2 + F_{01z} \sin \varphi_2, & \Delta F_{n2} &= F_{01y} \sin \varphi_2 + F_{01z} \cos \varphi_2, \\
\Delta N_3 &= F_{02y} \cos \varphi_3 - F_{02z} \sin \varphi_3, & \Delta F_{n3} &= F_{02y} \sin \varphi_3 + F_{02z} \cos \varphi_3, \\
\Delta N_4 &= -F_{03y} \cos \varphi_4 - F_{03z} \sin \varphi_4, & \Delta F_{n4} &= -F_{03y} \sin \varphi_4 + F_{03z} \cos \varphi_4, \\
\Delta N_5 &= F_{04y} \cos \varphi_5 - F_{04z} \sin \varphi_5, & \Delta F_{n5} &= F_{04y} \sin \varphi_5 + F_{04z} \cos \varphi_5, \\
\Delta N_6 &= -F_{05y} \cos \varphi_6 - F_{05z} \sin \varphi_6, & \Delta F_{n6} &= -F_{05y} \sin \varphi_6 + F_{05z} \cos \varphi_6, \\
\Delta N_7 &= F_{06y} \cos \varphi_7 - F_{06z} \sin \varphi_7, & \Delta F_{n7} &= F_{06y} \sin \varphi_7 + F_{06z} \cos \varphi_7, \\
\Delta N_8 &= -F_{07y} \cos \varphi_8 - F_{07z} \sin \varphi_8, & \Delta F_{n8} &= -F_{07y} \sin \varphi_8 + F_{07z} \cos \varphi_8.
\end{aligned}$$

Нормальные реакции опор рабочих роликов в точках касания со стальным листом равны

$$N_1 = \frac{M_2 - F_{п1}y_{21}}{z_{21}},$$

$$N_2 = \frac{-M_3 + M_2 - F_{п2}y_{32} - \Delta N_2 z_{32} - \Delta F_{п2}y_{32}}{z_{32}},$$

$$N_3 = \frac{M_4 - M_3 - F_{п3}y_{43} - \Delta N_3 z_{43} - \Delta F_{п3}y_{43}}{z_{43}},$$

$$N_4 = \frac{-M_5 + M_4 - F_{п4}y_{54} - \Delta N_4 z_{54} - \Delta F_{п4}y_{54}}{z_{54}},$$

$$N_5 = \frac{M_6 - M_5 - F_{п5}y_{65} - \Delta N_5 z_{65} - \Delta F_{п5}y_{65}}{z_{65}},$$

$$N_6 = \frac{-M_7 + M_6 - F_{п6}y_{76} - \Delta N_6 z_{76} - \Delta F_{п6}y_{76}}{z_{76}},$$

$$N_7 = \frac{M_8 - M_7 - F_{п7}y_{87} - \Delta N_7 z_{87} - \Delta F_{п7}y_{87}}{z_{87}},$$

$$N_8 = \frac{M_8 - F_{п8}y_{98} - \Delta N_8 z_{98} - \Delta F_{п8}y_{98}}{z_{98}},$$

$$N_9 = \frac{M_8 - F_{п9}(z_{98} \sin(\varphi_8 + \varphi_9) - y_{98} \cos(\varphi_8 + \varphi_9))}{z_{98} \cos(\varphi_8 + \varphi_9) + y_{98} \sin(\varphi_8 + \varphi_9)}.$$

**Заключение.** Получен метод расчета силовых параметров правки стального листа на девятироликовой листопрямительной машине. Результаты исследований могут быть использованы на металлургических заводах по производству широкого толстого стального листа [1–85].

#### Список литературы

1. Мошнин Е.Н. Гибка и правка на ротационных машинах. Технология и оборудование. – М.: Машиностроение, 1967. – 272 с.
2. Буланов Э.А., Шинкин В.Н. Механика. Вводный курс. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 172 с.
3. Шинкин В.Н. Сопротивление материалов. Простые и сложные виды деформаций в металлургии. – М: Изд. Дом МИСиС, 2008. – 307 с.
4. Шинкин В.Н. Теоретическая механика для металлургов. – М: Изд. Дом МИСиС, 2012. – 679 с.
5. Шинкин В.Н. Сопротивление материалов для металлургов. – М: Изд. Дом МИСиС, 2013. – 655 с.
6. Шинкин В.Н. Механика сплошных сред для металлургов. – М: Изд. Дом МИСиС, 2014. – 628 с.
7. Шинкин В.Н. Математическая модель правки стальной полосы на пятироликовой листопрямительной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). С. 344–349.
8. Шинкин В.Н. Правка толстой стальной полосы на одиннадцатирولیковой листопрямительной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). С. 359–365.
9. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров правки тонкой стальной поло-

сы на пятнадцатироликовой листопрямительной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). С. 361–366.

10. Шинкин В.Н. Холодная правка толстого стального листа на девятироликовой машине фирмы SMS Siemag на металлургическом комплексе стан 5000 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). С. 467–472.

11. Шинкин В.Н. Четырехроликовый режим холодной правки толстого стального листа на пятироликовой листопрямительной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). С. 356–361.

12. Шинкин В.Н. Упругопластическая деформация металлического листа на трехвалковых вальцах // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). С. 225–229.

13. Шинкин В.Н. Шестироликовый режим предварительной правки стальной полосы на листопрямительной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 14 (94). С. 205–211.

14. Шинкин В.Н. Определение критических давлений магистральных газонепроводов при частичном несплавлении продольного сварного шва стальных толстостенных труб // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). С. 222–227.

15. Шинкин В.Н. Критерий разрушения труб при дефекте раскатной пригар // Молодой ученый. 2015. № 16 (96). С. 261–265.

16. Шинкин В.Н. Дефект перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе // Молодой ученый. 2015. № 17 (97). С. 318–323.

17. Шинкин В.Н. Подгибка кромок стального листа по эвольвенте // Молодой ученый. 2015. № 18 (98). С. 231–237.

18. Шинкин В.Н. Критерий образования гофра при формовке стального листа на кромкогибочном прессе SMS Meer // Молодой ученый. 2015. № 19 (99). С. 238–243.

19. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения при экспандировании стальной трубы // Молодой ученый. 2015. № 20 (100). С. 88–93.

20. Шинкин В.Н. Разрушение стальных труб при дефекте «раскатанный пригар с риской» // Молодой ученый. 2015. № 22 (102). С. 213–225.

21. Шинкин В.Н. Гидроиспытания стальных труб на прочность на заводе. Труба с «донышками» // Молодой ученый. 2015. № 23 (103). С. 268–276.

22. Шинкин В.Н. Холодная правка металлической полосы на семироликовой листопрямительной машине // Молодой ученый. 2016. № 3 (107). С. 228–237.

23. Шинкин В.Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 6. С. 171–174.

24. Шинкин В.Н., Уандыкова С.К. Гибка стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе при производстве труб большого диаметра // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2009. № 16. С. 110–112.

25. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Моделирование процесса формовки заготовки для труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 1. С. 54–58.

26. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Формовка листовой заготовки в кромкогибочном прессе и условие возникновения гофра при производстве труб магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 4. С. 14–22.

27. Шинкин В.Н. Математическое моделирование процессов производства труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. Т. 4. № 4 (62). С. 69–74.

28. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Упругопластическое формоизменение металла на кромкогибочном прессе при формовке труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 6. С. 53–56.

29. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Модель пластического формоизменения кромок листовой заготовки при производстве труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Известия вузов. Черная металлургия. 2011. № 9. С. 45–49.



30. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Моделирование процессов экспандирования и гидроиспытания труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 10. С. 12–19.
31. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Технологические расчеты процессов производства труб большого диаметра по технологии SMS Meer // Metallurg. 2011. № 11. С. 77–81.
32. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 1. P. 61–66.
33. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Elastoplastic shaping of metal in an edge-ending press in the manufacture of large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 6. P. 528–531.
34. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Критерий разрушения труб большого диаметра при несплавлении сварного соединения и внутреннем давлении // Производство проката. 2012. № 2. С. 14–16.
35. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Расчет максимальных напряжений в стенке трубы при экспандировании с учетом остаточных напряжений заготовки после трубоформовочного пресса SMS Meer // Производство проката. 2012. № 7. С. 25–29.
36. Шинкин В.Н. Критерий перегиба в обратную сторону свободной части листовой заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer при производстве труб большого диаметра // Производство проката. 2012. № 9. С. 21–26.
37. Шинкин В.Н., Мокроусов В.И. Критерий разрыва труб газонефтепроводов при дефекте «раскатной пригар с рисккой» // Производство проката. 2012. № 12. С. 19–24.
38. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Engineering calculations for processes involved in the production of large-diameter pipes by the SMS Meer technology // Metallurgist. 2012. Vol. 55. Nos. 11–12. P. 833–840.
39. Шинкин В.Н. Производство труб большого диаметра по схеме JCOE фирмы SMS Meer для магистральных трубопроводов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 3–1. С. 64–67.
40. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров кромкогибочного пресса фирмы SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 4–1. С. 114–119.
41. Шинкин В.Н. Математический критерий возникновения гофра при формовке стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. С. 96–99.
42. Шинкин В.Н. Расчет усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе плоской толстой стальной заготовки при производстве труб большого диаметра // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 6–1. С. 115–118.
43. Шинкин В.Н. Оценка усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе стальной цилиндрической заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 7–1. С. 74–78.
44. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Сила давления пуансона трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе частично изогнутой толстой стальной заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 8–1. С. 78–83.
45. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Математический критерий перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 9–1. С. 73–77.
46. Шинкин В.Н. Влияние остаточных напряжений на прочность металла при экспандировании стальной заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 10–1. С. 153–157.
47. Шинкин В.Н. Гибка стального листа на вальцах трехвалковых // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11–1. С. 252–257.
48. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Правка толстой стальной полосы на пятироликовой листопрямительной машине // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–1. С. 114–119.

наук. 2015. № 11–1. С. 257–262.

49. Шинкин В.Н. Расчет кривизны стального листа при холодной правке на одиннадцатироликовой машине // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–2. С. 246–251.

50. Шинкин В.Н. Прочностные гидроиспытания стальных труб с заглушками на заводе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–2. С. 251–258.

51. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров семироликовой листопрямительной машины // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 2–2. С. 134–141.

52. Шинкин В.Н. Коэффициент пружинения круглого бруса при изгибе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 3–1. С. 139–145.

53. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения в поперечном сечении круглого бруса при изгибе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 3–1. С. 145–151.

54. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения в поперечном сечении круглого бруса при кручении // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 4–1. С. 159–165.

55. Шинкин В.Н. Коэффициент пружинения круглого бруса при кручении // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 4–1. С. 165–171.

56. Шинкин В.Н. Правка листа на восьмироликовой машине. Часть 1. Кривизна листа // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 5–1. С. 134–141.

57. Шинкин В.Н. Правка листа на восьмироликовой машине. Часть 2. Расчет силовых параметров // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 5–1. С. 141–149.

58. Шинкин В.Н. Четырехроликовая машина предварительной правки толстого стального листа. Часть 1. Кривизна листа // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 6–1. С. 167–174.

59. Шинкин В.Н. Четырехроликовая машина предварительной правки толстого стального листа. Часть 2. Расчет силовых параметров // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 6–1. С. 174–181.

60. Шинкин В.Н., Федотов О.В. Расчет технологических параметров правки стальной горячекатаной рулонной полосы на пятироликовой машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2013. № 9. С. 43–48.

61. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет технологических параметров холодной правки стального листа на девятироликовой машине SMS Siemag металлургического комплекса стан 5000 // Производство проката. 2014. № 5. С. 7–15.

62. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Математическая модель расчета формы трубной заготовки после кромкогибочного пресса SMS Meer // Евразийский союз ученых. 2014. № 5. Часть 3. С. 112–115.

63. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров правки стального листа на одиннадцатироликовой листопрямительной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2014. № 8. С. 26–34.

64. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет формы трубной заготовки при гибке на кромкогибочном и трубоформовочном прессах фирмы SMS Meer при производстве труб большого диаметра по схеме JSOE // Производство проката. 2014. № 12. С. 13–20.

65. Шинкин В.Н., Борисевич В.Г., Федотов О.В. Холодная правка стального листа в четырехроликовой листопрямительной машине // В сборнике: Глобализация науки: проблемы и перспективы. Т. 2. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2014. – С. 119–121.

66. Шинкин В.Н. Математическая модель правки тонкого стального листа на пят-

надцатирикольной листопрямой машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2015. № 1. С. 42–48.

67. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Гибка стального листа на трубоформовочном прессе при производстве труб большого диаметра // Сталь. 2015. № 4. С. 38–42.

68. Шинкин В.Н. Оценка критических давлений при разрушении стальных труб магистральных газонефтепроводов при несплавлении сварного соединения // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 5–6. С. 7–11.

69. Шинкин В.Н. Математический критерий разрушения стальных толстостенных труб при дефекте раскатной пригар // Мир науки и инноваций. 2015. Т. 5. № 2 (2). С. 57–64.

70. Шинкин В.Н. К вопросу о пружинении круглого бруса при кручении // Мир науки и инноваций. 2016. Т. 5. № 1 (3). С. 74–84.

71. Шинкин В.Н. К вопросу об остаточных напряжениях круглого бруса при кручении // Мир науки и инноваций. 2016. Т. 5. № 1 (3). С. 84–93.

72. Шинкин В.Н. Оценка остаточных напряжений круглого бруса при изгибе // Мир науки и инноваций. 2016. Т. 5. № 1 (3). С. 101–110.

73. Шинкин В.Н. Прочность стальных труб при внутреннем давлении // Научные труды SWorld. 2015. Т. 5. № 4 (41). С. 50–58.

74. Шинкин В.Н. К вопросу о пружинении круглого бруса при изгибе // Научные труды SWorld. 2016. Т. 4. № 1 (42). С. 91–100.

75. Шинкин В.Н. Геометрия листа при правке на семироликовой машине // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 1–1. С. 131–139.

76. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения при пластическом изгибе круглого бруса // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 2–3. С. 133–141.

77. Шинкин В.Н. Пружинение круглого бруса при пластическом изгибе // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 2–3. С. 141–149.

78. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения при пластическом кручении круглого бруса // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 3–3. С. 127–134.

79. Шинкин В.Н. Пружинение круглого бруса при пластическом кручении // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 3–3. С. 135–143.

80. Шинкин В.Н. Вычисление силовых параметров восьмироликовой машины при правке стального листа // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 4–4. С. 118–127.

81. Шинкин В.Н. Кривизна листа при правке на восьмироликовой машине // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 4–4. С. 127–136.

82. Шинкин В.Н. Кривизна листа при предварительной правке на четырехроликовой машине // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 5–3. С. 137–146.

83. Шинкин В.Н. Расчет силовых параметров четырехроликовой машины при предварительной правке стального листа // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 5–3. С. 146–154.

84. Shinkin V.N. The mathematical criterion of the origin of the inflection defect under the steel sheet blank's bend on the step-by-step O-forming press by SMS Meer under the manufacturing technique of the thick single-weld tubes for the main pipelines // Nauka i studia. 2015. Т. 4. С. 60–76.

85. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. – Л.: Машиностроение, 1971. – 782 с.

# РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИУС

*Юдаев С.А.*

магистрант, Московский технологический университет, Россия, г. Москва

*Красный В.А., Силаева А.Э.*

студенты, Московский технологический университет, Россия, г. Москва

В статье рассматриваются вопросы обучения массовых профессиональных пользователей, проблемы, возникающие при электронном обучении. Приводятся как решение данных проблем, так и расширение возможностей существующих программных средств.

*Ключевые слова:* электронное обучение, массовые профессиональные пользователи, внедрение продукта.

## **Введение**

Одними из ключевых стадий в моделях жизненного цикла программного продукта (ПП) являются стадии внедрения и сопровождения. Эти стадии занимают около 50% трудозатрат, отведенных на весь жизненный цикл программного продукта, что говорит о высоких рисках проекта при возникновении задержек на этих стадиях. Назначением стадии внедрения является передача готового продукта в полное распоряжение конечных пользователей. Данная стадия включает:

- планирование внедрения;
- бета-тестирование, позволяющее убедиться, что новая система соответствует ожиданиям пользователей;
- ввод в эксплуатацию, возможно параллельное функционирование с существующей системой, которая подлежит постепенной замене;
- оптимизацию производительности;
- обучение пользователей программного продукта;
- обучение специалистов службы сопровождения программного продукта.

## **Расширение возможностей технологии**

Одной из существенных проблем, возникающих на стадии внедрения программных продуктов с большим количеством пользователей является обучение профессиональных пользователей.

В процессе внедрения потребность в количестве обученных пользователей резко растет. Таким образом, на этапе внедрения скорость изменения потребности в обученных пользователях резко растет, что может быть описано дельта-функцией. Отсутствие у пользователей внедряемого ПП навыков работы и понимания работы ПП – наиболее серьезная проблема внедрения. Это обуславливает необходимость подготовки пользователей ПП для успешного внедрения.

Эту проблему решает технология опережающего обучения пользователей за счет электронного обучения [1]. Desktopная версия программного

комплекса состоит из нескольких частей, а именно: «Администратор», «Редактор», «Проигрыватель» и «Захватчик» и она описана в [2]. Данная версия имеет ряд ограничений, с которыми можно столкнуться при использовании программного комплекса в процессе обучения пользователей:

- «Редактор»:

Одним из основных процессов в IDEF0 модели процессов технологии опережающего обучения пользователей является перехват и моделирование правильных действий пользователя по разрешению ситуации [3]. В имеющейся версии инструментального средства создания обучающих программ поддерживаются и моделируются следующие события: клик мышкой, прокрутка колёсика мышки, нажатие клавиши клавиатуры, перетаскивание объектов. Однако, анализ ИУС показал, что существенным и часто используемым является перенос мышкой элементов.

Для расширения возможностей системы Tutor был предложен механизм моделирования процесса переноса и его реализация в обучающей системе. Суть заключается в следующем: основываясь на свойствах обучаемых пользователей (класс МПП), запоминается правильная траектория переноса, а затем предлагается повторить в некоторых дополнительных вариантах. Для этого пришлось решить следующие задачи:

1. Расширение возможности базы данных путём включения понятия подшага и дополнительной динамической таблицы.

2. Описание дополнительной области отклонения от предлагаемого движения переноса (рис.). Для определения области используются набор точек эталонной траектории и коэффициент  $D$ , показывающий максимально допустимое отклонение. Допустимыми являются следующие положения мыши:

а. Если расстояние между точкой эталонной траектории и текущими координатами мыши меньше  $D$  (точка «X» на рис.);

б. Если расстояние между текущим положением мыши и прямой, соединяющей соседние точки эталонной траектории, меньше  $D$  (точка «Y» на рис.).

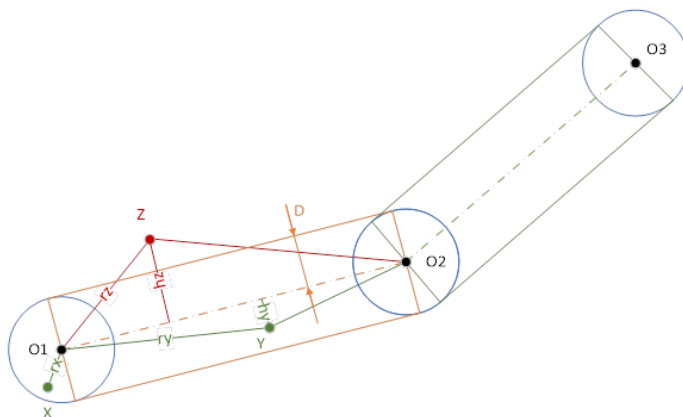


Рис. Пример положения точек относительно эталонного перетаскивания

- «Администратор»:

В административную часть программного комплекса Тьютор были введены дополнительные функции, расширяющие возможности программного комплекса:

1. Вывод сообщения о том, что база данных не найдена, при отсутствии ее в папке где лежит программа.
2. Невозможность добавления нового пользователя, пока не будет добавлена хотя бы одна группа.
3. Удаление сценария из базы данных.
4. Удаление пользователя если к нему назначен утвержденный сценарий и вместе с этим удаление связи между ними.

- «Проигрыватель»:

При внедрении ПП и обучении пользователей можно столкнуться со следующими проблемами:

- Невозможность запуска программы на различных ОС;
- Отсутствие единства поведения программы на разных версиях ОС;
- Затраченное время на установку программы на большое количество компьютеров.

Данные проблемы могут решиться созданием веб-проигрывателя для существующего программного комплекса. Для разработки веб-версии не требуется вновь разрабатывать каждый элемент программного комплекса, а только «Проигрыватель», работающий в браузере.

### **Вывод**

Таким образом, использование веб-технологий позволяет эффективно расширить круг обучаемых, а введение в сценарий обработки событий drag&drop и добавление функций в административную часть расширяет возможности технологии электронного обучения массовых профессиональных пользователей.

### **Список литературы**

1. Григорьев В.К. Обобщенный интерфейс системы для обучения массовых профессиональных пользователей // Открытое образование. 2010. № 1. С. 11-18.
2. Григорьев В.К., Аксенов О.А. Методы реализации пользовательской модели иус в обучающих системах // Образовательные технологии и общество. 2004. Т. 7. № 3. С. 165-172.
3. Григорьев В.К. Инструментально-моделирующий комплекс для опережающего обучения мпп иус // Открытое образование. 2011. № 1. С. 44-55.

Подписано в печать 08.07.2016. Гарнитура Times New Roman.  
Формат 60×84/16. Усл. п. л. 8,71. Тираж 100 экз. Заказ 193  
ООО «ЭПИЦЕНТР»  
308010, г. Белгород, ул. Б.Хмельницкого, 135, офис 1  
ИП Ткачева Е.П., 308000, г. Белгород, Народный бульвар, 70а